

ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ МОРСЬКИЙ УНІВЕРСИТЕТ

КАФЕДРА ЕКСПЛУАТАЦІЇ СУДНОВОГО ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ І ЗАСОБІВ
АВТОМАТИКИ

Д.Ю.КРИВОРУЧКО
В.І.ЦАЦКО

ТЕХНІЧНА ЕКСПЛУАТАЦІЯ ЕЛЕКТРИЧНОГО ТА ЕЛЕКТРОННОГО ОБЛАДНАННЯ

Частина 1

НАВЧАЛЬНИЙ ПОСІБНИК



Одеса – 2021

Криворучко Д.Ю. Технічна експлуатація електричного та електронного обладнання. Частина 1 / Д.Ю.Криворучко (розділи 1-5, 9), В.І.Цацко (розділи 6-8, 10-18) // Навчальний посібник. – Одеса: ОНМУ, 2021. – 251 с.

Навчальний посібник містить стислий виклад загальних питань експлуатації електрообладнання, вплив на нього дестабілізуючих та компенсуючих факторів, основ його раціонального вибору та використання. Розглянуті елементи теорії надійності та технічної діагностики електрообладнання, прилади, інструменти та матеріали, що використовуються при технічній експлуатації. Наведені основні поняття технології зовнішнього та внутрішнього електромонтажу, процеси технічного обслуговування електродвигунів, трансформаторів, реакторів, пускачів та контакторів. Описані причини несправності елементів електроніки та способи їх усунення, процеси технічного обслуговування суднових електроприводів

Відповідає вимогам для дипломування електромеханіків Розділу А-ІІІ/6 Кодексу з підготовки і дипломування моряків та несення вахти (Кодекс ПДНВ), а також враховує рекомендації Типового курсу Міжнародної морської організації 7.08 «Електромеханік» (Electro-Technical Engineer, Model course 7.08, 2014 Edition).

Призначено для студентів електромеханічних спеціальностей при вивченні технічної експлуатації електричного та електронного обладнання суден. Може бути корисним викладачам у навчальному процесі.

Навчальний посібник розглянуто та схвалено
Вченою радою Навчально-наукового інституту морського флоту
(протокол №7 від 07.06.2021 р.)
Вченою радою Одеського національного морського університету
(протокол №3 від 06.10.2021 р.)

Рецензенти:

к.т.н., доцент Харченко Р.Ю.

к.т.н., доцент Букарос А. Ю.

ЗМІСТ

Розд	Найменування	Стор
1.	Загальні питання експлуатації електрообладнання	5
1.1.	Основні поняття та визначення теорії експлуатації електрообладнання	5
1.2.	Задачі і умови раціональної експлуатації електрообладнання основних видів	6
1.3.	Причини та закономірності появи відмов в роботі електрообладнання	6
1.4.	Система технічного обслуговування і планово-попереджувачого ремонту електрообладнання	8
	Питання до розділу 1	9
2.	Дестабілізуючі та компенсуючі впливи для електрообладнання	10
2.1.	Класифікація впливів	10
2.2.	Вплив оточуючого середовища	10
2.3.	Вплив технологічних об'єктів	12
2.4.	Вплив якості електричної енергії	13
2.5.	Особливості технічної експлуатації	14
	Питання до розділу 2	16
3.	Основи раціонального вибору та використання електрообладнання	17
3.1.	Загальні відомості по основам раціонального вибору і використання електрообладнання	17
3.2.	Вибір електрообладнання по технічних параметрах	17
3.3.	Вибір електрообладнання за економічними критеріями	24
3.4.	Вибір типу захисту електрообладнання	25
	Питання до розділу 3	26
4.	Елементи теорії надійності	27
4.1.	Основні поняття та визначення теорії надійності	27
4.2.	Показники надійності	29
4.3.	Імовірнісні характеристики показників надійності	34
4.4.	Простіші методи розрахунку надійності	38
	Питання до розділу 4	39
5.	Технічна діагностика електрообладнання	40
5.1.	Основні поняття та визначення	40
5.2.	Методи технічного діагностування	42
5.3.	Склад і функціонування діагностичних систем	44
5.4.	Примірний порядок технічного діагностування електроустановок споживачів	45
	Питання до розділу 5	49
6.	Прилади, що використовуються при технічній експлуатації електрообладнання	50
6.1.	Показчики низької напруги	50
6.2.	Показчики високої напруги	56
6.3.	Електровимірювальні кліщі	61

6.4.	Мультиметри	64
6.5	Віброметри	67
6.6.	Мегомметри	70
	Питання до розділу 6	72
7.	Інструменти електромеханіка	73
7.1.	Класифікація інструментів	73
7.2.	Ріжучий інструмент	73
7.3.	Слюсарно-монтажний інструмент	77
7.4.	Абразивний інструмент	93
7.5.	Термоінструмент	96
7.6.	Електроінструмент	100
	Питання до розділу 7	104
8.	Електротехнічні матеріали. Монтажні і електромонтажні вироби та деталі	105
8.1.	Електричні кабелі, проводи й шнури	105
8.2.	З'єднувачі та наконечники кабелів і проводів	118
8.3.	Електроізоляційні матеріали та вироби	142
8.4.	Матеріали для зварювання	149
8.5.	Матеріали для пайки	151
8.6.	Кріпильні вироби (кріплення)	156
8.7.	Монтажні вироби та деталі	160
	Питання до розділу 8	169
9.	Основні поняття технології	170
9.1.	Характеристики технологічних процесів	170
9.2.	Загальна характеристика суднових електромонтажних робіт (ЕМР)	171
9.3.	Методи виконання електромонтажних і налаштувальних робіт	174
9.4.	Склад суднових електромонтажних робіт	177
	Питання до розділу 9	181
10.	Технологічні операції, що часто зустрічаються при технічній експлуатації суднового електрообладнання	182
10.1.	Випробування ізоляції	182
10.2.	Методи зняття ізоляції	191
10.3.	З'єднання жил кабелів	201
10.4.	Техобслуговування електричних контактів струмоведучих частин розподільних пристроїв	234
	Питання до розділу 10	250
	Література	251

1 ЗАГАЛЬНІ ПИТАННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ

1.1 ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ТЕОРІЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ

Предметом вивчення в цьому курсі є основні закономірності, правила та способи вибору (комплектування), використання, технічного обслуговування та ремонту електрообладнання в умовах суден, а також методи рішення експлуатаційних задач.

Об'єкт вивчення – це джерело електропостачання, що визначає якість електроенергії, електроприймач, технологічний об'єкт, який визначає режими використання та умови оточуючого середовища; служба експлуатації, від якої залежить якість обслуговування, ремонту та інших робіт по забезпеченню надійності електрообладнання. Система названих елементів складає узагальнений об'єкт вивчення теорії експлуатації та позначається Д-Е-Т-С (джерело – електроприймач – технологічний об'єкт – служба експлуатації).

Джерело (Д) – електрообладнання системи електропостачання.

Електроприймач (Е) – сукупність електрообладнання от вводу в приміщення до робочого органу або робочої зони технологічного об'єкта, що включає три функціональних ланки: Е_д – устрій приєднання до джерела (внутрішня проводка, пуско-захисна апаратура, засоби автоматики і т.п.); Е_п – безпосередньо електроприймач-перетворювач енергії (електрична машина, електронагрівач і т.п.); Е_т – устрій передачі енергії від електроприймача до технологічного об'єкта (в електроприводі – муфта або клиноременева передача, в установці опромінювання – світильник і т.п.) .

Технологічний об'єкт (Т) – любий об'єкт судна, призначений для виконання судових операцій або підготовки до її виконання).

Служба експлуатації (С) – спеціалісти електротехнічної служби (ЕТС) судна, які контролюють використання та здійснюють обслуговування (ремонт), а також їх база ремонту та обслуговування.

Необхідність обліку процесу комплектування на стадії експлуатації обумовлена тим, що для виробів масового застосування (електропривод, електроосвітлювальна і т.п.) вимоги споживача настільки різноманітні, що на стадії створення електрообладнання їх неможна врахувати достатньо повно і заводу-виробнику доводиться орієнтуватись на деякі усереднені умови експлуатації, які іноді не співпадають з конкретною системою Д-Е-Т-С. Щоби в даному випадку досягнути якісного використання електрообладнання, експлуатаційний персонал повинен перевірити правильність його комплектування та при необхідності підібрати інші типорозміри або режими роботи, що найбільш підходять до конкретних умов експлуатації.

Електрообладнання – це сукупність електротехнічних виробів, при роботі яких у відповідності з призначенням виробляється, перетворюється, розподіляється або споживається електрична енергія.

Життєвий цикл електрообладнання складається з трьох періодів – розробки, створення та експлуатації.

Експлуатація електрообладнання – це сукупність всіх фаз його існування після виготовлення, включаючи транспортування до місця застосування, підготовку до використання за призначенням, технічне обслуговування, ремонт і зберігання.

Виробнича експлуатація – процес використання обладнання за своїм призначенням. В цьому процесі приймає участь електротехнічний персонал та персонал, що обслуговує технологічні об'єкти. Результат виробничої експлуатації – перетворена та передана технологічному об'єкту енергія (механічна, теплова або світлова).

Технічна експлуатація – це процес забезпечення та підтримки потрібного стану обладнання при його використанні та зберіганні. Технічну експлуатацію здійснюють спеціалісти електротехнічної служби судна. Результат технічної експлуатації – експлуатаційна надійність електрообладнання.

Мета експлуатації – забезпечення ефективної роботи електрифікованих технологічних об'єктів за рахунок підтримки необхідної надійності і раціонального використання електрообладнання.

1.2 ЗАДАЧІ І УМОВИ РАЦІОНАЛЬНОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ ОСНОВНИХ ВИДІВ

Головна мета експлуатації електрообладнання, як показано у вихідних положеннях, це забезпечення ефективної роботи технологічних об'єктів за рахунок підтримки необхідної надійності і раціонального використання електрообладнання.

У головної мети можна виділити три проміжні цілі:

- забезпечення необхідної надійності електрообладнання,
- раціональне використання електрообладнання,
- підтримання оптимального рівня витрат на експлуатацію.

Кожна з проміжних цілей передбачає вирішення низки технічних, технологічних, соціальних та організаційних завдань.

Рішення технічних завдань пов'язано з підвищенням якості обладнання за рахунок його вдосконалення і своєчасної заміни застарілих виробів, поліпшенням обслуговування, оптимізацією режимів використання та впровадженням автоматизації. Технологічні завдання спрямовані на більш ретельне узгодження технологічних процесів з можливостями обладнання, на зниження енергоємності процесів і підвищення якості роботи. Соціальні завдання полягають в покращенні моральних, трудових і побутових умов фахівців електротехнічних служб (ЕТС). Організаційні завдання спрямовані на вдосконалення форми, структури, принципів управління ЕТС; на вдосконалення методів виконання технічного обслуговування, поточних і капітальних ремонтів; на досягнення чіткої взаємодії підрозділів і фахівців служби.

1.3 ПРИЧИНИ ТА ЗАКОНОМІРНОСТІ ПОЯВИ ВІДМОВ В РОБОТІ ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ

Причини, що призводять до відмов електрообладнання, підрозділяють на об'єктивні та суб'єктивні.

До **суб'єктивних причин** відносять конструкційні, виробничі та експлуатаційні, а до **об'єктивних** – внутрішні та зовнішні дестабілізуючі впливи.

Конструкційні причини відмов – помилки при проектуванні обладнання: порушення вимог стандартів, пониження запасу міцності, недостатня проробка електричних схем або конструкцій вузлів. **Виробничі причини відмов** – порушення технології виготовлення, застосування некондиційних матеріалів, недостатній контроль якості виробів і т.д.

Відмови по конструкційним та виробничим причинам (або для простоти конструкційні та виробничі відмови) зазвичай виявляють в початковий період експлуатації. Вони можуть бути знайдені в процесі іспитів в заводських умовах.

Експлуатаційні причини відмов – низька кваліфікація електромонтерів або персоналу, що використовує електрифіковані машини і механізми, низька якість напруги живлення і т.п. Відмови з цих причин проявляються на протязі всього строку служби електрообладнання.

За характером прояви відмови ділять на раптові та поступові. Раптові відмови характеризуються різким стрибкоподібним погіршенням якості електрообладнання під дією внутрішніх дефектів, порушень режимів роботи або помилок обслуговуючого персоналу. Зазвичай появи раптових відмов передують скриті зміни властивостей або пікові електричні (механічні) перевантаження, які не завжди вдається виявити.

Для поступових відмов характерні повільні зміни властивостей елементів електрообладнання та зв'язків між ними. Відмови – наслідок старіння, зносу, накопичення встановлених пошкоджень і змін параметрів робочого процесу. За допомогою спеціальних приладів або спеціальних дослідів можна прогнозувати момент настання відмов та застосовувати відповідні міри підвищення надійності електрообладнання.

Інтенсивність раптових та поступових відмов, отже, і сумарна інтенсивність залежать від тривалості експлуатації виробу. Встановлено, що для всіх видів техніки ця залежність має три ділянки, що характеризують загальну закономірність появи відмов (рисунок 1.1).

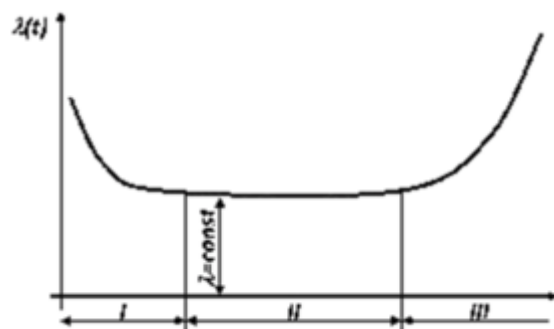


Рисунок 1.1 – Залежність інтенсивності відмов від часу експлуатації

Ділянку I називають періодом приробітки. В цей час проявляються конструкційні та виробничі (технологічні) відмови раптового характеру, а поступові практично відсутні. За рахунок усунення дефектних елементів та місць неякісної збірки, а також по мірі приробітки деталей інтенсивність відмов знижується в кінці періоду до деякого найменшого значення.

Ділянку II називають періодом нормальної експлуатації. На цьому інтервалі раптові конструкційне-технологічні відмови продовжують зменшуватися, але одночасно зростає доля поступових відмов. Сумарна інтенсивність залишається найменшою та приблизно однаковою. Ділянка нормальної експлуатації зазвичай у десятки разів триваліше періоду приробітки. На цій ділянці показники надійності описують експоненціальним розподілом раптових величин.

Ділянку III називають періодом зносу. На цьому інтервалі переважають поступові відмови внаслідок зносу та старіння електрообладнання. Інтенсивність відмов поступово зростає, причому темпи росту важко прогнозувати. Для опису показників надійності в більшій мірі підходять закономірності нормального розподілу раптових величин.

В результаті аналізу закономірностей проявлення відмов можна зробити наступні висновки по організації раціональної експлуатації електрообладнання. В період його приробітки необхідний більш ретельний нагляд за кожним елементом та постійний контроль за режимом роботи. В період нормальної експлуатації неможна порушувати періодичність обслуговування електрообладнання, так як це підвисить інтенсивність відмов і передчасно наступить період зносу. Електрообладнання повинно бути спрямовано до капітального ремонту або знято з експлуатації в початковий період зносу.

1.4 СИСТЕМА ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ І ПЛАНОВО-ПОПЕРЕДЖУЮЧОГО РЕМОНТУ ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ

Система планово-попереджувальних ремонтів (ППР) - це комплекс організаційних і технічних заходів щодо догляду, нагляду, експлуатації та ремонту технологічного обладнання, спрямованих на попередження передчасного зносу деталей, вузлів і механізмів та зміст їх в працездатному стані.

Сутність системи ППР полягає в тому, що після відпрацювання обладнанням певного часу проводяться профілактичні огляди і різні види планових ремонтів, періодичність і тривалість яких залежать від конструктивних і ремонтних особливостей обладнання і умов його експлуатації.

Система ППР передбачає також комплекс профілактичних заходів з утримання та догляду за обладнанням.

Вона виключає можливість роботи обладнання в умовах прогресуючого зносу, передбачає попереднє виготовлення деталей і вузлів, планування ремонтних робіт і потреби в трудових і матеріальних ресурсах.

Положення про планово-попереджувальних ремонтах розробляються і затверджуються галузевими міністерствами і відомствами і є обов'язковими для виконання підприємствами галузі.

Основний зміст ППР - обслуговування під час вахти (догляд і нагляд) і проведення профілактичних оглядів устаткування, яке зазвичай покладається на черговий і експлуатаційний персонал, а також виконання планових ремонтів обладнання.

Системою ППР передбачаються також планові профілактичні огляди устаткування інженерно-технічним персоналом судна, які виробляються за затвердженим графіком.

Вантажопідйомні машини, крім звичайних профілактичних оглядів, підлягають також технічному огляду, проведеного особою з нагляду за цими машинами.

Системою ППР передбачаються ремонти обладнання двох видів: поточні і капітальні.

Поточний ремонт обладнання включає виконання робіт по частковій заміні швидкозношуваних деталей або вузлів, вивірки окремих вузлів, очищення, промивання і ревізії механізмів, зміні масла в ємностях (картерних) систем змащення, перевірці кріпленні і заміні що вийшли з ладу кріпильних деталей.

При капітальному ремонті, як правило, виконується повне розбирання, очищення і промивання устаткування, що ремонтується, ремонт або заміна базових деталей (наприклад, станин); повна заміна всіх зношених вузлів і деталей; збірка, вивірка і регулювання обладнання.

При капітальному ремонті усуваються всі дефекти обладнання, виявлені як в процесі експлуатації, так і при проведенні ремонту.

Періодичність зупинок обладнання на поточні і капітальні ремонти визначається терміном служби (зносу) вузлів і деталей, а тривалість зупинок - часом, необхідним для виконання найбільш трудомісткої роботи.

Для виконання планово-попереджувальних ремонтів обладнання складаються графіки.

Кожне судно має становити за встановленою формою річний і місячний графіки ППР.

Система ППР передбачає безаварійну модель експлуатації та ремонту устаткування, проте в результаті зношеності устаткування або аварій проводяться і позапланові ремонти.

Переваги використання системи ППР:

- контроль тривалості міжремонтних періодів роботи устаткування
- регламентування часу простою обладнання в ремонті
- прогнозування витрат на ремонт обладнання, вузлів і механізмів
- аналіз причин поломки обладнання
- розрахунок чисельності ремонтного персоналу в залежності від складності ремонту обладнання

Недоліки системи ППР:

- відсутність зручних інструментів планування ремонтних робіт
- трудомісткість розрахунків трудовитрат
- трудомісткість обліку параметра-індикатора
- складність оперативної коригування планованих ремонтів

Питання до розділу 1

1. Надайте визначення джерела, електроприймача, технологічного об'єкта, служби експлуатації.
2. Надайте визначення електрообладнання, експлуатації електрообладнання, виробничої експлуатації, технічної експлуатації, мети експлуатації.
3. Які причини відмов відносяться до суб'єктивних?
4. Які причини відмов відносяться до об'єктивних?

2 ДЕСТАБІЛІЗУЮЧІ ТА КОМПЕНСУЮЧІ ВПЛИВИ ДЛЯ ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ

2.1 КЛАСИФІКАЦІЯ ВПЛИВІВ

В процесі експлуатації на електрообладнання впливають багато факторів. Ти з них, які погіршують його властивості і знижують надійність, називають дестабілізуючими діями.

Їх число велике особливо в умовах судна. Найбільший дестабілізуючий вплив роблять: навколишнє середовище, характер навантаження, якість електричної енергії, нестабільна зайнятість протягом року і доби.

Умови експлуатації – це сукупність всіх зовнішніх факторів, від яких залежить ефективність експлуатації електрообладнання. До них відносять умови:

- Використання;
- Оточуючого середовища;
- Електропостачання;
- Обслуговування.

Умови використання залежать від особливостей технологічного об'єкту. Їх оцінюють режимом роботи, характером та рівнем навантаження, зайнятості на протязі доби, місяця та року, а також відповідальністю об'єкта, яку характеризують розміром технологічного збитку, що виникає при відмові електрообладнання.

Умови оточуючого середовища визначають дестабілізуючі впливи на електрообладнання в період роботи та простою.

В цій групі виділяють кліматичні умови, місце розміщення, запиленість, загазованість, вологість, рівень вібрації та інші впливи, що викликають погіршення властивостей електрообладнання.

Умови електропостачання впливають на надійність роботи електрообладнання. Їх характеризують якістю напруги в сталому та пусковому режимах.

Умови обслуговування визначають якість технічного обслуговування, поточного і капітального ремонтів, оперативність усунення відмов і витрати ресурсів на всі експлуатаційні роботи.

Електротехнічна служба повинна компенсувати дестабілізуючі впливи і підтримувати працездатність електрообладнання на потрібному рівні. До впливів відносять:

- Правильне комплектування електроустановок.
- Якісне та своєчасне проведення технічного обслуговування та ремонту.
- Дотримання нормативів зберігання.
- Правильний вибір режимів використання.
- Своєчасну заміну та модернізацію обладнання.

Можна вважати, що головною проблемою технічної експлуатації електрообладнання служить вибір і реалізація мір по усуненню або послабленню дестабілізуючих впливів.

2.2 ВПЛИВ ОТОЧУЮЧОГО СЕРЕДОВИЩА

Фактори зовнішнього середовища підрозділяють на

- кліматичні;
- біологічні;
- механічні.

Кліматичні фактори можуть бути:

- природними (при розміщенні електрообладнання на відкритому повітрі) – зовнішні установки ;
- штучними (при розміщенні електрообладнання усередині приміщень) – внутрішні установки.

Основні кліматичні параметри:

- температура;
- вологість;
- забрудненість атмосфери.

За цими параметрами Правилами устрою електроустановок (ПУЕ) та Правилами технічної експлуатації (ПТЕ) передбачена класифікація виробничих приміщень та зовнішніх установок.

До виробничих приміщень відносять:

- сухі (приміщення з відносною вологістю не вище 60 %;
- вологі (приміщення з відносною вологістю від 60 до 70 %, пари та конденсована волога виділяються лише тимчасово і при тому в невеликих кількостях);
- сирі (приміщення з відносною вологістю, з тривалим перевищенням 75%;
- особливо сирі (приміщення з відносною вологістю, що близька до 100%, поверхні приміщень покриті вологою), а також установки під навісом та в приміщеннях з середовищем, що практично не відрізняється від зовнішньої;
- пильні (приміщення, в яких виділяється технологічний пил, що осідає на електрообладнанні та проникає у його середину);
- особливо сирі з хімічне активним середовищем (приміщення з відносною вологістю, близькою до 100%, з постійним або тривалим вмістом парів аміаку, сірководню або інших газів з вибухобезпечною концентрацією або утворюючих відкладення, що роз'їдають ізоляцію та струмопровідні частини електрообладнання;
- пожежонебезпечні (клас П) – приміщення, в яких виготовляють, зберігають, перероблюють або застосовують горючі речовини. При цьому приміщення, в яких спалюють тверде або газоподібне паливо не відносяться до пожежонебезпечних.

З точки зору вимог до електрообладнання розрізняють наступні категорії приміщень цього класу:

- Клас П-I – приміщення, в яких застосовують або зберігають горючі рідини з температурою спалаху парів вище 61°C;
- Клас П-II – приміщення, в яких виділяється горючий пил або волокна, що переходять у звисаний стан, ступінь подрібнення та вологості яких не перевищує нижчої межі вибуху – 65 г/м³.

- Клас П-Іа – приміщення, в яких утримують тверді та волокнисті горючі речовини, а також трюмні приміщення, де вони транспортуються;
- Вибухонебезпечні (клас В) – приміщення, в яких по умовах технологічного процесу можуть створюватися вибухонебезпечні суміші газів та парів з повітрям або горючим пилом або волокон з повітрям. З точки зору вимог до електрообладнання розрізняють наступні категорії приміщень цього класу.
 - Клас В-1 – приміщення, в яких вибухонебезпечні суміші можуть створюватись при нормальних нетривалих режимах роботи;
 - Клас В-1а – приміщення, в яких вибухонебезпечні суміші можуть створюватись тільки в аварійних ситуаціях або при несправному електрообладнанні;
 - Клас В-2 – приміщення, в яких утворюються вибухонебезпечні суміші горючого пилу або волокон у звищеному стані з повітрям при нормальних нетривалих режимах роботи.

До зовнішніх установок відносять пожежонебезпечні (клас 2-3) установки, в яких застосовують або зберігають горючі рідини з температурою спокою вище 45°C. Вибухонебезпечні (клас В-1г) установки, де вибухонебезпечні суміші утворюються тільки в результаті аварії або несправності.

Майже 50% всіх видів електрообладнання розміщені у вологих, сирих і дуже сирих приміщеннях суден. Під впливом вологи погіршуються властивості ізоляції, створюються умови для відтворення на деталях електрообладнання цвілі. При відносній вологості вище 60% активно проявляється атмосферна корозія металів.

В приміщеннях з природною вентиляцією умови для роботи електрообладнання найбільш важкі, так як відносна вологість в них наближається до 100%, завжди мають місце сірководень і вуглекислий газ. В результаті такого впливу скорочується термін служби електрообладнання.

Якщо електроустаткування працює в атмосфері з підвищеною запиленістю, то наявність в пилу абразивних частинок призводить до підвищеного зносу обертових елементів обладнання. Пил багатьох матеріалів добре поглинає з атмосфери агресивні гази і вологу, що призводить до утворення корозії, зниження опору ізоляції та пробою по поверхні. Пил погіршує тепловіддачу електрообладнання, викликає підвищене нагрівання ізоляції і скорочує термін служби електрообладнання.

2.3 ВПЛИВ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ

Технологічні об'єкти, що використовують електрообладнання, впливають на нього не тільки через оточуюче середовище. Кожному об'єкту придатний ряд специфічних впливів.

Використання електрообладнання характеризують його зайнятістю на протязі доби і в рамках року, режимами навантаження та пуску, а також вимогами електрифікованих об'єктів до його надійності.

В залежності від призначення технологічні об'єкти використовуються різний час як на протязі доби, так і на протязі року.

По режимам роботи електроприводи технологічних об'єктів можуть мати вісім варіантів: тривалий S1, короткочасний S2, повторно-короткочасний S3 і т.д.

Ці режими зазвичай враховують при розрахунку потужності асинхронного двигуна. В дійсності вони суттєво впливають на експлуатаційні властивості асинхронного двигуна. Наприклад, короточасний режим вкрай несприятливий при роботі в вологому середовищі, так як внаслідок малого періоду роботи температура не досягає сталого значення і ізоляція не поспіває висохнути. Режими S4...S8 викликають теплові, комутаційні та механічні впливи на обмотку та підшипники внаслідок частих пусків і реверсів.

Умови пуску оцінюють не тільки кратністю пускового моменту, але і частотою пусків: від 0,2 до 10 пусків на годину. Коефіцієнт завантаження асинхронного двигуна може бути менше або більше 1. Біля 30% електроприводів суден мають випадковий характер навантаження, при якому порушується стабільність всіх процесів в асинхронному двигуні.

Рівень вібрацій робочих машин може перевищувати 10 мм/с. Для узагальненої оцінки перелічених факторів умови експлуатації розділяють на легкі, нормальні, жорсткі та особливо жорсткі. Легкі умови: один або декілька факторів нижче номінального значення. Жорсткі умови: один з факторів більше номінального значення. Особо жорсткі умови: два та більше факторів вище номінального значення.

Перелічені умови враховують в першу чергу про розробці електроустановок, при цьому передбачають для особливо жорстких умов додаткові способи підвищення надійності електрообладнання. Однак навіть при такому підході інтенсивність відмов та довговічність асинхронного двигуна залежать від умов експлуатації.

Технологічні об'єкти суттєво відрізняються один від іншого по наслідкам відмов електрообладнання. Наприклад, раптовий вихід з ладу електродвигуна системи вентиляції зазвичай призводить до незначних втрат, а якщо двигун розміщений в системі керування курсом – до значних втрат.

Мікроорганізми, комахи, гризуни пошкоджують вузли апаратури, електричні дроти, що виконані з органічних матеріалів і виводять з ладу всю електроустановку.

2.4 ВПЛИВ ЯКОСТІ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ

Використання однофазної освітлювального навантаження і однофазних силових споживачів (зварювальних трансформаторів, електродрилів, побутових електронасосів, електродвигунів, електроплит і т. п.) завжди призводить до нерівномірності струмів по фазах і, як наслідок, до асиметрії напруги по фазах.

У судовому електрообладнанні застосовують напівпровідникову техніку з нелінійними характеристиками. Це призводить до появи гармонійних складових і спотворень синусоїдальної форми кривої напруги в мережах і викликає додаткові втрати потужності та електроенергії в установках.

Таким чином, схеми електропостачання судових споживачів, їх структура і режим роботи мають особливості, які знижують якість електроенергії і збільшують її втрати.

Показники якості електричної енергії:

- відхилення частоти – різниця між фактичним і номінальним значеннями, що усереднена за 10 хвилин, допустиме відхилення частоти $\pm 0,1 \text{ Гц}$ в номінальному режимі;

- коливання частоти – різниця між найбільшим та найменшим значеннями частоти при достатньо швидкій її зміні (не менш 0,2 Гц/с), допустиме коливання частоти не більш 0,2 понад відхилення частоти;
- відхилення напруги – різниця між фактичним і номінальним значеннями напруги за тривалий проміжок часу, норма відхилення напруги на затискачах електродвигунів в межах від -5 до +10%, інших електроприймачів $\pm 5\%$;
- коливання напруги – короточасні й часті відхилення напруги, наприклад, при шості коливаннях в годину їх значення не повинно перевищувати 2% понад допустиме відхилення напруги;
- несинусоїдальність форми кривої напруги – відношення діючого значення напруги всіх вищих гармонік до діючого значення напруги основної гармоніки, це відношення повинно бути не більш 0,05;
- зміщення нейтралі – відношення напруги нульової послідовності до фазної напруги прямої послідовності, повинно бути не більш за 5%;
- асиметрія напруг – відношення напруги зворотної послідовності до прямої – не більш 5%.

Із всіх показників найбільше значення мають відхилення та коливання напруги, так як вони в більшій мірі впливають на техніко-економічні параметри всіх видів електрообладнання.

2.5 ОСОБЛИВОСТІ ТЕХНІЧНОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Для забезпечення надійної роботи розробляють та застосовують на практиці систему технічної експлуатації електрообладнання. **Система експлуатації** – це сукупність взаємопов'язаних засобів, документації, технічного обслуговування та ремонту і виконавців, що необхідні для підтримки та відновлення якості виробів, які входять в цю систему:

- принципу технічної експлуатації;
- структури ремонтного циклу;
- типового складу операцій обслуговування і ремонту;
- періодичності робіт;
- трудомісткості;
- вартості робіт.

Принцип технічної експлуатації – правило вибору моменту контролю та відновлення властивостей обладнання. Відомі три принципи технічної експлуатації): після відмови; профілактичний; після огляду.

Принцип після відмови – це обслуговування за необхідністю, коли роботи по відновленню здійснюють лише після виходу електрообладнання з ладу, планові профілактичні роботи не проводять.

Профілактичний принцип складається в тому, що незалежно від технічного складу електрообладнання проводять профілактичні міри в планові строки; при виході з ладу елементів або пристроїв в цілому здійснюють їх відновлення (заміну).

Профілактичні роботи можуть бути планові або регламентні. В першому випадку їх виконують через строго визначені календарні періоди незалежно від режиму використання електрообладнання. В другому – після регламентованої

наробітки, що враховує завантаження, добову, сезонну та річну зайнятість електрообладнання.

Принцип після огляду – це обслуговування за станом електрообладнання, при якому в плановому порядку проводять лише діагностичні перевірки (огляди), а необхідні профілактичні (відновлювальні) роботи назначають з урахуванням фактичного стану обладнання.

Структура ремонтного циклу – це сукупність та послідовність робіт, що виконуються при технічній експлуатації обладнання. Основними експлуатаційними роботами служать:

- технічне обслуговування;
- поточний ремонт;
- капітальний ремонт.

Технічне обслуговування (ТО) – це комплекс операцій для підтримки справності або працездатності обладнання при його використанні за призначенням, зберіганні та транспортуванні. Мета ТО – забезпечення справності (працездатності) за рахунок своєчасного усунення дрібних несправностей, які можуть викликати відмову. ТО проводять на місці встановлення обладнання без порушення технологічного виробничого процесу.

Поточний ремонт (ПР) – це ремонт, що виконується для забезпечення або відновлення працездатності виробу, що складається в заміні або відновленні окремих його частин. Мета ПР – забезпечення працездатності всього виробу за рахунок своєчасної заміни недовговічних елементів (часткове відновлення). ПР виконують на місці установки електрообладнання або в ремонтній майстерні.

Капітальний ремонт (КР) – це ремонт, що виконується для відновлення справності виробу, повному або близькому до повного відновленню ресурсу будь-яких його частин, включаючи базові. Такі роботи виконують спеціалізовані електроремонтні підприємства.

Крім наведених робіт електротехнічна служба будь-якого судна виконує оперативне-чергове обслуговування, консервацію та розконсервацію електрообладнання при його зберіганні, контрольні виміри та профілактичні іспити.

При оперативне-черговому обслуговуванні забезпечують швидке (оперативне) усунення відмов електрообладнання, а також проведення будь-яких вмикань, перемикань та змін електричних схем, що викликані виробничою необхідністю.

Трудомісткість типових робіт. Норми трудомісткості обслуговування і ремонту залежать, по перше, від типового змісту робіт, по друге, від потужності, виконання та інших особливостей ремонту, наприклад, складності ремонту електрообладнання.

Перший фактор враховують в ході аналітичне-експериментального нормування на основі вивчення продуктивності персоналу безпосередньо на робочому місці. Для цього проводять фотографію робочого часу (безперервний вимір витрат часу виконавцем на протязі робочого дня) або хронометраж (вимір витрат робочого часу на виконання окремих операцій). На основі цих даних розробляють обґрунтовані нормативи трудовитрат на окремі операції або види робіт деякого базового електрообладнання.

Складність ремонту враховують різними способами. Зазвичай її оцінюють у відносних величинах шляхом співставлення трудомісткості ремонту

(обслуговування) кожного обладнання з трудомісткістю таких же робіт для базового обладнання, прийнятої за одиницю виміру. При цьому можна виділити та оцінити трудовитрати на разові і окремі роботи для кожного виду і типорозміру електрообладнання за допомогою умовних одиниць ремонту (у.о.р.).

За у.о.р. прийняті трудовитрати на один вид робіт для трифазного асинхронного короткозамкненого двигуна закритого виконання потужністю 5 КВт, напругою 380/220 В з частотою обертання магнітного поля статора 1500 об/хв..

Нормативна трудомісткість у.о.р. складає для технічного обслуговування 0,5, поточного ремонту – 4,8, капітального ремонту 12,5 люд.год. Для будь-якого обладнання встановлені коефіцієнти (категорії) переводу в у.о.р.

Комплексне нормування виконують в умовних одиницях електрообладнання (у.о.е.). При цьому враховують не разові, а річні трудовитрати на всі види експлуатаційних робіт для деякого комплексу електрообладнання.

За у.о.е. прийнято відношення усереднених річних трудомісткості різних видів технічного обслуговування і ремонту базової електроустановки.

За базову (еталонну) електроустановку прийнятий комплект енергообладнання електроприводу з двигуном потужністю до 10 КВт, що використовується у відкритих установках. Нормативна трудомісткість у.о.е. складає 18,6 люд.год. і мають наступну примірну структуру: оперативне обслуговування - 2...3, технічне обслуговування – 5...6, поточний ремонт – 7...9, капітальний ремонт – 1...3 люд.год на рік.

Питання до розділу 2

1. Надайте визначення умовам використання, оточуючого середовища, електропостачання, обслуговування.
2. Що таке відхилення і коливання частоти, відхилення і коливання напруги, несинусоїдальність форми кривої, зміщення нейтралі, асиметрії напруг?
3. Надайте визначення принципам технічної експлуатації, після відмови, профілактичному, після огляду.
4. Що таке структура ремонтного циклу, технічне обслуговування, поточний і капітальний ремонт, які значення має їх нормативна трудомісткість?

3 ОСНОВИ РАЦІОНАЛЬНОГО ВИБОРУ ТА ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ

3.1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПО ОСНОВАМ РАЦІОНАЛЬНОГО ВИБОРУ І ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ

Правильний вибір електрообладнання - необхідна умова його успішної експлуатації.

При проектуванні комплексної електрифікації електрообладнання вибирають виходячи з вимог його якісного функціонування і найменших витрат на електрифікований об'єкт.

Однак з деяких причин це не завжди забезпечує високу ефективність експлуатації обраного електрообладнання.

Методика вибору обладнання в загальному випадку полягає у визначенні фактичних даних про якість електропостачання, режимі роботи і інших умовах експлуатації і зіставлення цих даних з параметрами електрообладнання. Рішення про вибір приймають за принципами обмеження або оптимізації.

Принцип обмеження полягає в тому, що електрообладнання вважають придатним, якщо номінальні значення його параметрів більше або дорівнюють (для деяких параметрів - менше або дорівнюють) фактичним значенням відповідних величин при експлуатації.

Наприклад, асинхронний електродвигун вибирають по потужності на підставі умови $P_n > P_{\phi}$, де P_n і P_{ϕ} - номінальне і фактичне значення потужності обраного електродвигуна.

Принцип оптимізації заснований на вивченні варіантів можливих рішень і виборі такого електрообладнання, яке забезпечує найкращий результат електрифікації об'єкта або процесу.

При цьому критерієм оптимальності можуть бути технічні параметри й економічні критерії.

3.2 ВИБІР ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ ПО ТЕХНІЧНИХ ПАРАМЕТРАХ

Основні технічні характеристики, що враховуються при виборі електрообладнання:

- кліматичне виконання;
- категорія розміщення;
- ступінь захищеності від попадання сторонніх предметів і вологи;
- номінальні параметри (напруга, струм, потужність, частота обертання і т. д.);
- додаткові параметри (пускові властивості, перевантажувальна здатність, захисні властивості і т. д.).

Вибір за кліматичним виконанням і категорією розміщення. Електротехнічні вироби, що випускаються промисловістю, призначені для використання в певному кліматичному районі і в певному місці розміщення, в залежності від їх виконання.

Кліматичне виконання – можливість виконання обладнання при визначених кліматичних параметрах.

У таблиці 3.1 наведена класифікація виробів за кліматичним виконанням згідно з вітчизняним, латинським та цифровим позначенням.

У таблиці 3.2 наведена класифікація електрообладнання згідно з місцем розміщення.

Перша цифра означає кліматичну зону розміщення обладнання

Таблиця 3.1 - Кліматичні зони розміщення обладнання

Кліматичне виконання виробів	Позначення		
	Літерне		Цифрове
	російське	латинське	
Вироби, що призначенні для експлуатації на суші, річках, озерах			
Для макрокліматичного району з помірним кліматом	У	(N)	0
Для макрокліматичного району з помірним та холодним кліматом	УХЛ	(NF)	1
Для макрокліматичного району з вологим тропічним кліматом	ТВ	(TH)	2
Для макрокліматичного району з сухим тропічним кліматом	ТС	(TA)	3
Для макрокліматичного району як з вологим, так і сухим тропічним кліматом	Т	(T)	4
Для всіх мікрокліматичних районів крім макрокліматичного району з дуже холодним кліматом (загальне кліматичне виконання)	О	(U)	5
Вироби, що призначенні для експлуатації в макрокліматичних районах з морським кліматом			
Для макрокліматичного району з помірно холодним кліматом	М	(M)	6
Для макрокліматичного району з тропічним морським кліматом, у тому числі для судів каботажного плавання або інших, що призначенні для плавання тільки в цьому районі	ТМ	(MT)	7
Для макрокліматичних районів як з помірно-холодним, так і тропічним морським кліматом, у тому числі для суден необмеженого району плавання	ОМ	(MU)	8
Вироби, що призначенні для експлуатації у всіх макрокліматичних районах на суші і морі крім макрокліматичного району з дуже холодним кліматом (усе кліматичне виконання)	В	(W)	9

Друга цифра означає категорію розміщення обладнання

Таблиця 3.2 – Категорії розміщення обладнання

Укрупнені категорії		Додаткові категорії	
Характеристика	Кат	Характеристика	Кат
Для експлуатації на відкритому повітрі (вплив сукупності кліматичних факторів, характерних для даного макрокліматичного району)	1	Для зберігання в процесі експлуатації в приміщеннях категорії 4 і роботи як в умовах категорії 4, так і (короткочасно) в інших умовах, в тому числі на відкритому повітрі	1.1
Для експлуатації під навісом або в приміщеннях (об'ємах), де коливання температури і вологості повітря несуттєво відрізняються від коливань на відкритому повітрі і є порівняно вільний доступ зовнішнього повітря, наприклад, в наметах, кузовах, причепах, металевих приміщеннях без теплоізоляції, а також в оболонці комплектного виробу категорії 1 (відсутність прямого впливу сонячного випромінювання і атмосферних опадів)	2	Для експлуатації в якості вбудованих елементів усередині комплектних виробів категорій 1; 1.1; 2, конструкція яких виключає можливість конденсації вологи на вбудованих елементах (наприклад, всередині радіоелектронної апаратури)	2.1
Для експлуатації в закритих приміщеннях (об'ємах) з природною вентиляцією без штучно регульованих кліматичних умов, де коливання температури і вологості повітря і вплив піску та пилу істотно менше, ніж на відкритому повітрі, наприклад, в металевих з теплоізоляцією, кам'яних, бетонних, дерев'яних приміщеннях (відсутність впливу атмосферних опадів, прямого сонячного випромінювання; суттєве зменшення вітру; суттєве зменшення або відсутність впливу розсіяного сонячного випромінювання і конденсації вологи)	3	Для експлуатації в нерегулярно опалювальних приміщеннях (об'ємах)	3.1
Для експлуатації в приміщеннях (об'ємах) з штучно регульованими кліматичними умовами, наприклад, в закритих опалювальних або охолоджуваних і вентилятованих виробничих та інших, в тому числі добре вентилятованих підземних приміщеннях (відсутність впливу прямого сонячного випромінювання, атмосферних опадів, вітру, піску і пилу зовнішнього повітря; відсутність або істотне зменшення впливу розсіяного сонячного випромінювання і конденсації вологи)	4	Для експлуатації в приміщеннях з кондиційованим або частково кондиційованим повітрям Для експлуатації в лабораторних, капітальних житлових та інших подібного типу приміщеннях	4.1 4.2
Для експлуатації в приміщеннях (об'ємах) з підвищеною вологістю (наприклад, в неопалюваних і не вентилятованих підземних приміщеннях, в тому числі шахтах, підвалах, в ґрунті, в таких суднових, корабельних та інших приміщеннях, в яких можливе тривале наявність води або часта конденсація вологи на стінах і стелі, зокрема, в деяких трюмах, в деяких цехах текстильних, гідрометалургійних виробництв і т.п.).	5	Для експлуатації в якості вбудованих елементів усередині комплектних виробів категорій 5, конструкція яких виключає можливість конденсації вологи на вбудованих елементах (наприклад, всередині радіоелектронної апаратури)	5.1

Таблиця 3.3 - Значення температури оточуючого повітря

Виконання виробів	Категорія виробів	Значення температури повітря при експлуатації, °С			
		Робоче		Граничне робоче	
		верхнє	нижнє	верхнє	нижнє
У,ТУ	1;1.1;2;2.1;3	40	-45	45	-50
	3.1	40	-10	45	-10
	5;5.1	35	-5	35	-5
ХЛ	1;1.1;2;2.1;3	40	-60	45	-70
	3.1	40	-10	45	-10
	5;5.1	35	-10	35	-10
УХЛ	1;1.1;2;2.1;3	40	-60	45	-70
	3.1	40	-10	45	-10
	4	35	1	40	1
	4.1	25	10	40	1
	4.2	35	10	40	1
	5;5.1	35	-10	35	-10
ТВ	1;1.1;2;2.1;3;3.1	40	1	45	1
	4	40	1	45	1
	4.1	25	10	40	1
	4.2	45	10	45	10
	5;5.1	35	1	35	1
Т,ТС	1;1.1;2;2.1;3;3.1	50	-10	60	-10
	4	45	1	55	1
	4.1	25	10	40	1
	4.2	45	10	35	1
	5;5.1	35	1	35	1
О	1;1.1;2;2.1	50	-10	60	-70
	4	45	1	55	1
	4.1	25	10	40	1
	4.2	45	10	45	1
	5;5.1	35	-10	35	-10
М	1;1.1;2;2.1;3;5;5.1	40	-40	45	-40
	4;3.1	40	-10	40	-10
	4.1	35	15	40	1
	4.2	40	1	40	1
ТМ	1;1.1;2;2.1;3;5;5.1	45	1	45	1
	4	45	1	45	1
	4.1	25	10	40	1
	4.2	45	1	45	1
ОМ	1;1.1;2;2.1;3;5;5.1	40	-40	45	-40
	4;3.1	40	-10	45	-10
	4.1	35	15	40	1
	4.2	40	1	40	1
В	1;1.1;2;2.1;3	50	-60	60	-70
	3.1	50	-10	60	-10
	4	45	-10	55	-10
	4.1	25	10	40	1
	4.2	45	1	45	1
	5;5.1	45	-40	45	-40

Вибір за ступенем захисту. Ступінь захисту від зіткнення з струмоведучими або рухомими частинами, що знаходяться всередині корпусу електротехнічних виробів, від попадання сторонніх предметів і проникнення в корпус вологи відповідно до ГОСТ 14254-96 умовно характеризують буквами IP і двома цифрами (наприклад, IP23, IP54 і т. п.). Ці позначення проставляють на корпусах виробів або на табличках з паспортними даними.

Перша цифра після IP позначає ступінь захисту від дотику персоналу з рухомими частинами обладнання і від попадання всередину його твердих сторонніх тіл. Друга цифра позначає ступінь захисту обладнання від проникнення всередину корпусу води. Значення цих величин наведені в таблицях 3.4, 3.5.

Таблиця 3.4 – Ступінь захисту від зіткнення з струмоведучими або рухомими частинами

Рівень	Захист від сторонніх предметів, що мають діаметр		Опис
0	-		Захист відсутній
1	≥ 50 мм		Великі поверхні тіла, немає захисту від свідомого контакту
2	$\geq 12,5$ мм		Пальці і подібні об'єкти
3	$\geq 2,5$ мм		Інструменти, кабелі і т.п.
4	≥ 1 мм		Більшість проводів, болти і т.п.
5	Пилозахисне	Деяка кількість пилу може проникати, не порушує роботу устрою. Повний захист від контакту	
6	Пилонепроникне	Пил не може потрапити. Повний захист	

Таблиця 3.5 – Ступінь захисту від проникнення води

Рівень	Захист від	Опис
0	-	Захист відсутній
1	Вертикальні краплі	Вода з вертикальними краплями не повинна порушувати роботу
2	Вертикальні краплі під кутом до 15°	Вода з вертикальними краплями не повинна порушувати роботу при відхилі на кут до 15°
3	Падаючі бризки	Захист від дощу. Бризки падають вертикально або під кутом до 60° до вертикалі
4	Бризки	Захист від бризок, що падають в будь-якому напрямку
5	Струменя	Захист від водяних струменів з будь-якого напрямку
6	Морські хвилі	Захист від морських хвиль або сильних водяних струменів. Вода, що потрапила усередину корпусу не повинна порушувати роботу устрою
7	Короткочасне занурення на глибину до 1 м	При короткочасному зануренні вода не потрапляє у кількості, що порушують роботу устрою. Постійна робота у зануреному режимі не передбачається
8	Занурення на глибину більше 1 м тривалістю більше 30 хв.	Устрій може працювати в зануреному режимі
9	Дія струменів води високої температури	Устрій може працювати в умовах високотемпературного миття водою високого тиску

Додаткові літери

Додаткова літера означає ступінь захисту людини від доступу до небезпечних частин і указується у тому випадку, якщо

- дійсна ступінь захисту від доступу до небезпечних частин вище ступеню захисту, вказаної першою характеристичною цифрою (таблиця 3.6);
- означений тільки захист від шкідливої дії води, а перша характеристична цифра замінена літерою Х.

Таблиця 3.6 - Літера захисту людини

Літера	Значення
A	Тильної сторони руки
B	Пальцем
C	Інструментом
D	Дротом

Ступінь захисту оболонки може бути означена додатковою літерою тільки у тому випадку, якщо вона відповідає всім більш низьким за рівнем ступеням захисту (таблиця 3.7).

Таблиця 3.7 - Літера ступеню захисту оболонки

Літера	Значення
H	Високовольтна апаратура
M	Під час іспитів захисту від води устрій працював
S	Під час іспитів захисту від води устрій не працював
W	Захист від погодних умов

Вибір за напругою. У судах в основному застосовують трифазний змінний струм напругою 380/220 В. Всі електроприймачі вибирають з умови рівності напруги (номінальної і мережі). В окремих випадках для полегшення пуску двигуна схему обмоток перемикають із зірки на трикутник і для цих цілей вибирають двигун з номінальною напругою 660/380 В.

Вибір за потужністю або струмом. Електродвигуни вибирають з умови рівності його номінальної потужності $P_{н.дв}$ і потужності, що споживається робочою машиною або робочим органом машини, P_m . Вирішальне значення при цьому має характер навантажувальної діаграми електропривода. При тривалому незмінному навантаженні двигун вибирають за фактичною споживаною потужністю; при малій зміні в часі навантаженні, що має коефіцієнт варіації менше 20%, двигун вибирають за середньою потужністю; при змінному навантаженні - за розрахунковою еквівалентною потужністю, тобто такою постійною потужністю, яка еквівалентна фактичній змінній за нагріванням двигуна (цій умові задовольняє загальна потужність). Знаючи розрахункову потужність машини (P_{PM}) (фактичну, середню або середньоквадратичну), по каталогу вибирають електродвигун стандартної потужності ($P_{н.дв}$), який має потужність, найближчу велику в порівнянні з розрахунковою. У загальному випадку умова вибору має від $P_{н.дв} > P_{PM}$. Обраний двигун перевіряють на перевантажувальну здатність, на можливість пуску, за

частотою пускових операцій. Електричні апарати (рубильники, автоматичні вимикачі та магнітні пускачі) вибирають за струмом головних контактів з умови $I_{Hi} \geq I_{POB}$, де I_{Hi} - номінальний струм i -го апарату; I_{POB} - робочий струм комутованого кола. Крім того, апарати вибирають за струмом пристроїв захисту з умови $I_{Hzi} \geq k_i I_{POB}$, де k_i - відношення номінального струму плавкої вставки або уставки захисту до робочого струму кола, що захищається. Електричні нагрівальні установки (ЕНУ) вибирають за потужністю з умови $P_{H.ENU} \geq P_{PEHY}$, де $P_{H.ENU}$ - номінальна потужність ЕНУ; P_{PEHY} - розрахункова потужність ЕНУ. Розрахункову потужність визначають з рівняння теплового балансу приміщення або технологічного процесу.

3.3 ВИБІР ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ ЗА ЕКОНОМІЧНИМИ КРИТЕРІЯМИ

Електротехнічна промисловість випускає велику кількість виконань і типорозмірів взаємозамінних видів електрообладнання. Вибираючи його за технічними характеристиками, можна знайти кілька варіантів виробів, які відповідають одним і тим же вихідним даним.

Задача вибору за технічними характеристиками має кілька рішень. Щоб серед рівноцінних за технічними можливостями рішень знайти оптимальний варіант, застосовують вибір електрообладнання за економічними параметрами.

Позитивні або негативні наслідки вибору можуть позначатися не тільки на працездатності або економічних показниках електрообладнання, а й на інших, пов'язаних з ним елементах системи електропостачання технологічного об'єкта. Тому при виборі за економічним критерієм необхідно розглядати сукупність елементів, названу раніше системою І-Е-Т-С.

Вихідні дані, що характеризують елементи системи, поділяють на чотири групи:

1. умови електропостачання (потужність живлення з підстанції, довжина і марка проводів низьковольтної лінії і т. п.);
2. умови використання (призначення приводу, еквівалентна потужність і частота обертання робочого органу машини, зайнятість протягом доби і року, допустима тривалість простою через відмову, розмір технологічного збитку і т. п.);
3. зовнішні впливи (кліматичні умови, характер навколишнього середовища, інтенсивність і структура аварійних режимів і т. п.);
4. показники технічної експлуатації (витрати на обслуговування, інтенсивність відмов, фактична тривалість усунення відмов і т. п.).

Вибір електрообладнання по виконанню. Нехай спочатку для електроприводу робочої машини обраний електродвигун загального призначення. Потрібно визначити за критерієм приведених витрат економічну доцільність застосування на цій машині двигуна такої ж потужності, але суднового виконання.

В першому варіанті двигун має балансову вартість $K1$, річні витрати на його капітальний ремонт $З_{РЕМ1}$, технологічний збиток $У1$.

У другому варіанті вартість двигуна зростає до $K2$ (через більш надійне виконання), але витрати на капітальний ремонт і розмір збитку знизяться відповідно до $З_{РЕМ2}$ і $У2$.

Інші складові наведених витрат порівнюваних варіантів можна прийняти однаковими – Z_{IH} .

З урахуванням викладеного запишемо рівняння наведених витрат розглянутих варіантів:

$$\begin{aligned} 31 &= EK1 + Z_{PEM} 1 + Y1 + Z_{IH} \\ 32 &= EK2 + Z_{PEM} 2 + Y2 + Z_{IH}, \end{aligned}$$

де $E = E_{HORM} + E_{REN}$ - сумарний коефіцієнт нормативних та реноваційних відрахувань.

Отже комплектування електропривода двигуном суднового виконання буде економічне доцільне у випадку $32 - 31 < 0$.

Якщо для сільськогосподарського двигуна додаткові витрати на придбання і встановлення менше економії витрат на його капітальний ремонт і покриття збитку за розрахунковий період 5 років, то для суднового двигуна такий розрахунок провести дуже складно, бо неможливе підрахувати можливі збитки. Тому потрібне використовувати вимоги Регістру.

3.4 ВИБІР ТИПУ ЗАХИСТУ ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ

При експлуатації електроприводів виникають різні аварійні ситуації, основні з яких:

- технологічні перенавантаження;
- неповнофазне (асиметричне) живлення;
- гальмування ротора;
- зволоження ізоляції;
- порушення умов охолодження.

Технологічні перенавантаження – перенавантаження, що виникають в процесі роботи електродвигуна, які приводять до зростання температури ізоляції вище граничне допустимого значення (для відповідного класу ізоляції), не викликають миттєвого пробоя ізоляції обмотки, але сприяють прискореному старінню, поступовому руйнуванню і передчасному виходу з ладу ізоляції обмотки.

Неповнофазне живлення (втрата фази) виникає внаслідок перегорання одного з запобіжників, обриву проводу мережі живлення, порушення контактних з'єднань. При цьому відбувається перерозподіл струмів і напруг електродвигуна, яке і приводить до його відмови. В залежності від схеми обмоток, ступені завантаження і місця обриву фази може наступити або установка ротора електродвигуна, або він буде продовжувати працювати, але по його обмотці будуть протікати підвищені струми. Особливо чутливі до неповнофазного живлення електродвигуни малої і середньої потужності. Якщо для двигунів потужністю більше 20 кВт небезпека руйнування обмотки статора виникає при навантаженні більше 50% номінальної, то для двигунів меншої потужності – починаючи з навантаження 25%.

Гальмування ротора викликає самий тяжкий аварійний режим двигунів, виникає внаслідок руйнування підшипників, заклинення робочої машини, примерзання робочих органів машини і т.д. Гальмування ротора може відбуватися як під час пуску, так і під час роботи двигуна. При гальмуванні ротора по обмотках

двигуна протікають підвищенні (пускові) струми, при яких швидкість нагріву обмотки досягає $7...10^0\text{C/s}$, і тому через $10...15$ с температура обмотки досягає граничне допустимих значень. Чим менше постійна часу нагріву електродвигуна, тим вище температура обмотки при однаковій тривалості цього режиму і кратності пускового струму. Тому режим з загальмованим ротором представляє найбільшу небезпеку для електродвигунів малої і середньої потужності, так як у них постійна часу нагріву менше постійної часу нагріву крупних електродвигунів.

Захисні пристрої. Основна вимога, що надається до захисних пристроїв, - не допускати перегріву статорної обмотки понад припустимого значення при перенавантаженнях двигунів і тим самим запобігати пошкодженню ізоляції обмотки внаслідок прискореного зносу. При цьому відключення електродвигуна при перенавантаженнях повинно відбуватися при температурі обмотки, що близька до припустимої, щоб більш повно використовувати здібність електродвигуна до перенавантажень.

Захисні пристрої повинні виключати помилкові відключення при появі короткочасних перенавантажень, що не надають небезпеку для електродвигуна. Крім того, захисні пристрої повинні мати достатню швидкодію і мінімальний час повернення після спрацювання, надійно працювати в реальних умовах судна, бути універсальними і зручними в експлуатації.

Звісно багато типів (варіантів) захисту.

За призначенням їх можна розділити на три групи.

1. Спеціальні пристрої, які реагують на окремий, спеціально контрольований (основний) аварійний режим. Ці пристрої, що вимикають двигун при неповно фазному і асиметричному навантаженні мережі; при гальмуванні ротора; при неприпустимому зниженні опору ізоляції.
2. Універсальні пристрої, які реагують на декілька аварійних режимів та контролюють один параметр двигуна.
3. Комплексні пристрої, які реагують на всі аварійні режими та контролюють декілька параметрів двигуна.

За параметром, що контролюється чутливим (вимірювальним) органом пристрою, усі захисти можна поділити:

- струмові;
- теплові;
- температурні;
- фазові;
- по напрузі;
- комплексні.

Вибір типу захисту за технічними характеристиками. Для захисту необхідно виявити структуру аварійних режимів, що очікуються у конкретного електропривода і підібрати такий пристрій, який найбільш повно реагує на ймовірні аварійні ситуації. Кожен тип захисту має наступні раціональні області застосування. Для захисту двигунів, які використовуються з постійним або майже постійним навантаженням, слід застосовувати теплові реле. Для двигунів з тривалим постійним навантаженням (вентилятори, насоси і т.п.) – фазочутливі пристрої захисту. Двигуни, що використовуються в запорошених приміщеннях або мають велику зміну

навантаження або часті пуски повинні бути забезпечені устроями вбудованого температурного захисту.

Вибір типу захисту за економічним критерієм. Для захисту електроустановок від одного і того ж аварійного режиму можна використовувати різні устрої. Наприклад, захист двигуна від перенавантаження можна здійснити за допомогою теплового реле, устрою вбудованого температурного захисту та інших апаратів. Вони мають різні функціональні можливості і вартості. Вибір за економічним критерієм складається у тому, щоб знайти такий устрій захисту, додаткові витрати на який компенсуються зниженням витрат на капітальний ремонт електрообладнання, що підлягає захисту та технологічних втрат.

Питання до розділу 3

1. Наведіть принципи означення електрообладнання.
2. Наведіть принципи вибору електрообладнання та його захисту за технічними і економічними критеріями.

4 ЕЛЕМЕНТИ ТЕОРІЇ НАДІЙНОСТІ

4.1 ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ТЕОРІЇ НАДІЙНОСТІ

В процесі експлуатації обладнання переходить багаторазово з одного стану в інший, як показано на рисунку 4.1.



Рисунок 4.1 – Модель стану обладнання

Стани 1 і 2 визначаються технологічними особливостями обладнання. Наприклад, на судні поряд з цілорічним використанням, часто спостерігається разова зайнятість (вантажопідйомне обладнання). Тривалість зберігання і використання досить точно визначається виробничими характеристиками обладнання.

Частота переходу обладнання зі стану 2 в стан 3 і тривалість перебування в ремонті заздалегідь невідомі. Також не можна відразу визначити частоту переходу в стан 4. Але без цих даних не можна організувати раціональне технічне обслуговування або його ремонт. Такі відомості дозволяють отримати методи теорії надійності.

У всіх сферах діяльності і спілкування у людини виникає потреба оцінити успішність своїх дій. У таких ситуаціях виникає інтуїтивне уявлення про надійність як про впевненість в здійсненні своїх задумів. Наука про надійність виключає довільні тлумачення, замінюючи їх чіткими поняттями, визначеннями, і встановлює кількісний опис властивостей надійності.

Надійність - властивість об'єкта зберігати в часі у встановлених межах значення всіх параметрів, що характеризують здатність виконувати необхідні функції в заданих режимах і умовах застосування, технічного обслуговування, ремонтів, зберігання і транспортування (ГОСТ 27.002-86). Можна сказати, що надійність характеризує здатність об'єкта зберігати свої первісні якості в процесі експлуатації.

Теорія надійності виникла на стику ряду наукових дисциплін: теорії ймовірностей і випадкових процесів, математичної логіки, технічної діагностики і ін. Вона вивчає закономірності зміни показників якості об'єктів з плином часу, а

також фізичну природу цих змін. У теорії надійності складне явище мінливості вивчають шляхом використання ідеалізованих понять про стани, властивості і події і т.п. Наближена заміна реальних явищ і об'єктів ідеалізованими моделями дозволяє встановити кількісні зв'язки між важливими показниками і визначити ці показники з достатньою для практики точністю.

Здатність об'єкта виконувати необхідні функції оцінюють кількома станами, в межах яких параметри об'єкта залишаються постійними.

Справність - стан об'єкта, при якому він відповідає всім встановленим вимогам.

Несправність - стан об'єкта, при якому він не відповідає хоча б одній із зазначених вимог.

Працездатність - стан відповідності встановленим вимогам тих параметрів, які характеризують здатність виконувати зазначені функції.

Непрацездатність - стан, при якому хоча б один параметр працездатності не відповідає встановленим вимогам.

Граничний стан - стан об'єкта, при якому його подальша експлуатація неприпустима за умовами безпеки або недоцільна з економічних критеріїв.

Центральним поняттям теорії надійності служить **відмова** - подія, що полягає у втраті працездатності, тобто перехід з працездатного в неробочий стан. Розрізняють раптові і поступові, повні та часткові відмови.

Раптові відмови настають несподівано, миттєво через раптову концентрації навантаження або аварійної ситуації.

Поступові відмови виникають під дією поступової зміни властивостей об'єктів, старіння або зносу деталей.

Повна відмова призводить до повної втрати працездатності, а часткова - лише до втрати окремих функцій об'єкта.

Об'єкт (в теорії надійності) - предмет певного цільового призначення, в життєвому циклі якого виділяють стадії проектування, виготовлення і експлуатації. Об'єктом може бути система або елемент.

Система - це сукупність взаємопов'язаних пристроїв, призначена для самостійного досягнення певної мети.

Елемент - частина системи, яка здатна виконувати деякі локальні функції системи.

Подання об'єкта у вигляді системи або елемента залежить від постановки задачі і є умовною процедурою. Наприклад, при вивченні надійності парк електрообладнання підприємства електропривод розглядають як елемент, а в інших випадках як систему, в якій виділяють ряд елементів (пускову апаратуру, пристрій захисту, двигун і т.д.).

У свою чергу елементи і системи, що допускають відновлення працездатності після відмови, називають відновлюваними, а в іншому випадку - невідновлюваними (неремонтованими). До першого виду відносять, наприклад, трансформатори і двигуни, а до другого - освітлювання лампи і трубчасті нагрівачі. Таким чином, елементи (системи), що вивчаються в теорії надійності, мають три головні ознаки, що характеризують: природу відмов (раптові і поступові); види відмов по їх наслідках (повні та часткові); пристосованість до ремонту (ремонтовані і неремонтовані).

Залежно від поєднання цих ознак елементи (системи) поділяють на прості і складні. **Простим** вважають елемент, який має раптові повні відмови, тому не підлягає ремонту. **Складний** елемент має поряд з перерахованими і ряд додаткових ознак, тобто він має раптові і поступові відмови (або тільки поступові), відмови можуть бути частковими, їх наслідки усувають в процесі ремонту.

При вивченні надійності об'єкта як здатності зберігати свої параметри в процесі експлуатації виникає необхідність оцінити стабільність цих параметрів на різних етапах експлуатації, пристосованість до ремонту і ряд інших ознак. Тому надійність - складна, комплексна властивість об'єкта, що включає ряд більш простих властивостей (окремо або в певному поєднанні) (ГОСТ 27.002-86):

- безвідмовність - властивість об'єкта безупинно зберігати працездатність протягом деякого часу або напрацювання;
- довговічність - властивість об'єкта зберігати працездатність об'єкта до настання граничного стану при встановленій системі технічного обслуговування і ремонту;
- ремонтпридатність - пристосованість до попередження і виявлення причин виникнення відмов (пошкоджень), до підтримання та відновлення працездатного стану шляхом проведення технічного обслуговування і ремонтів;
- збереженість - властивість об'єкта зберігати значення показників безвідмовності, довговічності і ремонтпридатності під час зберігання або транспортування;
- стійкість - здатність об'єкта переходити при різних збуреннях від одного стійкого режиму до іншого;
- живучість - властивість системи протистояти великим обуренням, не допускаючи розвитку аварій.

На практиці розрізняють конструкційну і експлуатаційну надійність.

Конструкційною називають номінальну надійність, яка визначає здатність до стабільного функціонування в типових (номінальних) умовах експлуатації. Вона характеризує властивості об'єкта, закладені при його проектуванні і виготовленні.

Під **експлуатаційною** розуміють надійність, спостережувану в умовах експлуатації з урахуванням всієї сукупності впливів: дестабілізуючих факторів навколишнього середовища, реальних режимів використання, якості технічного обслуговування і ремонтів. Завдання експлуатаційної надійності набули більшої актуальності у зв'язку з тим, що багато видів електрообладнання суден, маючи досить високі показники конструкційної надійності, за експлуатаційними показниками не відповідають вимогам виробництва.

4.2 ПОКАЗНИКИ НАДІЙНОСТІ

Показники надійності служать для кількісної оцінки рівня надійності об'єкта. З їх допомогою порівнюють надійність різних об'єктів між собою або надійність одного і того ж об'єкта в різних умовах або на різних етапах експлуатації. За ремонтпридатністю виділяють додатково показники для відновлюваних і невідновлюваних об'єктів.

Крім того, показники можуть бути одиничними і комплексними. Одиничний показник відносять до однієї з властивостей, а комплексний - до кількох властивостей.

Введення показників надійності засновують на розгляді експлуатації як процесу випадкової зміни властивостей об'єкта у вигляді послідовного чергування працездатного і непрацездатного станів. Іншими словами, процес зміни властивостей об'єкта - це потік випадкових дискретних змін станів. При такому поданні мірою надійності служать характеристики переходу об'єкта з одного стану в інший. Використовуючи їх, визначають, як часто здійснюються переходи, як довго об'єкт знаходиться в працездатному і непрацездатному станах, яка ймовірність настання цих подій і т.д.

Показники безвідмовності характеризують здатність об'єкта безупинно зберігати працездатність протягом деякого часу (деякого напрацювання). Їх зміст пояснює наступний приклад.

Припустимо, що в експлуатацію одночасно введено $N(0)$ ламп розжарювання і поставлено завдання знайти кількісні показники їх безвідмовності. Параметром працездатності лампи служить її світловий потік F . Лампа працездатна, коли створюваний нею світловий потік знаходиться в допустимих межах від номінального значення F_H . Вихід параметра за межі допустимого відхилення F_{MIN} означає наступ відмови лампи.

Результати спостереження за зміною світлового потоку кожної лампи (рисунок 4.2) показують, що для деяких з них характерно повільне, а для інших - різке зниження світлового потоку. Моменти відмов настають випадково. Тривалості безвідмовної роботи утворюють групу випадкових величин з розкидом від t_{MIN} до t_{MAX} .

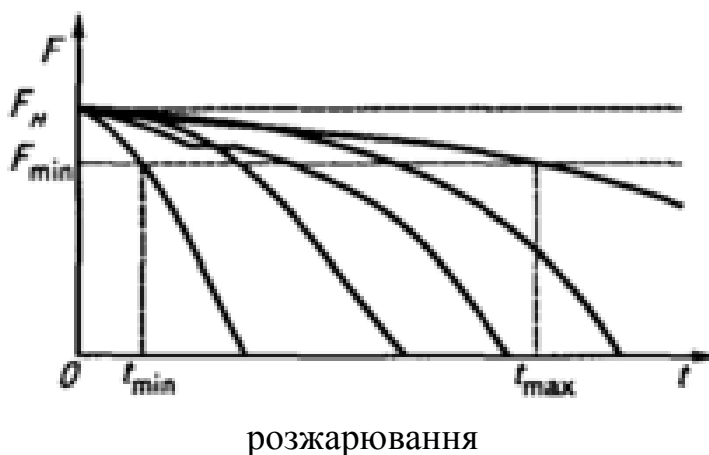


Рисунок 4.2 – Результати спостереження за зміною світлового потоку ламп

Кількісний опис групи даних про безвідмовності можливо за допомогою наступних показників: ймовірності безвідмовної роботи протягом деякого часу $t(t_{MIN} < t < t_{MAX})$, інтенсивності відмов і середнього напрацювання до першої відмови.

Ймовірність безвідмовної роботи $p(t)$ - ймовірність того, що в межах заданого часу (напрацювання) не виникне відмови. Математична запис цього показника відповідає ймовірності того, що тривалість безвідмовної роботи T буде більше заданого часу t , тобто $p(t) = p(T > t)$. Ймовірність безвідмовної роботи -

чисельна міра об'єктивної можливості успішної роботи об'єкта протягом даного нас періоду часу t_i .

Якщо в розглянутому прикладі (рисунок 4.2) $N(0)$ ламп, пущених в експлуатацію при $t = 0$, після деякого часу t зберегли свою працездатність $N(t)$, а відмовили $m(t) = N(0) - N(t)$ ламп, то статистичну вірогідність безвідмовної роботи за час t знаходять з класичного визначення ймовірності події:

$$p(t) = \frac{N(t)}{N(0)} = 1 - \frac{m(t)}{N(0)}, \quad (4.1)$$

де $N(t)$ - число об'єктів, що залишилися працездатними за час t , $N(0)$ - число об'єктів на початку спостереження; $m(t)$ - число відмов (або відмовили об'єктів) за час t

Нехай $N(0) = 1000$ ламп. Спостереження показали, що через $t_1 = 1000$ год зберегли працездатність $N(t_1) = 950$ ламп, а через $t_2 = 2000$ год - $N(t_2) = 450$ ламп. Тоді по (4.1) знаходимо

$$p(t_1) = \frac{950}{1000} = 0,95; \quad p(t_2) = \frac{450}{1000} = 0,45.$$

Ймовірність безвідмовної роботи за час t чисельне дорівнює частці об'єктів, що зберігають працездатність за цей час. Іноді використовують поняття ймовірності відмови $q(t)$ - ймовірність того, що в межах заданої напрацювання виникне відмова. Подія відмови є протилежною події безвідмовної роботи. При цьому $p(t) + q(t) = 1$

Тому ймовірність відмови визначають так:

$$q(t) = 1 - p(t) = \frac{m(t)}{N(0)}.$$

Середнє напрацювання до відмови T_{CP} - це математичне очікування напрацювання об'єкта до першої відмови. За статистичними даними експлуатації або випробувань цей показник обчислюють за такою формулою:

$$T_{CP} = \sum_{i=1}^{N_0} \frac{t_i}{N(0)},$$

де t_i - напрацювання (тривалість безвідмовної роботи) i -го елемента до першої відмови; $N(0)$ - число випробовуваних елементів на початку спостережень,

У розглянутому прикладі $N(0) = 1000$ ламп, $t_1 = 1000$ год; $N(t_1) = 950$ ламп; $t_2 = 2000$ год; $N(t_2) = 450$ ламп.

Знайдемо T_{CP} , використовуючи ймовірність безвідмовної роботи (4.1):

$$T_{CP} = \frac{N(t_1)t_1 + N(t_2)t_2}{N(0)} = \frac{950 \cdot 1000 + 450 \cdot 2000}{1000} = 1850 \text{ год}.$$

Середнє напрацювання на відмову T_B - це середній час напрацювання відновлюваного об'єкта між відмовами

$$T_B = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^{m_i} t_i',$$

де m_i - число відмов i -го елемента; t_i' - напрацювання i -го елемента за час спостерігань.

Інтенсивність відмов $\lambda(t)$ - середнє число відмов, що припадають на одиницю напрацювання невідновлюваного об'єкта:

$$\lambda(t) = \frac{\sum_{i=1}^N m_i(t'_2) - \sum_{i=1}^N m_i(t'_1)}{N(t'_1)(t'_2 - t'_1)}, \quad (4.2)$$

де $\sum_{i=1}^N m_i(t'_2)$; $\sum_{i=1}^N m_i(t'_1)$ - число відмов об'єктів N від початку спостережень до напрацювання t'_2 і t'_1 відповідно; $N(t'_1)$ - число справних об'єктів від початку спостережень до напрацювання t'_1 ; $(t'_2 - t'_1)$ - інтервал напрацювань, що вивчається.

Повертаючись до лампам розжарювання, маємо

$$m(t'_1) = \sum_1^{1000} m(1000) = 50; m(t'_2) = \sum_1^{2000} m(1000) = 550;$$

$$N(t'_1) = N(1000) = 950; (t'_2 - t'_1) = 2000 - 1000 = 1000$$

Тоді по (4.2) знаходимо

$$\lambda(t) = \frac{550 - 50}{950 \cdot 1000} = 0,53 \cdot 10^{-3} \text{ год}^{-1}.$$

Інтенсивність відмов характеризує стабільність властивостей об'єкта і показує швидкість зниження ймовірності безвідмовної роботи. Для відновлюваних об'єктів інтенсивність відмов не завжди правильно характеризує властивість безвідмовності. Справа в тому, що на відміну від невідновлюваних об'єктів, у яких моменти появи відмов утворюють групу випадкових величин, для ремонтів об'єктів ці моменти утворюють потік випадкових подій. Тому для відновлюваних об'єктів замість інтенсивності відмов використовують параметр **потіку відмов** - середнє число відмов, що припадають на одиницю напрацювання

$$\omega(t) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{m_i}{t'_1},$$

де m_i - число відмов i -го елемента; t'_1 - напрацювання i -го елемента за час спостережень; N - число елементів в експлуатації.

Показники ремонтпридатності. **Ремонтпридатність** по ГОСТ 27301-86 - пристосованість до попередження і виявлення причин відмов і усунення їх наслідків шляхом проведення технічного обслуговування і ремонтів. **Конструкційна** ремонтпридатність характеризує лише технічну сторону відновлюваності об'єкта; **експлуатаційна** - додатково швидкість відновлення і залежить від кваліфікації обслуговуючого персоналу, а також його матеріально-технічного забезпечення.

Питання про процес відновлення було порушено при розгляді безвідмовності ремонтів елементів. Там передбачалося, що всі відмови усувають миттєво. Насправді кожну відмову усувають в деякому інтервалі часу, що є випадковою величиною. Тому процес відновлення вважають потоком випадкових подій.

Середній час відновлення T_B - це математичне очікування тривалості відновлення працездатності після відмови елемента

$$T_B = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m t_{Bi},$$

де t_{Bi} - час відновлення працездатного стану i -го об'єкта; m - число виявлених і усунутих відмов (або число об'єктів, що піддавалися відновленню).

Ця величина залежить від характеру відмови, умов його відшукування та усунення, кваліфікації фахівців і т.п. Тому важливо знати не тільки середню величину, а й інші ймовірні характеристики.

Імовірність відновлення працездатного стану

$$p_B(t) = p(T_B < t),$$

де t - заданий час усунення відмови.

Інтенсивність відновлення $\mu(t)$ - кількість ремонтів (усунених відмов) в одиницю часу

$$\mu(t) = \frac{n}{\sum_{i=1}^n t_{Bi}},$$

де n - число відновлених елементів; t_{Bi} - тривалість відновлення i -го елемента.

Показники довговічності. Під довговічністю розуміють властивість елемента зберігати працездатність до настання граничного стану при належному технічному обслуговуванні та ремонті. Для невідновлюваних елементів довговічність збігається з часом їх експлуатації до відмови. Кількісні оцінки довговічності - термін служби і ресурс.

Ресурсом називають напрацювання об'єкта від початку експлуатації або після ремонту до настання граничного стану. Розрізняють середній ресурс і гамма-процентний ресурс.

Середній термін служби - середня календарна тривалість служби об'єктів. Розрізняють середній термін служби до першого капітального ремонту і між капітальними ремонтами.

Середній термін служби до списання - середня календарна тривалість експлуатації до граничного стану.

Гамма-процентний термін служби - середня календарна тривалість експлуатації, протягом якої об'єкт не досягає граничного стану із заданою ймовірністю у відсотків.

Показники збереженості характеризують властивість елемента зберігати експлуатаційні якості під час зберігання і транспортування. Для цього використовують **середній термін збереженості** T_z і **інтенсивність відмов при зберіганні** λ_z . Властивість збереженості можна розглядати як специфічний випадок безвідмовності в період зберігання і транспортування. На судах велика частина енергетичного обладнання зайнята протягом року від двох до шести місяців, а решту часу її не використовують. Для такого обладнання властивість збереженості має першорядне значення.

Комплексні показники надійності. **Коефіцієнт готовності** K_g характеризує готовність об'єкта до застосування за призначенням:

$$K_G = \frac{T_{ВІДМ}}{T_{ВІДМ} + T_B},$$

де $T_{ВІДМ}$ - середнє напрацювання на відмову; T_B - середній час відновлення.

Можна показати, що **коефіцієнт готовності** - це ймовірність застати об'єкт в працездатному стані в довільний момент часу (без урахування простою з організаційних причин).

Коефіцієнт оперативної готовності K_{OG} характеризує готовність об'єкту до функціонування з урахуванням простоїв за організаційними причинами:

$$K_{OG} = \frac{T_{ВІДМ}}{T_{ВІДМ} + T_B + T_{ОРГ}},$$

де $T_{ОРГ}$ - простої за організаційними причинами: виклик ремонтних бригад, доставка запасних частин.

Коефіцієнт технічного використання $K_{ТВ}$ характеризує час знаходження об'єкта в працездатному стані з урахуванням простою об'єкта на всіх видах технічного обслуговування і ремонту:

$$K_{ТВ} = \frac{T_{СУМ}}{T_{СУМ} + T_{ТО} + T_{РЕМ}},$$

де $T_{СУМ}$ - сумарне напрацювання; $T_{ТО}, T_{РЕМ}$ - сумарний час перебування в обслуговуванні та ремонті.

Показники надійності електропостачання. Всі перераховані показники можна використовувати для оцінки системи електропостачання, головна вимога до якої - безперебійне постачання електричної енергії приєднаних до неї споживачів. Тому основними показниками надійності прийнято вважати **число (n) і тривалість ($T_{ВІДКЛ}$) відключень**.

Відключення мереж відбуваються з різних причин. Вони можуть бути випадковими (раптовими) або навмисними (плановими). Перші виникають при аварійних ситуаціях, а другі здійснює обслуговуючий персонал в плановому порядку. Аварійні відключення через свою несподіванку приносять більший збиток, ніж планові. Для обліку цих особливостей вводять поняття **еквівалентної тривалості відключень**

$$T_{ЕКВ} = T_{АВ} + \gamma T_{ПЛ},$$

де $T_{АВ}, T_{ПЛ}$ - тривалості аварійних і планових відключень відповідно; γ - коефіцієнт, що враховує меншу вагу планових відключень ($\gamma = 0,1...0,4$).

4.3 ІМОВІРНІСНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОКАЗНИКІВ НАДІЙНОСТІ

Показники надійності можуть набувати значень, невідомі заздалегідь, тобто є випадковими величинами. Такі величини вивчають в теорії ймовірностей, де ймовірність - це кількісна оцінка можливості появи випадкової події, або випадкової величини.

Імовірнісні характеристики випадкової величини:

$x_{MIN} ... x_{MAX}$ - інтервал можливих значень;

$\bar{x} = M[x]$ - математичне очікування (середнє значення);

$\sigma^2 = M[x_i - \bar{x}]^2$ - дисперсія - математичне очікування квадрата відхилення величини від середнього значення;

$\sigma = \sqrt{\sigma^2}$ - середньоквадратичне відхилення;

$\nu_x = \sigma / \bar{x}$ - коефіцієнт варіації.

Найпростіше опис випадкової величини здійснюють ймовірнісними характеристиками, повне - законами (функціями) розподілу, що встановлюють відповідність між конкретними значеннями випадкової величини і ймовірністю її появи. Розрізняють інтегральні і диференціальні функції розподілу. **Інтегральна функція** (рис. 4.3) показує, що для кожного числа x в діапазоні випадкової величини X існує певна ймовірність $P(X < x)$, що X не перевищує x .

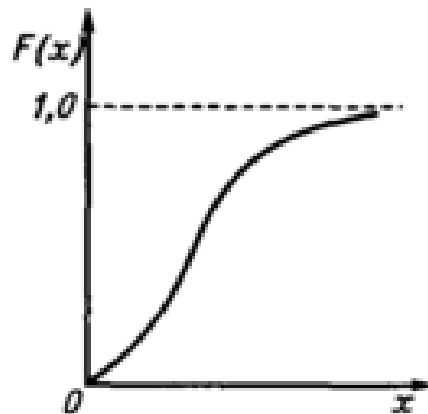


Рисунок 4.3 – Інтегральна функція

Диференціальна функція (рисунок 4.4) характеризує частоту повторення даних значень випадкової величини. Вона є похідною від інтегральної функції $f(x) = dF(x) / dt$. Її називають щільністю розподілу.

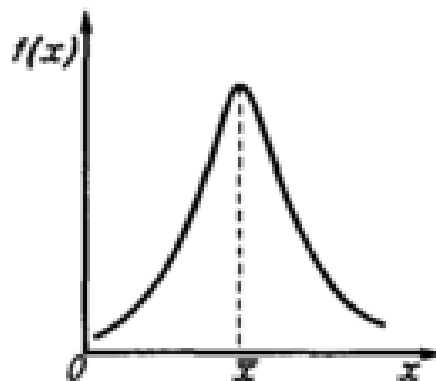


Рисунок 4.4 – Диференціальна функція

Функції розподілу можуть мати найрізноманітніший вид.

Але в теорії ймовірностей зазвичай використовують типові (функції) закони розподілу: рівномірний, нормальний, експоненціальний, Пуассона, Вейбулла і т.п.

Закон рівномірного розподілу (рисунок 4.5) описує випадкові величини, у яких частота появи не залежить від значення величини в інтервалі $x_{MIN} \dots x_{MAX}$.

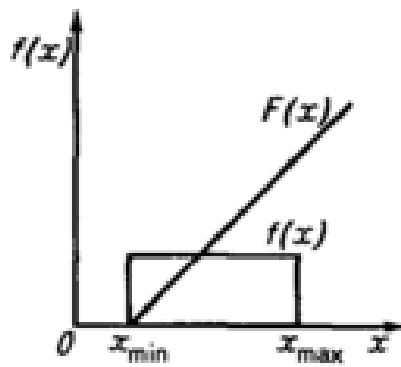


Рисунок 4.5 – Закон рівномірного розподілу

Наприклад, за таким законом розподілені ймовірності випадання числа від 1 до 6 при киданні шестигранного кубика.

Закон нормального розподілу (рисунок 4.6) набув найбільшого поширення, бо він досить повно описує випадкові величини масових явищ. Значення цих величин зазвичай рівномірно розподілені навколо середнього значення.

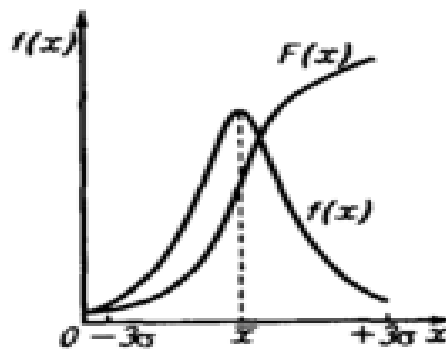


Рисунок 4.6 – Закон нормального розподілу

Закон експоненціального розподілу (рисунок 4.7) описує випадкові величини, у яких ймовірність появи менших значень завжди вище, ніж великих.

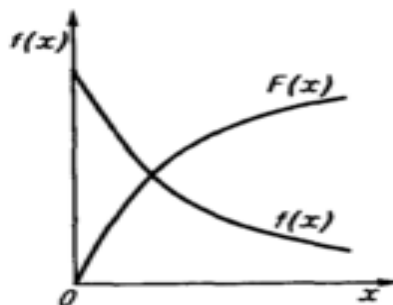


Рисунок 4.7 – Закон експоненціального розподілу

У теорії надійності найчастіше використовують експонентний закон. Імовірність безвідмовної роботи тотожно дорівнює ймовірності появи випадкової величини зі значенням $t > t_i$, тобто $P(t > t_i) = \int_{t_i}^{\infty} f(t) dt$.

Інтенсивність відмов по визначенню аналогічна щільності розподілу випадкової величини $\lambda(t) = f(t) / P(t)$. Середнє напрацювання на відмову

$$T_{ВІДМ} = M[t] = \int_{t_1}^{\infty} t f(t) dt.$$

Основний закон надійності. Теорія ймовірностей встановлює аналітичний зв'язок між основними параметрами надійності: ймовірністю безвідмовної роботи, середнім напрацюванням на відмову і інтенсивністю відмов. Математичний опис цієї залежності називають основним законом надійності.

З виразів для інтенсивності відмов $\lambda(t) = f(t) / P(t)$ і щільності розподілу випадкової величини $f(t) = dP(t) / dt$ отримують диференціальне рівняння для довільної функції розподілу:

$$\frac{dP(t)}{dt} = -\lambda(t)P(t). \quad (4.3)$$

Вирішуючи рівняння (4.3), отримують ймовірність безвідмовної роботи

$$P(t) = e^{-\int_0^t \lambda(\tau) d\tau}. \quad (4.4)$$

Формула (4.4) являє собою основний закон надійності. З неї випливає, що ймовірність безвідмовної роботи будь-якого виробу з плином часу зменшується зі швидкістю, яка залежить від інтенсивності відмов. При $t = 0$ $P(t) = 1$; при $t \rightarrow \infty$ $P(t) = 0$.

При експоненціальному розподілі основний закон надійності характеризують постійним значенням інтенсивності відмов $\lambda(t) = \text{const}$. При цьому середнє напрацювання на відмову

$$T_{ВІДМ} = 1 / \lambda(t). \quad (4.5)$$

З урахуванням цих залежностей за формулою (4.4) отримують:

$$P(t) = e^{-\lambda t} = e^{-\frac{t}{T_{ВІДМ}}}. \quad (4.6)$$

Зниження ймовірності безвідмовної роботи виробу однозначно визначають середнім напрацюванням на відмову. Наприклад, через період $t = T_{ВІДМ}$ ймовірність безвідмовної роботи знижується до $P(T_{ВІДМ}) = 0,37$, тобто за період $t = T_{ВІДМ}$ виявляться справними 37% виробів, несправними - 63%.

Основний закон надійності в лінійній формі. В окремих експлуатаційних ситуаціях, коли мала інтенсивність відмови виробів або малий досліджуваний проміжок часу, можна використовувати не експонентну, а лінійну форму основного закону надійності. Для виведення такої залежності розкладемо (4.6) в ряд:

$$P(t) = e^{-\lambda t} = 1 - \lambda t + \frac{(\lambda t)^2}{2!} - \frac{(\lambda t)^3}{3!} + \dots$$

Нехтуючи членами вищого порядку малості, отримаємо лінійну форму:

$$P(t) = 1 - \lambda t, \text{ або } P(t) = 1 - t / T_{ВІДМ}. \quad (4.7)$$

Аналіз показав, що для виробів, що мають $\lambda t < 0,2$, похибка розрахунку за спрощеною формулою не перевищує 5% в порівнянні з експоненціальною формулою (4.4).

Розглянемо приклад, що пояснює сказане. Виріб має $\lambda = 0,001 \text{ год}^{-1}$. Визначимо ймовірність безвідмовної роботи за рівнянням (4.6) за 300 і 500 год експлуатації.

При $t = 300 \text{ год}$

$$P(t) = e^{-\lambda t} = e^{-0,001 \cdot 300} = 0,741,$$

або
$$P(t) = 1 - \lambda t = 1 - 0,001 \cdot 300 = 0,700.$$

При $t = 500 \text{ год}$

$$P(t) = e^{-\lambda t} = e^{-0,001 \cdot 500} = 0,607,$$

або
$$P(t) = 1 - \lambda t = 1 - 0,001 \cdot 500 = 0,500.$$

4.4 ПРОСТІШІ МЕТОДИ РОЗРАХУНКУ НАДІЙНОСТІ

За допомогою теорії надійності визначають загальні закономірності зміни експлуатаційних властивостей обладнання. Ці закономірності мають важливе значення для вирішення спільних завдань, пов'язаних з вибором схем електроустановок, режимів їх використання, стратегії обслуговування і т.п. Для вирішення інженерних завдань необхідно мати чисельні значення показників надійності.

Основний закон надійності встановлює зв'язок між трьома показниками: ймовірністю безвідмовної роботи, середнім напрацюванням на відмову і інтенсивністю відмов. Якщо відомі два з них, то третій легко визначити з цього закону. Найпростіші методи розрахунку надійності розглянемо, вирішуючи завдання.

Завдання 1. У технічних умовах на асинхронні електродвигуни серії 4А вказана ймовірність безвідмовної роботи $P(t) = 0,9$ за 10000 год напрацювання. Необхідно визначити інтенсивність відмов.

Прийmemo експоненціальний розподіл відмов і запиmemo основний закон надійності $P(t) = e^{-\lambda t}$. Звідси після логарифмування знайдемо

$$\lambda = \frac{\ln P(t)}{t} = \frac{\ln 0,9}{10000} = 1,05 \cdot 10^{-5} \text{ год}^{-1}.$$

Прийmemo лінійну форму закону, тобто $P(t) = 1 - \lambda t$, і визначимо інтенсивність відмов: $\lambda = \frac{1 - P(t)}{t} = \frac{1 - 0,9}{10000} = 10^{-5} \text{ год}^{-1}$. Порівняємо інтенсивність відмов, отриману по основній формі закону надійності ($1,05 \cdot 10^{-5} \text{ год}^{-1}$) і лінійної (10^{-5} год^{-1}). Як бачимо, похибка розрахунку за спрощеною формулою не перевищує 5%.

Завдання 2. Обладнання безвідмовно пропрацювало t_1 годин. Потрібно визначити ймовірність безвідмовної роботи до моменту t_2 - Уявімо на основі теореми умовної ймовірності

$$P(\Delta t) = P(b/a),$$

де $P(\Delta t)$ - умовна ймовірність; $\Delta t = t_2 - t_1$; a - безвідмовна робота на інтервалі часу від 0 до t_1 ; b - безвідмовна робота на інтервалі часу від t_1 до t_2 .

Нехай ab - безвідмовна робота на інтервалі від 0 до t_2 .

Тоді шукана ймовірність

$$P(\Delta t) = P(ab) / P(a) = P(t_2) / P(t_1).$$

Для експоненціальної форми розподілу відмов маємо:

$$P(\Delta t) = e^{-\lambda t_2} / e^{-\lambda t_1} = e^{-\lambda(t_2 - t_1)}.$$

Ймовірність безвідмовної роботи обладнання залежить лише від інтервалу часу Δt і не залежить від віку устаткування. Звідси впливає важливий висновок для експлуатаційного персоналу: забезпечити високу ймовірність безвідмовної роботи обладнання можна за рахунок вибору високонадійного виробу ($\lambda \rightarrow 0$; $P(t) \rightarrow 1,0$) або за рахунок обмеження періоду використання ($\Delta t \rightarrow 0$; $P(t) \rightarrow 1,0$).

Завдання 3. У експлуатацію прийнято $N = 100$ електродвигунів з параметрами надійності, наведеними в завданні 1. Необхідно визначити очікуване число відмовили двигунів (n) за 1 рік експлуатації при використанні обладнання протягом 1000 год на рік. За спрощеною формулою знаходимо ймовірність безвідмовної роботи за $t =$

1000 год:

$$P(t) = 1 - \lambda t = 1 - 10^{-5} \cdot 1000 = 0,99.$$

З визначення ймовірності безвідмовної роботи запишемо: $P(t) = (N - n) / N$. Звідси $n = N - P(t)N = 100 - 0,99 \cdot 100 = 1$.

Питання до розділу 4

1. Надайте визначення надійності, справності і несправності, працездатності і непрацездатності, граничного стану.
2. Що таке відмова, поступова, раптова, повна відмови?
3. Що таке об'єкт, система, елемент, складний та простий елементи?
4. Що визначають безвідмовність, довговічність, ремонтпридатність, збереженість?
5. Надайте визначення поняттям стійкості і живучості.
6. Як відрізняються конструкційна і експлуатаційна надійність?
7. Перелічіть основні показники надійності, дайте їх визначення.
8. Наведіть формули для визначення потоку інтенсивності відмов, середнього напрацювання на відмову і до відмови.
9. Надайте визначення середнього часу відновлення, інтенсивності відновлення, ресурсу, середнього терміну служби.
10. Що таке коефіцієнт готовності, оперативної готовності, технічного використання?
11. Які закони розподілу вам відомі?

5 ТЕХНІЧНА ДІАГНОСТИКА ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ

Періодичне та планове технічне діагностування дозволяє:

- виконувати вхідний контроль агрегатів і запасних вузлів при їх покупці;
- звести до мінімуму раптові позапланові зупинки технічного обладнання;
- керувати процесом старіння.

Комплексне діагностування технічного стану обладнання дає можливість:

- проводити ремонт згідно з технічним станом;
- збільшити середній час між ремонтами;
- зменшити витрату деталей в процесі експлуатації різного обладнання;
- зменшити об'єм запасних частин;
- скоротити тривалість ремонтів;
- підвисити якість ремонту та усунути повторні поломки;
- збільшити ресурс працюючого обладнання;
- підвисити безпеку експлуатації енергетичного обладнання

5.1 ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ ТА ВИЗНАЧЕННЯ

Технічна діагностика - наука про методи та засоби розпізнавання технічного стану і виявлення несправностей (дефектів) виробів.

Технічне діагностування - це процес розпізнавання стану об'єкта, кінцевим результатом якого є висновок про технічний стан об'єкта, тобто будь-який технічний діагноз: асинхронний двигун справний, в обмотці фази С1 ... С4 є виткове замикання; ізоляція зволожена і т. п.

Діагностичні і контрольовані параметри (ознаки) - це характеристики об'єкта, які використовуються для визначення його технічного стану. Визначальні діагностичні параметри - параметри, за якими отримують найбільш повні відомості про працездатність об'єкта, оцінюють його стан в цілому (наприклад, по температурі нагріву двигуна судять про його загальний стан). За допоміжним параметрам оцінюють лише окремі властивості об'єкта або місце несправності (наприклад, по опору ізоляції судять лише про стан електричної частини електрообладнання).

Спосіб (алгоритм) діагностування - це сукупність і послідовність дій (експериментів), що дозволяють визначити технічний стан об'єкта. При експерименті на об'єкт подають деякий вплив і вимірюють діагностичні параметри або контролюють діагностичні ознаки. За результатами спостережень визначають стан об'єкта. Наприклад, іспитуючи ізоляцію підвищеною напругою і спостерігаючи за струмом витоку, роблять висновок про її справність.

Системи діагностування (СД) - це сукупність об'єкта, способів і засобів діагностування. За призначенням і видом діагностичного завдання їх умовно поділяють на профілактичні, диференціальні, функціональні і прогнозуючі.

Профілактичні СД призначені для виявлення в процесі експлуатації дефектних деталей і елементів, що відпрацювали ресурс, тобто тих елементів об'єкта, параметри котрих близькі до гранично допустимих значень (для виявлення слабких місць об'єкта без виведення його в ремонт). З цією метою систематичне проводять планові профілактичні випробування.

Диференціальні СД служать для виявлення окремих несправностей при плановому технічному обслуговуванні і ремонті електроустаткування. За отриманими результатами уточнюють вид необхідного ремонту (поточний або капітальний) і склад його операцій. Для диференціального діагностування застосовують прилади загального та спеціального призначення. Найпростішими омметрами (Мегомметр) виявляють несправності - обрив, замикання в проводах, контактах, ізолюючих і інших елементах електрообладнання. Спеціальними приладами контролю вологості (ПКВ) визначають ступінь зволоження ізоляції, а приладами типу високочастотного вимірника (ВЧФ) - виткові замикання в обмотках електричних машин. Крім того, диференціальне діагностування проводять за допомогою таблиць характерних несправностей, які є в довідковій літературі або в технічному описі конкретного електроустаткування.

Функціональні СД призначені для оцінки якості функціонування і працездатності шляхом визначення комплексу експлуатаційних властивостей (характеристик) електрообладнання при контрольних, типових або спеціальних випробуваннях і зіставлення їх з номінальними або нормованими значеннями. Наприклад, при контрольних випробуваннях асинхронного двигуна визначають опір обмоток постійному струму, опір ізоляції, струм і втрати холостого ходу, напруга і втрати короткого замикання. Якщо виміряні параметри знаходяться в межах встановлених допусків, то двигун визнають працездатним.

Прогнозуючі СД дозволяють передбачити стан виробу в майбутньому і визначити ймовірний момент появи відмови. Для цього оцінюють залишковий ресурс елементів на підставі інформації про закономірності зміни параметрів в період, що передує прогнозом. Наприклад, для підшипника відомо фактичне і граничне значення зазору. Розділивши різницю цих значень на швидкість зношування підшипника, отримують його залишковий ресурс, за яким легко визначити очікувану дату відмови підшипника. Однак надійне прогнозування освоєно лише для найпростіших випадків. При експлуатації електрообладнання створення прогнозують СД пов'язано з рядом методичних труднощів, обумовлених складністю процесів старіння і зносу електроустановок.

Певною мірою прогнозування реалізують при профілактичному випробуванні, так як статистичні дані підтверджують високу ймовірність безвідмовної роботи до чергового випробування того електрообладнання, яке успішно витримало поточний профілактичний випробування.

Одне з головних напрямків подальшого удосконалення технічної експлуатації енергообладнання на судах - більш широке впровадження в практику СД. Уже зараз в цілому в профілактичній системі ППР і ТО (планово-попереджувальні ремонти і технічне обслуговування) передбачений для окремих видів електрообладнання в складі робіт по технічному обслуговуванню контроль з метою прогнозування його стану до наступного технічного обслуговування. В подальшому за допомогою СД можна перейти до більш прогресивної експлуатації після нагляду.

Тестове технічне діагностування - це діагностування, при якому на об'єкт подаються тестові впливи (наприклад, визначення ступеня зносу ізоляції електричних машин зі зміни тангенса кута діелектричних втрат при подачі напруги па обмотку двигуна від моста змінного струму).

Функціональне технічне діагностування - це діагностування, при якому вимірюються і аналізуються параметри об'єкта при його функціонуванні але прямим призначенням або в спеціальному режимі, наприклад визначення технічного стану підшипників кочення зі зміни вібрації під час роботи електричних машин.

Експрес-діагностування - це діагностування за обмеженою кількістю параметрів за заздалегідь встановлений час.

Об'єкт технічного діагностування - виріб або його складові частини, що підлягають (піддаються) діагностування (контролю).

Технічний стан - це стан, що характеризується в певний момент часу за певних умов зовнішнього середовища значеннями діагностичних параметрів, установлених технічною документацією на об'єкт.

Засоби технічного діагностування - апаратура і програми, за допомогою яких здійснюється діагностування (контроль).

Вбудовані засоби технічного діагностування - це засоби діагностування, які є складовою частиною об'єкта (наприклад, газові реле в трансформаторах на напругу 100 кВ).

Зовнішні пристрої технічного діагностування - це пристрої діагностування, виконані конструктивно окремо від об'єкта (наприклад, система вібраційного контролю на насосах, що перекачують нафту).

Технічний діагноз - результат діагностування.

Прогнозування технічного стану - це визначення технічного стану об'єкта із заданою вірогідністю на майбутній інтервал часу, протягом якого збережеться працездатний (непрацездатний) стан об'єкта.

Алгоритм технічного діагностування - сукупність приписів, що визначають послідовність дій при проведенні діагностування.

Діагностична модель - формальний опис об'єкта, необхідне для вирішення завдань діагностування. Діагностична модель може бути представлена у вигляді сукупності графіків, таблиць або еталонів в діагностичному просторі.

5.2 МЕТОДИ ТЕХНІЧНОГО ДІАГНОСТУВАННЯ

Існують різні методи технічного діагностування:

- **Візуально-оптичний метод** реалізується за допомогою лупи, ендоскопа, штангенциркуля і інших найпростіших пристосувань. Цим методом користуються, як правило, постійно, проводячи зовнішні огляди устаткування при підготовки його до роботи або в процесі технічних оглядів.
- **Віброакустичний метод** реалізується за допомогою різних приладів для вимірювання вібрації. Вібрація оцінюється по переміщенню, віброшвидкості або віброприскоренню. Оцінка технічного стану цим методом здійснюється за загальним рівнем вібрації в діапазоні частот 10 - 1000 Гц або по частотному аналізу в діапазоні 0 - 20000 Гц.
- **Тепловізійний (термографічний) метод** реалізується за допомогою пірометрів і тепловізорів. Пірометрами вимірюється температура безконтактним способом в кожній конкретній точці, тобто для отримання інформації про температурний нулі необхідно цим приладом сканувати об'єкт. Тепловізори дозволяють визначати температурне поле в певній

частині поверхні об'єкта, що діагностується, що підвищує ефективність виявлення дефектів, які зароджуються.

- **Метод акустичної емісії** заснований на реєстрації високочастотних сигналів в металах і кераміці при виникненні мікротріщин. Частота акустичного сигналу змінюється в діапазоні 5 - 600 кГц. Сигнал виникає в момент утворення мікротріщин. Після закінчення розвитку тріщини він зникає. Внаслідок цього при використанні даного методу застосовують різні способи навантаження об'єктів в процесі діагностування.
- **Магнітний метод** використовується для виявлення дефектів: мікротріщин, корозії і обривів сталевих дротів в канатах, концентрації напруги в металоконструкціях. Концентрація напруги виявляється за допомогою спеціальних приладів, в основі роботи яких лежать принципи Баркгаузена і Вііларі.
- **Метод часткових розрядів** застосовується для виявлення дефектів в ізоляції високовольтного обладнання (трансформатори, електричні машини). Фізичні основи часткових розрядів складаються в тому, що в ізоляції електрообладнання утворюються локальні заряди різної полярності. При різнополярних зарядах виникає іскра (розряд). Частота цих розрядів змінюється в діапазоні 5 - 600 кГц, вони мають різну потужність і тривалість. Існують різні методи реєстрації часткових розрядів:
 - метод потенціалів (зонд часткових розрядів Lemke-5);
 - акустичний (застосовуються високочастотні датчики);
 - електромагнітний (зонд часткових розрядів);
 - ємнісний.
- Для виявлення дефектів в ізоляції станційних синхронних генераторів з водневим охолодженням і дефектів в трансформаторах на напругу 3 - 330 кВ застосовується **хроматографічний аналіз газів**. При виникненні різних дефектів в трансформаторах в маслі виділяються різні гази: метан, ацетилен, водень і т.д. Частка цих розчинених в маслі газів надзвичайно мала, але тим не менш є прилади (хроматографи), за допомогою яких зазначені гази виявляються в трансформаторному маслі і визначається ступінь розвитку тих або інших дефектів.
- Для **вимірювання тангенса кута діелектричних втрат** в ізоляції в високовольтному електрообладнанні (трансформатори, кабелі, електричні машини) застосовується спеціальний прилад - міст змінного струму. Цей параметр вимірюється при подачі напруги від номінального до 1,25 номінального. При хорошому технічному стані ізоляції тангенс кута діелектричних втрат не повинен змінюватися в цьому діапазоні напруги.
- Крім того, для технічного діагностування валів електричних машин, корпусів трансформаторів можуть використовуватися такі методи:
 - ультразвуковий,
 - ультразвукова товщинометрія,
 - радіографічний,
 - капілярний (кольоровий),
 - вихрострумовий,

- механічні випробування (вимірювання твердості, розтягнення, вигин),
- рентгенографічна дефектоскопія,
- металографічний аналіз.

5.3 СКЛАД І ФУНКЦІОНУВАННЯ ДІАГНОСТИЧНИХ СИСТЕМ

Технічне діагностування відповідно до ГОСТ 27518 - 87 «Діагностування виробів. Загальні вимоги» повинно забезпечувати вирішення наступних завдань:

- визначення технічного стану обладнання;
- пошук місця відмови або несправності;
- прогнозування технічного стану обладнання.

Для роботи системи діагностики необхідно встановити критерії та показники, а обладнання повинно бути доступне для проведення необхідних вимірювань і випробувань.

Основними критеріями системи діагностики є точність і достовірність діагностики, а також техніко-економічні критерії. Критерії точності і достовірності практично не відрізняються від аналогічних критеріїв оцінки приладів і методів використовуваних при проведенні будь-яких вимірювань, а техніко-економічні критерії включають в себе об'єднані матеріальні і трудові витрати, тривалість і періодичність діагностування.

Як показники системи діагностики в залежності розв'язуваної задачі використовують або найбільш інформативні параметри обладнання, що дозволяють визначити чи прогнозувати його технічний стан, або глибину пошуку місця відмови або несправності.

Вибрані діагностичні параметри повинні задовольняти вимогам повноти, інформативності та доступності їх вимірювання при найменших витратах часу і коштів.

При виборі діагностичних параметрів пріоритет віддається тим, які задовольняють вимогам визначення справжнього технічного стану даного обладнання в реальних умовах експлуатації. На практиці зазвичай використовують не один, а кілька параметрів одночасно.

При проектуванні діагностичних систем необхідно розробити алгоритм діагностування, що описує перелік порядок проведення елементарних перевірок обладнання, склад ознак (параметрів), що характеризують реакцію об'єкта на відповідне вплив, і правила аналізу і ухвалення рішення щодо отриманої інформації.

До складу діагностичної інформації можуть входити:

- паспортні дані обладнання;
- дані про його технічному стану на початковий момент експлуатації;
- дані про поточний технічний стан з результатами вимірів і обстежень;
- результати розрахунків, оцінок, за попередні прогнози і висновків;
- узагальнені дані по парку обладнання.

Ця інформація вводиться в базу даних системи діагностики і може передаватися для зберігання.

Засоби технічної діагностики повинні забезпечувати надійне вимірювання або контроль діагностичних параметрів конкретних умовах експлуатації обладнання.

Нагляд за засобами технічної діагностики зазвичай здійснюється метрологічною службою підприємства.

Залежно від складності і вивченості обладнання результати діагностики у вигляді висновків і рекомендацій можуть бути отримані або в автоматичному режимі, або після відповідної експертної оцінки даних, отриманих в результаті діагностики обладнання.

Технічне обслуговування та ремонт в цьому випадку зводяться до усунення пошкоджень і дефектів, зазначених у висновку за даними технічного діагностування або до знаходження місця відмови.

Про проведені роботи робляться відповідні записи в документації, яка ведеться на судні. Крім того, результати діагностики можуть заноситися до відповідних баз даних і передаватися іншим суб'єктам системи діагностики.

Структурно система технічної діагностики є інформаційно-вимірювальною системою і містить датчики параметрів, що контролюються, лінії зв'язку з блоком збору інформації, блок обробки інформації, блоки виводу та відтворення інформації, виконавчі пристрої, пристрої сполучення з іншими інформаційно-вимірювальними і керуючими системами (зокрема, з системою протиаварійної автоматики, сигнал в яку надходить при виході контрольованих параметрів за встановлені межі). Система технічної діагностики може проектуватися як самостійна, так і в якості підсистеми в рамках вже існуючої інформаційно-вимірювальної системи підприємства.

5.4 ПРИМІРНИЙ ПОРЯДОК ТЕХНІЧНОГО ДІАГНОСТУВАННЯ ЕЛЕКТРОУСТАНОВОК СПОЖИВАЧІВ

Виходячи з даної приблизної методики проведення технічного діагностування електроустановок споживачів складають окремо для основних видів електроустановок документ (ОСТ, СТП, регламент, і т. п.), до складу якого входять наступні розділи

5.4.1 Завдання технічного діагностування

- визначення виду технічного стану;
- пошук місця відмови або несправності;
- прогнозування технічного стану.

5.4.2 Умови технічного діагностування

- встановити показники і характеристики діагностування;
- забезпечити пристосованість електроустановки до технічного діагностування;
- розробити і здійснити діагностичне забезпечення.

5.4.3 Показники та характеристики технічного діагностування

5.4.3.1 Встановлюються такі показники діагностування:

- показники точності і достовірності діагностування;
- показники техніко-економічні.

Показники точності та достовірності діагностування наведені в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Показники точності і достовірності діагностування електроустановок

Задача діагностування	Результат діагностування	Показники достовірності і точності	
Визначення виду технічного стану	Висновок у виді: установка справна і (або) працездатна	Імовірність того, що в результаті діагностування електроустановка визнається справною (працездатною) при умові що вона несправна (непрацездатна)	
	Висновок у виді: установка несправна і (або) непрацездатна	Імовірність того, що в результаті діагностування електроустановка визнається несправною (непрацездатною) при умові що вона справна (працездатна)	
Пошук місця відмови або несправності	Найменування елемента (складальної одиниці) або групи елементів, що мають несправний стан і місце відмови або несправності	Імовірність того, що в результаті діагностування приймається рішення про відсутність відмови (несправності) в даному елементі (групі) при умові, що дана відмова має місце	
		Імовірність того, що в результаті діагностування приймається рішення про наявність відмови (несправності) в даному елементі (групі) при умові, що дана відмова відсутня	
Прогнозування технічного стану	Чисельне значення параметрів технічного стану на заданий період часу, у тому числі і на даний момент часу. Чисельне значення остаточного ресурсу (напрацювання).	Середньоквадратичне відхилення прогнозованого параметра. Середньоквадратичне відхилення прогнозованого залишкового ресурсу	
	Нижня границя імовірності безвідмовної роботи за параметрами безпеки на заданий період часу	Довірча імовірність	

Показники техніко-економічні включають:

- об'єднані матеріальні і трудові витрати;
- тривалість діагностування;
- періодичність діагностування.

5.4.3.2 Встановлюються такі характеристики діагностування:

- номенклатура параметрів електроустановки, що дозволяють визначити її технічний стан (при визначенні виду технічного стану електроустановки);
- глибина пошуку місця відмови або несправності, що визначається рівнем конструктивної складності складових частин або переліком елементів, з точністю до яких має бути визначено місце відмови або несправності (при пошуку місця відмови або несправності);
- номенклатура параметрів виробу, що дозволяють прогнозувати його технічний стан (при прогнозуванні технічного стану).

5.4.4 Характеристика номенклатури діагностичних параметрів.

- 5.4.4.1 Номенклатура діагностичних параметрів повинна задовольняти вимогам повноти, інформативності та доступності вимірювання при найменших витратах часу і вартості реалізації.
- 5.4.4.2 Діагностичні параметри можуть бути охарактеризовані приведенням даних по номінальним і допускаються значенням, точкам контролю і т. д.

5.4.5 Метод технічного діагностування.

- 5.4.5.1 Діагностична модель електроустановки. Електроустановка, що піддається діагностуванню, задається у вигляді табличній діагностичної карти (у векторній, графічній або іншій формі).
- 5.4.5.2 Правила визначення структурних (визначних) параметрів. Цей параметр безпосередньо і суттєво характеризує властивість електроустановки або його вузла. Можлива наявність кількох структурних параметрів. Пріоритет віддається тому (тим) параметру, який (які) задовольняє вимогам визначення справжнього технічного стану даної електроустановки (вузла) для заданих умов експлуатації.
- 5.4.5.3 Правила вимірювання діагностичних параметрів. Цей підрозділ включає основні вимоги вимірювання діагностичних параметрів і наявні відповідні специфічні вимоги.
- 5.4.5.4 Алгоритм діагностування та програмне забезпечення. А

- Алгоритм діагностування. Наводиться опис переліку елементарних перевірок об'єкта діагностування. Елементарна перевірка визначається робочим або тестовим впливом, що надходять або подаються на об'єкт, а також складом ознак (параметрів), що утворюють відповідь об'єкта на відповідний вплив. Конкретні значення ознак (параметрів), отриманих при діагностуванні, є результатами елементарних перевірок або значеннями відповіді об'єкта.
- Необхідність програмного забезпечення, розробки як конкретних діагностичних програмних продуктів, так і інших програмних продуктів для забезпечення функціонування в цілому системи технічного діагностування визначається споживачем.

5.4.5.5 Правила аналізу і прийняття рішення, по діагностичній інформації.

- Склад діагностичної інформації. а) паспортні дані електроустановки; б) дані про технічний стан електроустановки на початковий момент експлуатації; в) дані про поточний технічний стан з результатами вимірювань і обстежень; г) дані з результатами розрахунків, оцінок, попередніх прогнозів і висновків; д) узагальнені дані по електроустановки. Діагностична інформація вводиться в галузеву базу даних (при наявності такої) і в базу даних споживача у відповідному форматі і структурі зберігання інформації. Методичне і практичний посібник здійснює вищестояща організація і спеціалізована організація.
- У керівництві користувачеві описується послідовність і порядок аналізу отриманої діагностичної інформації, порівняння і зіставлення отриманих після вимірів і випробувань параметрів і ознак;

рекомендації та підходи при прийнятті рішення по використанню діагностичної інформації.

5.4.6 Засоби технічного діагностування.

5.4.6.1 Засоби технічного діагностування повинні забезпечувати визначення (вимірювання) або контроль діагностичних параметрів і режимів роботи електроустановки, зазначені в експлуатаційних документах або прийнятих на даному підприємстві в конкретних умовах експлуатації.

5.4.6.2 Засоби та апаратура, що застосовуються для контролю діагностичних параметрів, повинні дозволяти надійно визначати вимірювані параметри. Нагляд над засобами технічного діагностування повинні вести метрологічні служби відповідних рівнів функціонування системи технічного діагностування та здійснювати його згідно положенню про метрологічну службу. Перелік засобів, приладів і апаратів, необхідних для технічного діагностування, встановлюється відповідно до типу електроустановки, що діагностується.

5.4.7 Правила технічного діагностування.

5.4.7.1 Послідовність виконання операцій діагностування. Описується послідовність виконання відповідних вимірювань, експертних оцінок по всьому комплексу діагностичних параметрів і характеристик, встановлених для даної електроустановки представлених в діагностичній карті. Зміст діагностичної карти визначається типом електроустановки.

5.4.7.2 Технічні вимоги щодо виконання операцій діагностування. При виконанні операцій діагностування необхідне дотримання всіх вимог і вказівок ПУЕ, цих Правил, Міжгалузевих правил з охорони праці (правил безпеки) при експлуатації електроустановок, інших галузевих документів, а також ДСТів з діагностування та надійності. Конкретні посилання повинні бути зроблені в робочих документах.

5.4.7.3 Вказівки по режиму роботи електроустановки при діагностуванні. Вказується режим роботи електроустановки в процесі діагностування. Процес діагностування може проходити під час функціонування електроустановки і тоді це - функціональне технічне діагностування. Можливо діагностування в режимі зупинки. Можливе діагностування при форсованому режимі роботи електроустановки.

5.4.7.4 Вимоги до безпеки процесів діагностування та інші вимоги відповідно до специфіки експлуатації електроустановки. Вказуються загальні і ті основні вимоги техніки безпеки при діагностуванні, які стосуються тієї чи іншої електроустановки; при цьому повинні бути конкретно перераховані розділи і пункти відповідних правил і директивних матеріалів. Згадується про необхідність наявності у організації, яка виконує роботи з діагностування, відповідних дозволів. Перед початком робіт з діагностування працівники, в ній беруть участь, повинні отримати наряд-допуск на виконання робіт. В даному розділі повинні бути сформульовані вимоги техніки (безпеки при функціональному діагностуванні і діагностування? Ванні при форсованому режимі роботи електроустановки. Повинні бути вказані і наявні у даного Споживача для конкретних умов експлуатації даної електроустановки специфічні вимоги.

5.4.8 Обробка результатів технічного діагностування.

- 5.4.8.1 Вказівки по реєстрації результатів діагностування. Вказується порядок реєстрації результатів діагностування, вимірювань і випробувань, наводяться форми протоколів і актів.
- 5.4.8.2 Вказівки та рекомендації по видачі висновку. Даються вказівки і рекомендації по обробці результатів обстежень, вимірювань і випробувань, аналізу і зіставлення отриманих результатів з попередніми, і видачі висновку, діагнозу. Даються рекомендації з проведення ремонтно-відновлювальних робіт.

Питання до розділу 5

1. Що таке технічне діагностування та технічна діагностика, діагностичні параметри, спосіб діагностики?
2. У чому складається різниця між профілактичними, диференціальними, функціональними, прогнозуючими системами діагностики?
3. Які способи аналізу технічного стану вам відомі?

6 ПРИЛАДИ, ЩО ВИКОРИСТОВУЮТЬСЯ ПРИ ТЕХНІЧНІЙ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ

При виконанні електромонтажних робіт часто виникає необхідність вимірювання електричних величин, знаходження фазного проводу, продзвонювання електричних кіл і т.д. До найбільш поширених контрольно-вимірювальних приладів відносяться індикатори фазного проводу, мультиметри, електричні кліщі та ін. (рисунок 6.1).



Рисунок 6.1 - Контрольно-вимірювальні прилади

6.1 ПОКАЖЧИКИ НИЗЬКОЇ НАПРУГИ

Показчики низької напруги (ПНН) - переносні прилади, призначені для перевірки наявності або відсутності напруги на струмопровідних частинах. Така перевірка необхідна, наприклад, при роботі безпосередньо на відключених струмопровідних частинах, при контролі справності електроустановок, знаходженні пошкоджень в електроустановці, перевірці електричної схеми і т.п.

Також ПНН використовують для перевірки збігу фаз, тобто фазування низьковольтного обладнання.

У всіх цих випадках потрібно встановити лише наявність або відсутність напруги, але не його значення, яке, як правило, відомо.

Все показчики мають світловий сигнал, загоряння якого свідчить про наявність напруги на перевіряється частини або між перевіряються частинами. Показчики бувають для електроустановок до 1000 В і вище.

6.1.1 Конструкції показчиків

Показчики, призначені для електроустановок до 1000 В, діляться на двополюсні і однополюсні.

Однополюсний показчик низької напруги у вигляді індикаторної викрутки (рисунок 6.2) застосовується в електроустановках тільки змінного струму напругою від 100 до 500 В і частотою 50 Гц. Принцип дії такого показчика заснований на протіканні ємнісного струму.



Рисунок 6.2 – Однополюсний показчик низької напруги

Після виникнення розряду струм в колі лампи поступово збільшується, тобто опір лампи як би зменшується, що врешті-решт призводить до виходу лампи з ладу. Для обмеження струму до нормального значення послідовно з лампою включається резистор.

Однополюсні показчики вимагають дотику лише до однієї - випробуваної струмоведучих частини. Зв'язок з землею забезпечується через тіло людини, який пальцем руки створює контакт з колом показчика. При цьому струм не перевищує 0,3 мА.

Виготовляються однополюсні показчики зазвичай у вигляді автоматичної ручки, в корпусі якої, виконаному з ізоляційного матеріалу і має оглядовий отвір, розміщені сигнальна лампочка і резистор; на нижньому кінці корпусу укріплений металевий щуп, а на верхньому - плоский металевий контакт, якого пальцем стосується оператор.

Однополюсний показчик може застосовуватися тільки в установках змінного струму, оскільки при постійному струмі його лампочка не горить і при наявності напруги. Його рекомендується застосовувати при перевірці схем вторинної комутації, визначенні фазного проводу в електролічильника, лампових патронах, вимикачах, запобіжниках тощо.

При користуванні показчиками напруги до 1000 В можна обходитися без захисних засобів.

Індикатор фазної напруги - це викрутка, всередину якої вбудовані неонові лампочки і опір. Застосовується для перевірки наявності напруги на фазному проводі в межах 150-250 В. Якщо жалом такої викрутки-індикатора доторкнутися до оголених струмоведучих елементу, а пальцем - до металевого елементу на рукоятці, то при наявності напруги загориться неонові лампочка (рисунок 6.2).

Двополюсний показчик низької напруги (УНН-10К) має більш широке застосування (рисунок 6.3). Його можна використовувати в електроустановках, як змінного струму напругою від 110 до 500 В і частотою 50 Гц, так і постійного струму напругою від 110 до 500 В.

Двополюсні показчики можуть застосовуватися в установках як змінного, так і постійного струму. Однак при змінному струмі металеві частини показчика - цоколь лампи, провід, щуп можуть створити ємність щодо землі або інших фаз електроустановки, достатню для того, щоб при торканні до фази лише одного щупа показчик з неоновим лампочкою світився. Щоб виключити це явище, схему доповнюють резистором, який шунтує неонову лампочку і володіє опором, рівним додатковому резистору.

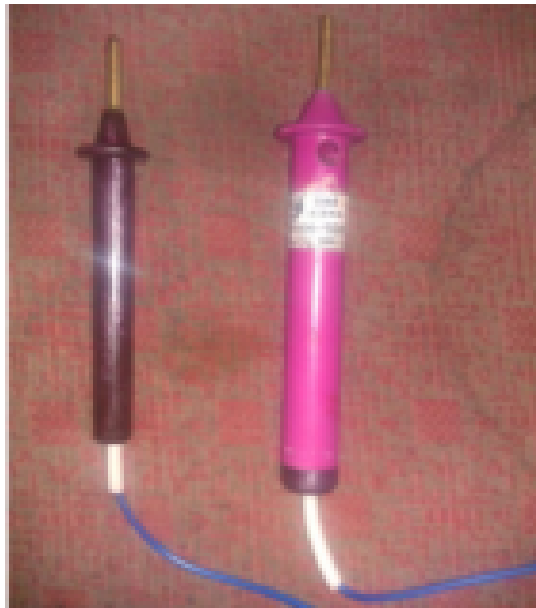


Рисунок 6.3 – Двополюсний показчик низької напруги УНН-10К

Його принцип дії оснований на світінні газорозрядної лампи при протіканні через неї активного струму.

Часто використовується двополюсний показчик низької напруги (ПИН-90М), принцип дії і конструкція якого (рисунок 6.4) аналогічні УНН-10К.

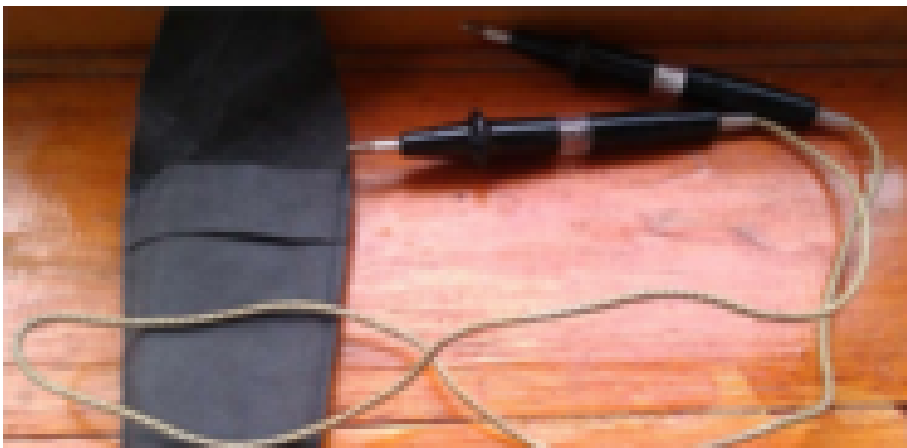


Рисунок 6.4 – Двополюсний показчик низької напруги ПИН-90М

Двополюсний показчик низької напруги складається з двох корпусів. Корпуси виготовляються з електроізоляційних матеріалів і утримують елементи, які реагують на наявність напруги в колі, що перевіряється, у вигляді звукової або світлової індикації (рисунк 6.5).

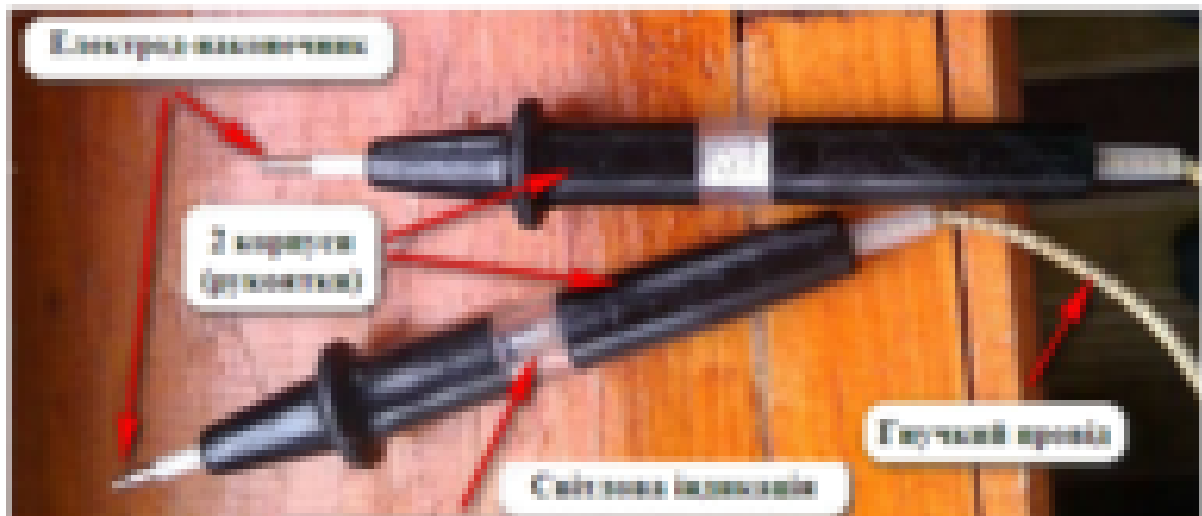


Рисунок 6.5 – Конструкція двополюсного показчика низької напруги

Два корпуси з'єднуються між собою гнучким проводом довжиною не менше 1 м. Розміри корпусу двополюсного показчика не нормуються. На кожному корпусі двополюсного показчика напруги кріпиться електрод-наконечник, довжина неізолюваної частини якого не повинна бути більше 0,7 см.

Однополюсний показчик напруги складається, на різницю від двополюсного, з одного корпусу. Аналогічно корпус повинен бути виконаний з матеріалів, що володіють електроізоляційними властивостями.

В корпусі встановлені наступні елементи:

- Електрод-наконечник
- Електрод для контакту пальцем
- Світлова і (або) звукова індикація. (рисунк 6.6)

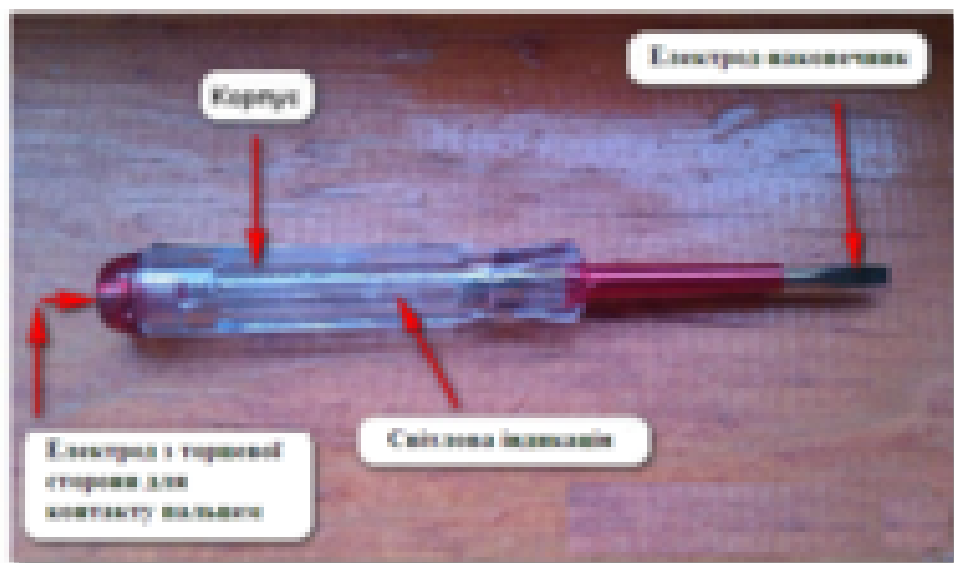


Рисунок 6.6 – Конструкція однополюсного показчика

6.1.2. Іспити показчиків низької напруги

ПНН в процесі експлуатації повинні періодично проходити наступні електричні іспити:

- Іспити ізоляції рукояток корпусів і проводів
- Іспити підвищеною напругою
- Визначення напруги індикації
- Вимірювання струму, що протікає через ПНН при найбільшій робочій напрузі.

Іспити ізоляції рукояток корпусів і проводів показчиків низької напруги проводяться 1 раз на рік за наступною принциповою схемою (рисунок 6.7).

Обидва корпуси (рукоятки) двополюсного показчика низької напруги загортають у фольгу. Провід телефонної лінії опускають в ванну з водою, де температура води повинна знаходитися в межах 10 - 40 ° С. Необхідно витримати відстань 0,8 - 1,2 см між водою і корпусами показчика.

Перший вивід від випробувального трансформатора з'єднуємо до електродів-наконечників. Другий (заземлений) вивід необхідно опустити в ванну з водою і з'єднати з фольгою.

Аналогічно, проводять випробування ізоляції корпусу (рукоятки) і у однополюсних показчиків низької напруги. Корпус загортають у фольгу по всій довжині. Необхідно витримати відстань 1 см між фольгою і електродом, що знаходяться на торцевій частині показчика. Один вивід випробувального пристрою з'єднуємо до електрода-наконечника. Інший (заземлений) вивід - до фольги.

Для ПНН з робочою напругою до 500 В випробувальну напругу 1000 В подається протягом 1 хвилини.

Для ПНН з робочою напругою до 1000 В випробувальна напруга 2000 В подається протягом 1 хвилини.

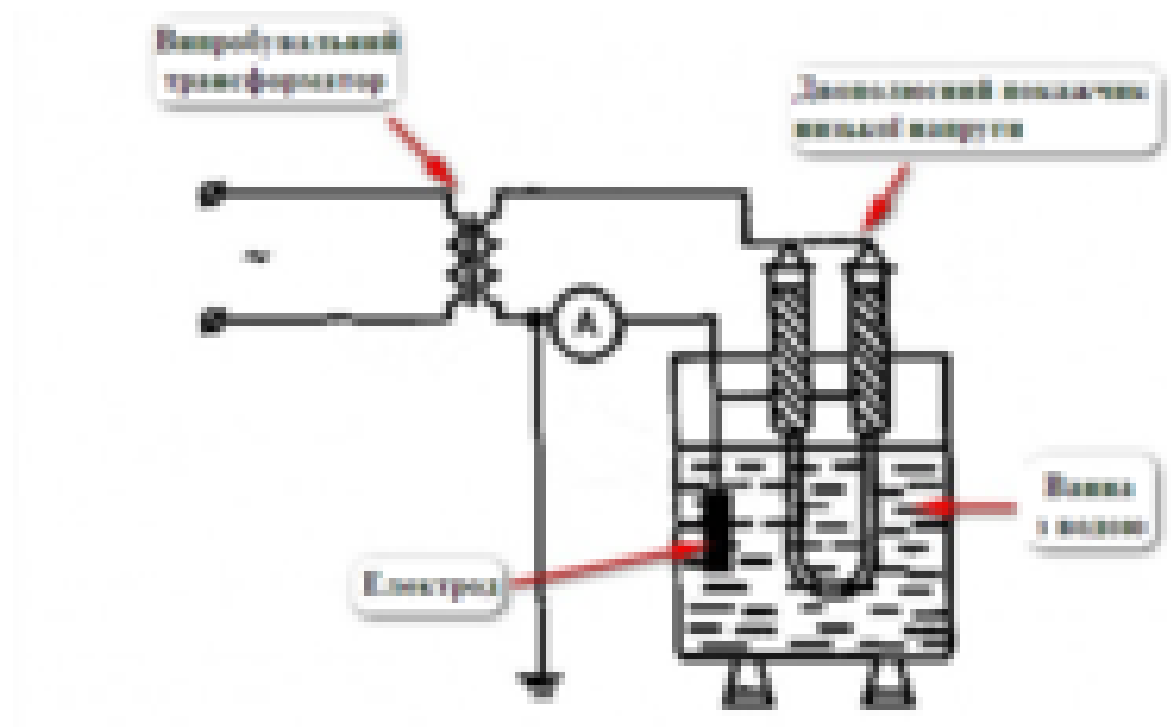


Рисунок 6.7 – Принципова схема іспиту ізоляції показчиків напруги

Випробування показчиків низької напруги підвищеною напругою проводиться наступним чином.

Випробувальна напруга величиною 1,1 від найбільшої робочої напруги НН прикладається між електродами-наконечниками у двополюсних показчиків, або між електродом-наконечником і торцевою частиною у однополюсних показчиків протягом 1 хвилини.

Визначення напруги індикації

Напруга від випробувального пристрою плавно підвищують, при цьому фіксуючи напругу індикації показчика напруги (ПНН).

Показчики низької напруги повинні мати напругу індикації не більше 50 В.

Вимірювання струму, що проходить через ПНН при найбільшій робочій напрузі

Напруга від випробувального пристрою плавно підвищують до найбільшої робочої напруги 1000 (В), при цьому фіксують величину струму, що протікає через ПНН.

У двополюсних показчиків напруги величина струму не повинна перевищувати 10 (мА).

У однополюсних показчиків напруги величина струму не повинна перевищувати 0,6 (мА).

6.1.3 Користування показчиком напруги

Перед застосуванням та використанням показчика низької напруги, необхідно переконатися в його справному стані, шляхом дотику до струмоведучих частин електроустановки, що знаходяться свідомо під напругою. Також необхідно перевірити наявність штампів про проведення випробувань ПНН.

Перевірка відсутності напруги показчиком низької напруги виробляється на струмопровідних частинах шляхом безпосереднього контакту. Час контакту повинно бути не менше 5 секунд.

Двополюсні показчики вимагають дотику до двох частин електроустановки, між якими необхідно визначити наявність або відсутність напруги. Принцип їх дії - світіння неонові лампочки або лампи розжарювання (потужністю не більше 10 Вт) при протіканні через неї струму, обумовленого різницею потенціалів між двома частинами електричної установки, до яких торкається показчик. Споживаючи малий струм - від доль до декількох міліампер, лампа забезпечує стійкий і чіткий світловий сигнал, випромінюючи оранжево-червоне світло (рисунок 6.8).

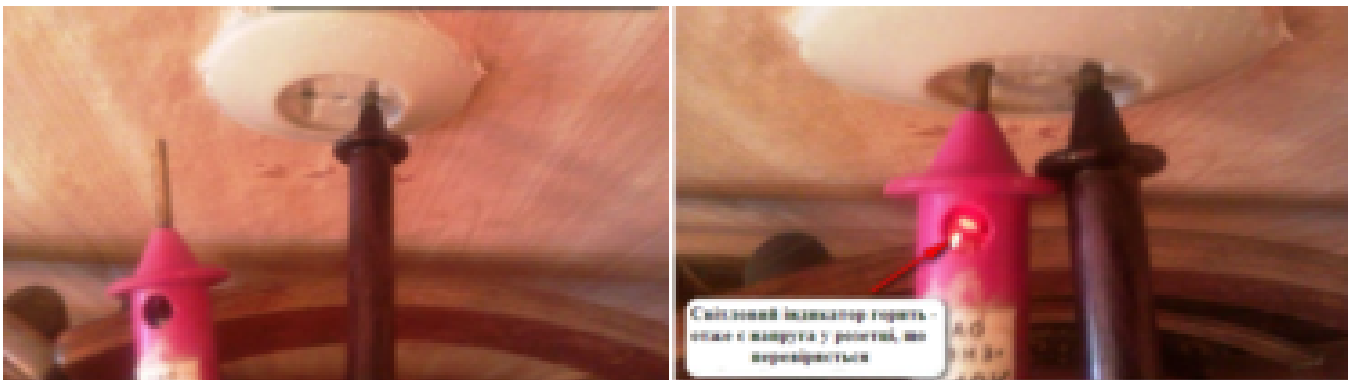


Рисунок 6.8 – Використання двополюсного показчика напруги

При використанні однополюсного ПНН застосування діелектричних рукавичок не дозволяється, бо необхідно забезпечити контакт між електродами на торцевій частині корпусу і пальцем людини (рисунок 6.9).

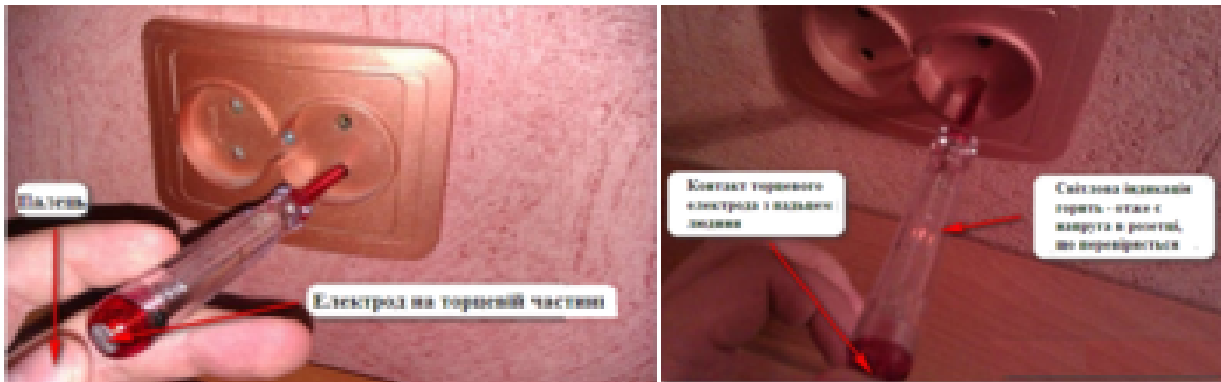


Рисунок 6.9 – Використання однополюсного показчика низької напруги

6.2 ПОКАЖЧИКИ ВИСОКОЇ НАПРУГИ

Показчики високої напруги (ПВН) застосовуються для перевірки наявності або відсутності високої напруги в розподільчому пристрої на тих струмоведучих частинах, де будуть проводитися роботи. А також ПВН використовують для перевірки збігу фаз, тобто фазування високовольтного електроустаткування.

6.2.1 Конструкція показчика високої напруги

Показчик високої напруги ПВН-10 і ПВНУ-10 складається з наступних основних частин (рисунок 6.10):

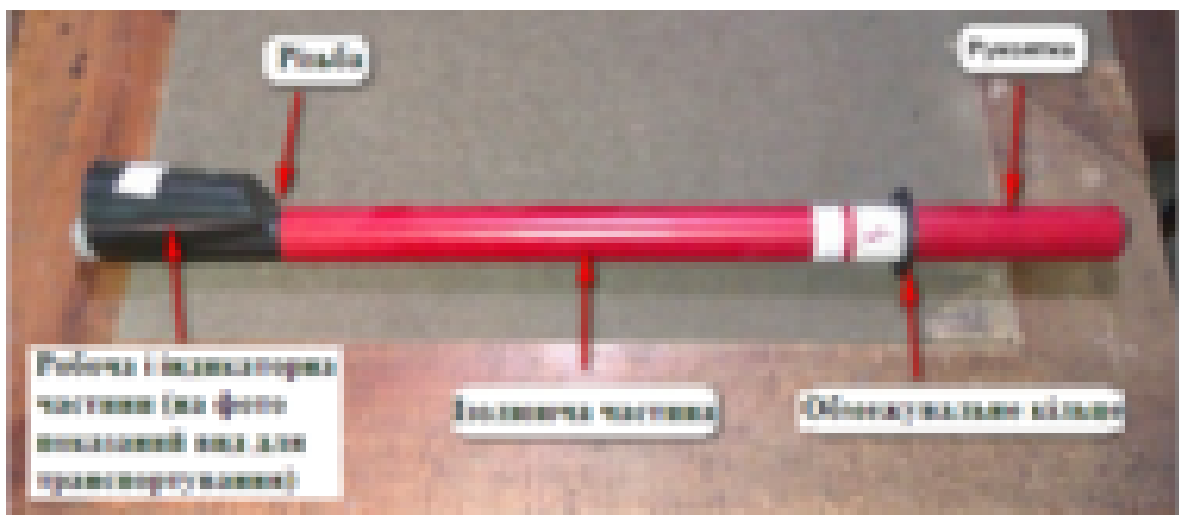


Рисунок 6.10 – Конструкція показчика високої напруги ПВНУ-10

- робоча частина
- індикаторна частина (газорозрядна або світлодіодна лампа, проріз-вікно для лампи або затінювач)
- ізолююча частина
- рукоятка з обмежувальним кільцем

Робоча частина складається з елементів, які реагують на присутність напруги в контрольованому колі. Корпус робочої частини виконується з електроізоляційного матеріалу з поліпшеними діелектричними властивостями.

Показчики можуть бути:

- контактного типу (ПВН-10)
- безконтактного типу
- комбінованого типу (ПВНУ-10)

У першому випадку в робочій частині ПВН є електрод-наконечник (щуп) для прямого контакту з струмоведучих частиною. У другому випадку - електрод-наконечник відсутній.

Робоча і індикаторна частини кріпляться до ізолюючої частини за допомогою різьблення. На фото вище показаний ПВНУ-10 транспортувального виду.

Щоб його привести в робочий вигляд необхідно викрутити різьблення, перевернути робочу і індикаторну частини і закриття навпаки. Що з цього вийде - дивіться картинку нижче.



Рисунок 6.11 – Конструкція показника високої напруги в робочому стані

Індикаторна частина показників високої напруги складається з елементів світлової або світлозвукової індикації.

Світлова індикація виконується за допомогою:

- газорозрядних ламп
- світлодіодних ламп (новіші конструкції ПВНУ-10)

Ізолююча частина показників напруги понад 1000 (В) виконується з електроізоляційного матеріалу, відразливих вологу, з поліпшеними діелектричними і механічними властивостями. Її поверхня повинна бути гладкою.

На ізолюючій частини показників високої напруги мають бути відсутні різні тріщини, подряпини, розшарування і інші дефекти.

Заборонено в якості ізолюючої частини використовувати паперово-бакелітові трубки.

Рукоятка ПВН може входити до складу ізолюючої частини, а може бути і окремою ланкою. Все залежить від типу і конструкції застосовуваного показчика напруги.

Існують норми по мінімальній довжині рукояток і ізолюючих частин показчиків високої напруги в залежності від класу напруги. Всі дані наведені в таблиці 6.1

Таблиця 6.1 - Мінімальні розміри ізолюючих частин і рукояток показчиків напруги вище 1000 В

Номінальна напруга електроустановки, кВ	Довжина, мм	
	Ізолюючої частини	Рукоятки
Від 1 до 10	230	110
Вище 10 до 20	320	110
35	510	120
110	1400	600
Вище 110 до 220	2500	800

Напруга індикації ПВН повинна бути не більше 25% від номінальної напруги мережі.

6.2.2 Випробування показчиків високої напруги

Всі ПВН в процесі експлуатації повинні періодично проходити електричні випробування.

Випробуванням підвищеною напругою підлягає ізолювальна частина, а також перевіряється напруга індикації.

Робочу частину УВН відчують тільки на вимогу керівництва по експлуатації.

Якщо ж за характером роботи з ПВН робоча частина може стати причиною замикання фази на землю або двох фаз між собою, то в цьому випадку необхідно проводити електричні випробування робочої частини ПВН.

Випробування ізолюючої частини показчиків напруги понад 1000 (В) проводиться наступним чином (рисунок 6.12).

Випробувальна напруга від випробувального трансформатора прикладають на місце з'єднання її з робочою частиною (різьблення або роз'єм) і на тимчасовий електрод, який попередньо встановлюється біля обмежувального кільця рукоятки.

Наприклад, для показчиків напруги:

- до 10 (кВ) випробувальна напруга становить 40 (кВ)
- від 10 - 20 (кВ) випробувальна напруга становить 60 (кВ)
- від 20 - 35 (кВ) випробувальна напруга становить 105 (кВ)
- 110 (кВ) випробувальна напруга становить 190 (кВ)
- від 110 - 220 (кВ) випробувальна напруга становить 380 (кВ)

У всіх випадках тривалість випробування показчиків напруги становить 5 хвилин.

Струм, що проходить через виріб не нормується. Періодичність випробувань ПВН - 1 раз в рік.



Рисунок 6.12 – Випробування ізолюючої частини ПВН

Перевірка напруги індикації ПВН з газорозрядної лампою проводиться наступним чином.

Випробувальна напруга прикладають на електрод-наконечник (якщо такий є, про це читай вище) і на місце з'єднання робочої частини з ізолюючої частиною (різьблення або роз'єм). Випробувальна напруга плавно піднімають до позначки, що відповідає 25% від номінальної напруги мережі.

Перевірка напруги індикації ПВН зі світлодіодною лампою трохи відрізняється від попередньої перевірки. Різниця полягає в тому, що напруга від випробувального трансформатора прикладається тільки на електрод-наконечник. Встановлювати допоміжний електрод і заземлювати його в цьому випадку немає необхідності.

6.2.3 Правила користування показчиком високої напруги

Перед застосуванням показчика високої напруги потрібно перевірити його стан - справний він чи ні, а також наявність штампа про проходження випробування (рисунок 6.13).



Рисунок 6.13 – Перевірка штампу випробування ПВН

Справний стан ПВН можна перевірити шляхом короткочасного дотику їм до струмоведучих частин, що знаходяться під напругою.

Як перевірити відсутність напруги?

Перевірка відсутності напруги показчиком високої напруги виробляється в контрольованому колі на струмопровідних частинах шляхом безпосереднього контакту. Час контакту повинен бути не менше 5 секунд.

Користуватися показчиком напруги понад 1000 (В) слід тільки в діелектричних рукавичках (рисунок 6.14).

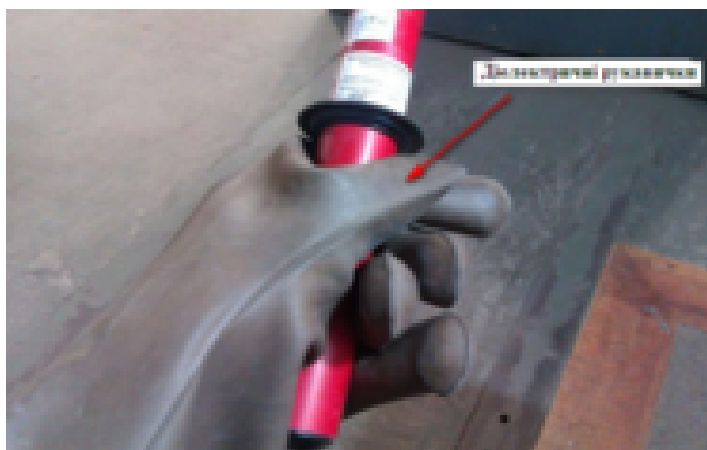


Рисунок 6.14 – Використання діелектричних рукавичок при вимірах

Показчики напруги (ПВН) реагують на ємнісний струм. При внесенні показчика високої напруги в електричне поле, яке створюється від струмоведучих частин, що знаходяться під напругою, ємнісний струм проходить через ПВН по колу: струмоведучих частин - щуп - газорозрядна лампа (світлодіодна лампа) - конденсатор, вбудований в трубку - провідність ізолюючої частини - провідність людини - земля.

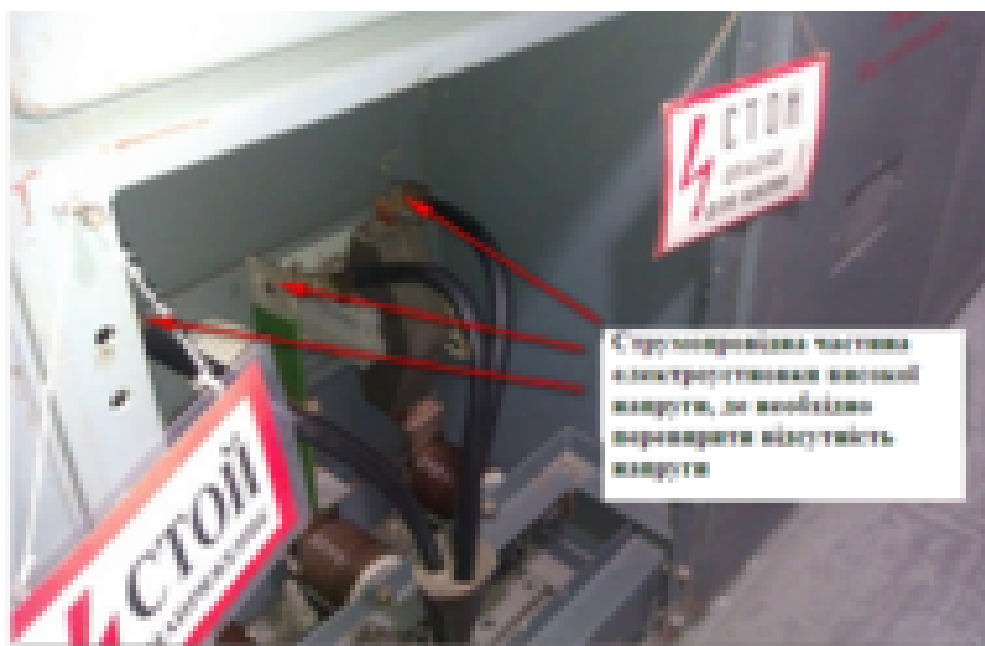


Рисунок 6.15 – Проведення вимірювань за допомогою ПВН

Правила техніки безпеки забороняють застосовувати замість покажчика напруги так звану контрольну лампу - лампу розжарювання, укручену в патрон, заряджений двома короткими проводами. Ця заборона викликана тим, що при випадковому включенні лампи на напругу більше, ніж вона розрахована, або при ударі об твердий предмет можливий вибух її колби і, як наслідок, поранення оператора.

Покажчик напруги дозволяє отримати більш повну інформацію про наявність чи відсутність напруги, що, безсумнівно, дуже важливо в роботі електриків. Він складається з двох щупів, з'єднаних дротом. В один з них вбудований прилад, який може показувати не тільки наявність напруги, а й його значення. Як індикації в таких пристроях використовуються неонові лампочки, світлодіоди різних кольорів, ігрові табло. Також існують і комбіновані покажчики, де поряд зі світловою індикацією присутня і звукова, що робить роботу з приладами більш комфортним і безпечним.

6.3 ЕЛЕКТРОВИМІРЮВАЛЬНІ КЛІЩІ

Електровимірювальні кліщі призначені для вимірювання електричних величин - струму, напруги, потужності, фазового кута та ін. - без розриву кола струму і без порушення її роботи.

Відповідно вимірюваним величинам існують кліщів амперметри, ампервольтметри, ватметри і фазометри.

Найбільшого поширення набули кліщові амперметри змінного струму, які зазвичай називають струмовимірювальні кліщі (рисунок 6.16).

Вони служать для швидкого вимірювання струму в провіднику без розриву і без виведення його з роботи. Електровимірювальні кліщі застосовуються в установках до 10 кВ включно.



Рисунок 6.16 – Зовнішній вигляд струмовимірювальних кліщів

Найпростіші струмові кліщі змінного струму працюють на принципі одновиткового трансформатора струму, первинною обмоткою якого є шина або провід з вимірюваним струмом, а вторинна багатовиткова обмотка, до якої підключений амперметр, намотана на роз'ємний магнітопровід (рисунок 6,17, а).

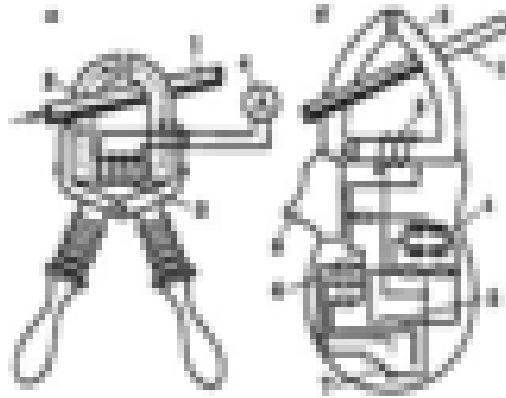


Рисунок 6.17 – Схеми струмовимірювальних кліщів змінного струму:

- а - схема найпростіших кліщів з використанням принципу одновиткового трансформатора струму, б - схема, що поєднує одновиткового трансформатор струму з випрямним пристроєм, 1 - провідник з вимірюваним струмом, 2 - роз'ємний магнітопровід, 3 - вторинна обмотка, 4 - випрямний місток, 5 - рамка вимірювального приладу, 6 - шунтувальний резистор, 7 - перемикач меж вимірювань, 8 – важіль

Для охоплення шини магнітопровід розкривається подібно до звичайних кліщів при впливі оператора на ізолюючі рукоятки або важелі кліщів.

Змінний струм, проходячи по струмоведучих частини, охопленої магнітопроводом, створює в ньому змінний магнітний потік, який індукуює електрорушійну силу (ЕРС) у вторинній обмотці кліщів. У замкнутій вторинній обмотці ЕРС створюється струм, який вимірюється амперметром, укріпленим на кліщах.

У сучасних конструкціях струмовимірювальних кліщів застосовується схема, що поєднує трансформатор струму з випрямним приладом. В цьому випадку виводи вторинної обмотки приєднуються до електровимірювальних приладів безпосередньо, а через набір шунтів (рисунок 6.17, б).

Електровимірювальні кліщі бувають двох типів: одnorучні для установок до 1000 В і дворучні для установок від 2 до 10 кВ включно.

Електровимірювальні кліщі мають три основні частини:

- робочу, що включає магнітопровід, обмотки і вимірювальний прилад,
- ізолюючу - від робочої частини до упору,
- рукоятку - від упору до кінця кліщів.

У одnorучних кліщів ізолювальна частина служить одночасно рукою. Розкриття магнітопроводу здійснюється за допомогою натискного важеля. Електровимірювальні кліщі для установок 2 - 10 кВ мають довжину ізолюючої частини не менше 38 см, а рукояток - не менше 13 см. Розміри кліщів до 1000 В не нормуються.

Правила користування кліщами. Електровимірювальні кліщі можуть застосовуватися в закритих електроустановках, а також у відкритих в суху погоду. Вимірювання кліщами допускається проводити як на частинах, покритих ізоляцією (провід, кабель, трубчастий патрон запобіжника тощо), так і на голих частинах (шини та ін.).

Людина, що виробляє вимір, повинен користуватися діелектричними рукавичками та стояти на ізолюючій основі. Друга людина повинна стояти позаду і трохи збоку оператора і читати показання приладів електровимірювальних клещів.

Електровимірювальні клещі типу Ц20 (рисунок 6.18) з розсувним магнітопроводом і випрямлячем та приладом відносяться до вимірювальних трансформаторів струму. Ці клещі дозволяють при охопленні магнітопроводом провідника зі змінним струмом частоти 50 Гц вимірювати струм в межах від 0 до 600 А. Тут первинною обмоткою є сам провідник з струмом, збудливим в замкнутому феромагнітному магнітопроводі змінний магнітний потік, який наводить у вторинній обмотці ЕРС, де включений електровимірювальний прилад.



Рисунок 6.18 – Електровимірювальні клещі типу Ц20

Струм, вимірюваний приладом, прямо пропорційний струму в охопленому клещами провіднику і відраховується за шкалою з поділками від 0 до 15, якщо перемикач важеля клещів знаходиться в положенні 15, 30 або 75 А, або по нижній шкалі з поділками від 0 до 300, коли цей перемикач знаходиться в положенні 300 (300 А).

Електровимірювальні клещі типу Ц20 дозволяють також вимірювати змінну напругу до 600 В частоти 50 Гц, для чого їх затискачі приєднують провідниками до тих точках електричного кола, між якими вимірюється напруга, а важільний перемикач ставиться в положення 600 В, при якому вторинна обмотка трансформатора струму замикається закоротко.

Електровимірювальні клещі типу Д90 з розсувним феромагнітним магнітопроводом і феродинамічним приладом дають можливість вимірювати активну потужність без розриву кола струму шляхом охоплення ними провідника зі струмом і приєднання приладу двома провідниками зі штепсельними вилками до напруги мережі.

Клещі призначаються для вимірювання при двох номінальних напругах - 220 і 380 В частоти 50 Гц і відповідно трьох номінальних значеннях струмів - 150, 300, 400 А або 150, 300, 500 А, що дасть при номінальному коефіцієнті потужності $\cos\varphi = 0,8$ відповідні номінальні межі вимірювання активної потужності: 25, 50, 75 кВт і 50, 100, 150 кВт.

Відлік в межах вимірювань 25, 50, 100 кВт виробляються по верхній шкалі 0 - 50, а з межах 75, 150 кВт - з нижньої шкалі 0 - 150. Перемикання напруги здійснюється штепсельними вилками, з яких одна вставляється в генераторне гніздо з маркуванням «*»: а інша - в гніздо з відміткою 220 або 380 В.

Перемикання меж вимірювання по струму здійснюється важільним перемикачем, який встановлюють в одне з шести положень, що відповідають величинам номінальної напруги мережі і номінальному значенню вимірюваної активної потужності.

Електровимірювальними кліщами типу Д90 можна вимірювати активну потужність в трифазних колах, для чого необхідно магнітопроводом охопити лінійний провід, а обмотку напруги підключити на відповідне лінійне або фазна напруга.

При симетричному режимі досить виміряти потужність однієї фази і результат вимірювання помножити на три, а при несиметричному режимі виконати почергове вимір відповідних потужностей відповідно до схем двох або трьох приладів і отримані результати алгебраїчно скласти.

Похибка вимірювання при користуванні електровимірювальними кліщами типів Ц20 і Д90 не перевищує 4% даного межі вимірювання при будь-якому положенні самих кліщів, так і провідника у вікні магнітопроводу.

6.4 МУЛЬТИМЕТРИ

Мультиметр , авометр (від ампервольтметр) - комбінований електровимірювальні прилади, що поєднує в собі кілька функцій.

У мінімальному наборі включає функції вольтметра, амперметра і омметра.

Іноді виконується мультиметр в вигляді струмовимірювальних кліщів.

Існують цифрові і аналогові мультиметри.

Мультиметр може бути як легким переносним пристроєм, що використовується для базових вимірів і пошуку несправностей, так і складним стаціонарним приладом з безліччю можливостей.

6.4.1 Аналогові мультиметри

Аналоговий мультиметр (рисунок 6.19) складається з стрілочного магнітоелектричного вимірювального приладу (мікроамперметра), набору додаткових резисторів для вимірювання напруги і набору шунтів для вимірювання струму.

У режимі вимірювання змінних напруг і струмів мікроамперметр підключається до резисторів через випрямні діоди. Вимірювання опору проводиться з використанням вбудованого джерела живлення, а вимір опорів більш 1..10 МОм - від зовнішнього джерела.



Рисунок 6.19 – Аналоговий мультиметр

Особливості та недоліки

- Недостатньо високий вхідний опір в режимі вольтметра. Технічні характеристики аналогового мультиметру багато в чому визначаються чутливістю магнітоелектричного вимірювального приладу. Чим вище чутливість (менше струм повного відхилення) мікроамперметра, тим більше високоомні додаткові резистори і більш низькоомні шунти можна застосувати. А значить, вхідний опір приладу в режимі вимірювання напруги буде більш високим, падіння напруги в режимі вимірювання струмів буде нижчим, що зменшує вплив приладу на вимірюване електричне коло. Проте, навіть при використанні у мультиметрі мікроамперметра з струмом повного відхилення 50 мкА, вхідний опір мультиметра в режимі вольтметра становить всього 20 кОм / В. Це призводить до великих погрешностей вимірювання напруги в високоомних колах (результати виходять заниженими), наприклад при вимірі напруг на виводах транзисторів і мікросхем, і малопотужних джерел високої напруги.
- У свою чергу, мультиметр з недостатньо низькоомними шунтами вносить велику похибку вимірювання струму в низьковольтних колах.
- Нелінійна шкала в деяких режимах. Аналогові мультиметри мають нелінійну шкалу в режимі вимірювання опорів. Крім того, вона є зворотною (нульового значення опору відповідає крайнє праве положення стрілки приладу). Перед початком вимірювання опору необхідно виконати установку нуля спеціальним регулятором на передній панелі при замкнутих вхідних клеммах приладу, так як точність вимірювання опору залежить від напруги внутрішнього джерела живлення.
- Шкала на малих межах вимірювання змінної напруги та струму також може бути нелінійною.
- Потрібно правильна полярність підключення. Аналогові вимірювальні пристрої, на відміну від цифрових, не мають автоматичного визначення полярності напруги, що обмежує зручність їх використання і область застосування: вони вимагають правильної полярності підключення в режимі вимірювання постійної напруги / струмів, і практично непридатні для вимірювання знакозмінних напруг / струмів.

Основні режими вимірювань

- ACV (англ. Alternating current voltage - напруга змінного струму) - вимір змінної напруги.
- DCV (англ. Direct current voltage - напруга постійного струму) - вимір постійної напруги.
- DCA (англ. Direct current amperage - сила постійного струму) - вимір постійного струму.
- Ω - вимірювання електричного опору.

6.4.3 Цифрові мультиметри

Найбільш прості цифрові мультиметри (рисунок 6.20) мають портативне виконання. Їх розрядність 2,5 цифрових розряду (точність зазвичай близько 10%).



Рисунок 6.20 – Цифровий мультиметр

Найбільш поширені прилади з розрядністю 3,5 (точність зазвичай близько 1,0%). Випускаються також трохи дорожчі прилади з розрядністю 4,5 (точність зазвичай близько 0,1%) і суттєво дорожчі прилади з розрядністю 5 розрядів і вище (так, прецизійний мультиметр 3458A виробництва Keysight Technologies (до 3 листопада 2014 р Agilent Technologies) має 8,5 розрядів). Серед таких мультиметрів зустрічаються як портативні пристрої, що живляться від гальванічних елементів, так і стаціонарні прилади, що працюють від мережі змінного струму. Точність мультиметрів з розрядністю більше 5 сильно залежить від діапазону вимірювання і виду вимірюваної величини, тому обмовляється окремо для кожного піддіапазону. У загальному випадку точність таких приладів може перевищувати 0,01% (навіть у портативних моделях).

Багато цифрові вольтметри (наприклад В7-22А, В7-40, В7-78 / 1 і т. д.) по суті також є мультиметр, оскільки здатні вимірювати крім напруги постійного і змінного струму також опір, силу постійного і змінного струму, а у ряду моделей також передбачено вимір ємності, частоти, періоду і т. д.).

6.4.4 Скопметр

Також до різновиду мультиметрів можна віднести скопметри (рисунок 6.21) (осцилографи-мультиметри), що поєднують в одному корпусі цифровий (зазвичай двоканальний) осцилограф і досить точний мультиметр.

Типові представники скопметрів - АКИП-4113, АКИП-4125, ручні осцилографи серії U1600 фірми Keysight Technologies і т. д.).



Рисунок 6.21 – Скопметр

Розрядність цифрового вимірювального приладу, наприклад, «3,5» означає, що дисплей приладу показує 3 повноцінних розряду, з діапазоном від 0 до 9, і 1 розряд - з обмеженим діапазоном. Так, прилад типу «3,5 розряду» може, наприклад, давати показання в межах від 0,000 до 1,999, при виході вимірюваної величини за ці межі потрібно перемикання на інший діапазон (ручне або автоматичне).

Індикатори цифрових мультиметрів (а також вольтметрів і скопметрів) виготовляються на основі рідких кристалів (як монохромних, так і кольорових) - АРРА-62, В7-78 / 2, АКИП-4113, U1600 і т. д., світлодіодних індикаторів - В7- 40, газорозрядних індикаторів - В7-22А, електролюмінесцентних дисплеїв (ELD) - 3458А, а також вакуумно-люмінесцентних індикаторів (VFD) (в тому числі і кольорових) - В7-78 / 1.

Типова похибка цифрових мультиметрів при вимірюванні опорів, постійної напруги і струму менш $\pm (0,2\% + 1 \text{ одиниця молодшого розряду})$. При вимірюванні змінної напруги і струму в діапазоні частот 20 Гц ... 5 кГц похибка вимірювання $\pm (0,3\% + 1 \text{ одиниця молодшого розряду})$. У діапазоні високих частот до 20 кГц при вимірюванні в діапазоні від 0,1 межі вимірювання і вище похибка набагато зростає, до 2,5% від вимірюваної величини, на частоті 50 кГц вже 10%. З підвищенням частоти підвищується похибка вимірювання.

Вхідний опір цифрового вольтметра близько 11 МОм (не залежить від межі вимірювання, на відміну від аналогових вольтметрів), ємність - 100 пФ, падіння напруги при вимірюванні струму не більше 0,2 В. Живлення портативних мультиметрів зазвичай здійснюється від батареї напругою 9В. Споживаний струм не перевищує 2 мА при вимірі постійних напруг і струмів, і 7 мА при вимірі опорів і змінних напруг і струмів. Мультиметр зазвичай працездатний при розряді батареї до напруги 7,5 В.

Кількість розрядів не визначає точність приладу. Точність вимірювань залежить від точності АЦП, від точності, термо- і тимчасової стабільності застосованих радіоелементів, від якості захисту від зовнішніх наведень, від якості проведеної калібрування.

Типові діапазони вимірювань, наприклад для поширеного мультиметра М832:

- постійна напруга: 0..200 мВ, 2 В, 20 В, 200 В, 1000 В
- змінна напруга: 0..200 В, 750 В
- постійний струм: 0..2 мА, 20 мА, 200 мА, 10 А (зазвичай через окремий вхід)
- змінний струм: немає
- опору: 0..200 Ом, 2 кОм, 20 кОм, 200 кОм, 2 МОм.

6.5 ВІБРОМЕТРИ

6.5.1 Причини вібрації електродвигунів

Величина вібрації вимірюється на всіх підшипниках електродвигунів в горизонтально-поперечному (перпендикулярно осі валу), горизонтально-осьовому і вертикальному напрямках.

Вимірювання в двох перших напрямках проводиться на рівні осі вала, а в вертикальному - в найвищій точці підшипника.

Вібрація електродвигунів вимірюється віброметрами.

Підвищена вібрація може бути викликана електромагнітними або механічними або іншими причинами.

Електромагнітні причини виникнення вібрації електродвигунів:

- неправильне виконання з'єднань окремих частин або фаз обмоток;
- недостатня жорсткість корпусу статора, внаслідок чого активна частина якоря притягається до полюсів індуктора і вібрає;
- замикання різного виду в обмотках електродвигунів;
- обриви однієї або декількох паралельних гілок обмоток;
- нерівномірний повітряний зазор між статором і ротором.

Механічні причини вібрації електродвигунів:

- неправильна центрування електродвигуна з робочою машиною;
- несправності в сполучній муфті;
- викривлення валу;
- невірноваженість обертових частин електродвигуна або робочої машини;
- ослаблення кріплення або посадки обертових частин.

6.5.2 Технічні характеристики віброметрів

Малогабаритний віброметр марки "K1" (рисунок 6.22) призначений для проведення вимірювання вібрації в розмірності віброшвидкості (мм / с) в стандартному діапазоні частот від 10 до 1000 Гц.

Завдяки наявності всього однієї кнопки управління, прилад може бути використаний навіть не маючи відповідної кваліфікації персоналом.

Перевагами застосування приладу "віброметр -K1" є:

- яскравий екран, що допускає роботу в широкому діапазоні температур, до -20 градусів;
- малі габарити і вага;
- можливість тривалої роботи від вбудованих акумуляторів.



Рисунок 6.22 – Віброметр марки «K1»

Малогабаритний віброметр марки "Vibro Vision" (рисунок 6.23) призначений для контролю рівня вібрації і експрес-діагностики дефектів обертового обладнання.

Дозволяє вимірювати загальний рівень вібрації (СКЗ, пік, розмах), оперативно діагностувати стан підшипників кочення.

Віброметр реєструє сигнали в розмірності віброприскорення, віброшвидкості, віброперемещення за допомогою вбудованого або зовнішнього датчика. На фотографії показано вимірювання вібрації приладом за допомогою вбудованого вібродатчика.

У такому режимі віброметр найбільш зручний для простих і оперативних вимірювань.

При використанні зовнішнього датчика, встановленого на контрольованому обладнанні за допомогою магніту або з використанням щупа, можна проводити більш складні вимірювання.

На другій фотографії в місце контролю вібрації на магніті встановлений зовнішній датчик вібрації, який підключений до приладу.



Рисунок 6.23 – Вимірювання параметрів вібрації за допомогою віброметра

Додатковими функціями віброметра "Vibro Vision" є визначення стану підшипників кочення на основі розрахунку ексцесу віброприскорення і найпростіший аналізатор вібросигналів. Прилад дозволяє оцінювати форму вібрації (256 відліків) і аналізувати спектр вібрації (100 ліній). Це дозволяє "на місці" діагностувати деякі дефекти, наприклад, небаланс, втрата центрування. Ці функції дозволяють діагностувати цим простим і дешевим приладом дефекти обертового обладнання, що найбільш часто зустрічаються.

Вся інформація в віброметрі показується на графічному екрані розширеного температурного діапазону, передбачена його підсвічування. Приклад зображення на екрані в режимі реєстрації віброприскорення показаний на малюнку.

6.5.3 Вимірювання вібрації електродвигунів

Віброметр може експлуатуватися при температурі навколишнього повітря від мінус 20 до плюс 50 градусів і відносній вологості повітря до 98%, без конденсації вологи.

"Vibro Vision" живиться від двох вбудованих акумуляторів розміру АА, допускається робота від двох батарей аналогічного розміру.

6.6 МЕГОММЕТРИ

Мегомметр призначений для вимірювання великих опорів, зокрема опору ізоляції. Джерелом живлення в таких приладах служить генератор змінного струму з ручним приводом або спеціальний перетворювач. На відміну від інших омметрів на виході мегомметра в залежності від модифікації приладу або межі вимірювання створюється напруга 100, 500, 1000 або 2500 В.

Наведемо деякі відомості про опір ізоляції і особливості її вимірювання. Як відомо, електроізоляційні матеріали володіють деякою провідністю і тому під дією прикладеної напруги U через ізоляцію проходить струм витoku I_B , стає значення якого і визначає опір ізоляції $R_i = U / I_B$.

На рисунку 6.24 наведені графіки зміни опору ізоляції і струму витoku від часу, що пройшов після прикладення напруги. Струм встановлюється не відразу, а через деякий проміжок часу, тому відраховувати показання приладу необхідно не раніше ніж 60 с.



Рисунок 6.24 – Графіки зміни опору ізоляції та струму витoku від часу

Для вимірювань необхідно вибрати мегомметр за межею вимірювання і робочою напругою. Межа вимірювання мегомметра повинна бути такою, щоб очікуваний опір ізоляції знаходився в правій половині його шкали (при нулі зліва) або в лівій половині (при нулі справа) (рисунок 6.25). Напругу мегомметра вибирають в залежності від напруги мережі, в якій визначають опір ізоляції.

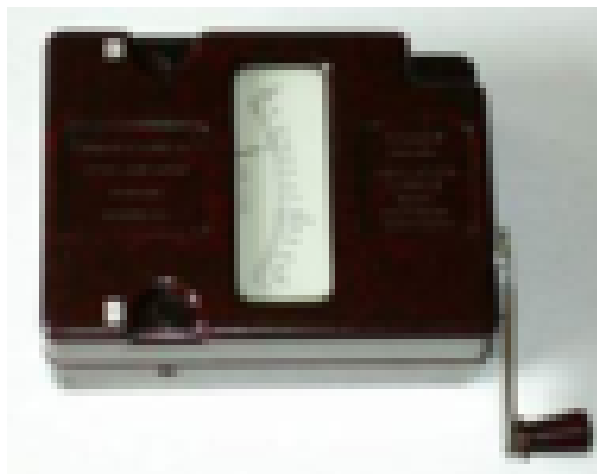


Рисунок 6.25 – Зовнішній вигляд мегомметра

На рисунку 6.26 приведена схема підключення мегомметра при вимірюванні опору ізоляції проводу А щодо корпусу. Для цього вивід мегомметра З («Земля»)

під'єднують до екрану кабелю або заземлювального провідника, а потім вивід мегомметра Л («Лінія») приєднують до проводу.

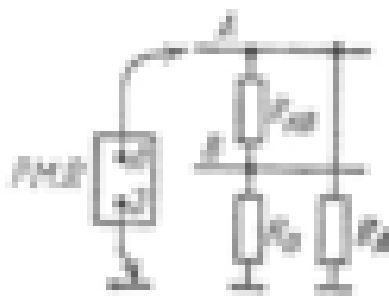


Рисунок 6.26 – Схема підключення мегомметра

В даній схемі прилад вимірює не опір ізоляції R_A жили А щодо землі, а еквівалентний опір R_E що складається з двох паралельно включених гілок: опору R_A і послідовно включених опорів R_B і R_{AB} . Тут R_B - опір ізоляції проводу В щодо землі, R_{AB} - опір ізоляції між проводами А і В. Тому за результатом одного виміру можна визначити значення R_A , але можна стверджувати, що R_{AE} .

Якщо в розглянутій схемі необхідно дізнатися опір R_A , то слід зробити три виміри. При першому вимірюванні заземляють провід В, а мегомметр підключають до проводу А. В цьому випадку вимірюють опір двох паралельних опорів R_A і R_{AB} .

При замиканні проводів А і В між собою і підключенні до них приладу мегомметр покаже опір іншої пари опорів R_A і R_B . І нарешті, при заземленні проводу А в результаті вимірювання будуть враховані опору R_B і R_{AB} .

Математично результати вимірювань і опорів R_A , R_B , R_{AB} пов'язані між собою наступними співвідношеннями:

$$\begin{aligned} R_{E1} &= R_A \times R_B / (R_A + R_B) \\ R_{E2} &= R_B \times R_{AB} / (R_B + R_{AB}) \\ R_{E3} &= R_A \times R_{AB} / (R_A + R_{AB}) \end{aligned}$$

Якщо показання мегомметра у всіх трьох випадках однакові, то $R_A = R_B = R_{AB} = 2R_{E1} = 2R_{E2} = 2R_{E3}$.

Коли показання мегомметра різні, то для знаходження R_A , R_B , R_{AB} необхідно вирішити систему рівнянь, підставивши в неї значення R_E , тобто результати кожного з трьох вимірів.

З огляду на викладене, опір ізоляції обмоток електричних машин і трансформаторів вимірюють по черзі для кожної з обмоток окремо, з'єднавши при цьому інші обмотки з корпусом машини або трансформатора. Це дозволяє знайти еквівалентний опір ізоляції даної обмотки, до якого входять її опору ізоляції відносно корпусу та інших обмоток. При вимірах обмотка, опір ізоляції якої вимірюють, не повинна мати гальванічного зв'язку з іншими обмотками.



Рисунок 6.27 – Вимірювання опору ізоляції двигуна

Перед початком вимірювань мегомметр необхідно перевірити. Для цього виводи приладу з'єднуються закоротко і обертають його рукоятку (при ручному приводі) або натискають кнопку в приладі зі статичним перетворювачем, поки стрілка приладу не встановиться проти поділки шкали з цифрою 0.

Після цього знімають перемичку і продовжують обертати рукоятку приводу (натискати кнопку). Стрілка приладу повинна встановитися проти поділу ∞ . Якщо прилад справний, то їм можна робити виміри. Після вимірювання опору ізоляції необхідно короткочасно заземлити точку, до якої підключався провід від мегомметра, для того, щоб зняти заряд, що накопичився в ізоляції.

Питання до розділу 6

1. Опишіть принцип дії показчиків напруги, струмовимірювальних кліщів.
2. Які мультиметри вам відомі?
3. Що таке скопметр?
4. Які параметри можна визначити за допомогою віброметра?
5. Для яких цілей використовується мегомметр?

7 ІНСТРУМЕНТИ ЕЛЕКТРОМЕХАНІКА

7.1 КЛАСИФІКАЦІЯ ІНСТРУМЕНТІВ

У процесі ремонту електрообладнання можуть знадобитися різні роботи по металу: гнучка, рубання, свердління, обпилювання, нарізування різьблення, так і по дереву.

При електромонтажних роботах можуть використовуватися інструменти для пайки, зварювання, обпресування.

Ці роботи можуть виконуватися за допомогою як ручного інструменту, так і інструменту з електричним приводом.

Рішення перерахованих завдань можливе з використанням спеціалізованого інструменту, який завжди під рукою.

За призначенням його можна розділити на кілька основних груп.

Нижче ми розглянемо, де застосовується кожен пристрій.

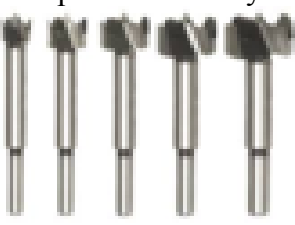
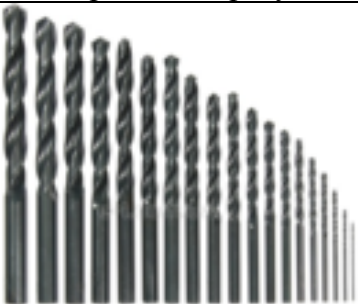
Весь інструмент можна умовно поділити на такі групи:

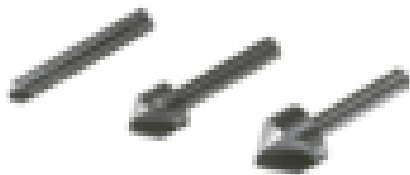
1. Ріжучий інструмент (таблиця 7.1).
2. Слюсарно-монтажний інструмент.
3. Абразивний інструмент.
4. Термоінструмент
5. Електроінструмент.

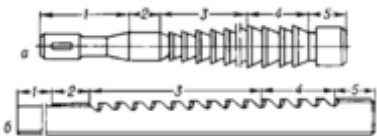
7.2. РІЖУЧИЙ ІНСТРУМЕНТ

Таблиця 7.1 - Види ріжучого інструменту

Назва групи	Опис інструменту	Фото інструменту
Токарна група	Різець - ріжучий інструмент, призначений для обробки деталей різних розмірів, форм, точності і матеріалів.	 Різці по металу  радіусна пряма скобчата кутова Стамески по дереву

Назва групи	Опис інструменту	Фото інструменту
Фрезерна група	Фреза - інструмент з одним або декількома ріжучими лезами (зубами) для фрезерування. Види фрез по геометрії (виконання) бувають - циліндричні, торцеві, черв'ячні, кінцеві, конічні і ін.	 Фрези по металу  Фрези по дереву
Інструмент для обробки отворів	Свердло - ріжучий інструмент, призначений для свердління отворів в різних матеріалах. Свердла можуть також застосовуватися для розсвердлювання, тобто збільшення вже наявних, попередньо просвердлених отворів, і засвердлювання, тобто отримання некрізних заглиблень.	 Свердла по металу  Свердла по дереву  Алмазні свердла  Свердла по бетону

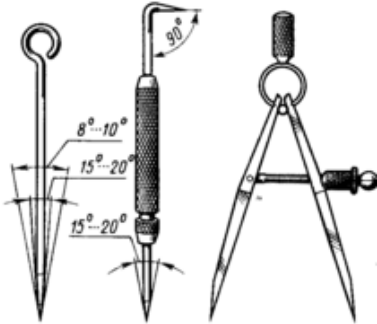
Назва групи	Опис інструменту	Фото інструменту
Інструмент для обробки отворів	Зенкер (нім. Senker) - багатолезовий ріжучий інструмент для обробки циліндричних і конічних отворів в деталях з метою збільшення їх діаметра, підвищення якості поверхні і точності. Робота зенкером називається зенкування. Зенкерування є напівчистою обробкою різанням.	 Зенкери
	Розгортка - ріжучий інструмент, який потрібен для остаточної обробки отворів після свердління, зенкерування або розточування. Розгортанням досягається точність до 6-9 квалітету і шорсткість поверхні до $Ra = 0,32 \dots 1,25$ мкм	 Розгортки
	Зенківка - багатолезовий ріжучий інструмент для обробки отворів в деталях з метою отримання конічних або циліндричних поглиблень, опорних площин навколо отворів або зняття фасок центрових отворів. Застосовується для обробки просвердлені отворів під головки болтів, гвинтів і заклепок. Зенківки для циліндричних заглиблень і опорних площин часто називають цеківками	 Зенківки
Інструмент для нарізання різьби	Мітчик - інструмент для нарізування внутрішніх різьблень, являє собою гвинт з прорізними прямими або гвинтовими стружковими канавками, що утворюють ріжучі кромки..	 Мітчики

Назва групи	Опис інструменту	Фото інструменту
Інструмент для нарізання різьби	Плашка і лерка - різьбонарізний інструмент для нарізування зовнішньої різьби вручну або машинним способом (на верстаті)	 Плашка
	Плашкоутримувач – інструмент для утримання плашки при нарізанні різьби	 Плашкоутримувач
	Вороток - ручний інструмент для затиску і обертання деяких видів ріжучого слюсарного інструменту: мітчиків, плашок, розгортки, зенкерів і т.п.	 Вороток
Зуборізний інструмент	Долб'як - ріжучий інструмент, вид різця, призначений для довбання (і на відповідних верстатах) Застосовуються при обробці складних профілів, які неможливо отримати обертанням, для обробки габаритних заготовок.	 Долб'яки
	Черв'ячна фреза - фреза, призначена для нарізування зубів зірочок до однорядних і багаторядних приводних роликів і втулкових ланцюгів.	 Черв'ячна фреза
Протяжний інструмент	Протяжка - багатолезовий інструмент з рядом послідовно виступаючих одне над іншим лез в напрямку, перпендикулярному до напрямку швидкості головного руху, призначений для обробки при поступальному або обертальному головному русі леза і відсутності руху подачі.	 Протяжка
Протяжний інструмент	Прошивка - це вид протягання, різновид протяжного інструменту, що застосовуються для обробки отворів, пазів і інших поверхонь. На відміну від протягання, що працює на розтяг, прошивка працює на стиск і поздовжній вигин. Для прошивання отворів застосовують механічні і гідравлічні преси.	 Прошивки

7.3 СЛЮСАРНО-МОНТАЖНИЙ ІНСТРУМЕНТ

Таблиця 7.2 –Види ручного слюсарного інструменту

Назва групи	Опис інструменту	Фото інструменту
Ударний та розміточний інструмент	Молоток - ударний інструмент, застосовуваний для забивання цвяхів, розбивання предметів та інших робіт В основному виготовляється зі сталі. Молоток - один з найдавніших інструментів, які використовуються розумною людиною.	 Киянка дерев'яна
		 Киянка гумова
		 Слюсарний молоток
		 Ковальська кувалда
Ударний та розміточний інструмент	Зубило - ударно-ріжучий інструмент для обробки металу або каменю. При ударі зубила з боку бойкової частини (потиличника) за допомогою молотка, кувалди, бойка відбійного молотка і рубального молотка, бетонолома або перфоратора ріжуча кромка зубила впливає на опрацьований матеріал, розрізаючи його або розколюючи.	 Зубила

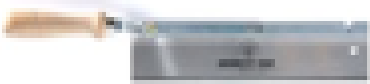
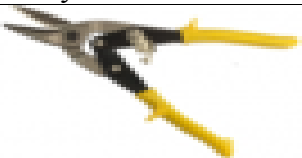
Назва групи	Опис інструменту	Фото інструменту
Ударний та розмітний інструмент	Крейцмейсель - різновид зубила. Крейцмейсель призначений для прорубки пазів шпон, вузьких канавок і поглиблень в твердих матеріалах. Також за допомогою крейцмейселя вирізують борозенки при розрізанні великих металевих поверхонь.	 Крейцмейсель
	Рисувалка - ручний інструмент, служить для нанесення ліній (рисок) на розмічають поверхню за допомогою лінійки, кутника або шаблона.	 Рисувалки і циркуль
	Борідок (також пробійник) - ручний слюсарний інструмент, призначений для вирубки отворів в листовому матеріалі і кам'яних / бетонних стінах. Являє собою стрижень, один кінець якого (робоча частина) виконаний у вигляді усіченого конуса.	 Борідок
Затискний інструмент	Лещата - слюсарний або столярний інструмент для фіксування деталі при різних видах обробки (пиляння, свердління, стругання і т. д.). Лещата представляють собою пару паралельних пластин, одна з яких зазвичай нерухома, а друга притискається до деталі за допомогою гвинта. Лещата виготовляються з різних матеріалів, слюсарні найчастіше з металу, столярні з дерева.	 Тиски слюсарні
Затискний інструмент	Плоскогубці — ручний інструмент у вигляді двох схрещених важелів; кліщі, щипці з плоскими, плескатими кінцями (губами). Призначені для захоплення і силового утримання різних дрібних деталей. Виготовляють їх з інструментальної сталі. Відрізняється інструмент крім робочої частини і ручками. Наприклад, діелектричні плоскогубці застосовні в електроустановках. На цьому виді інструменту потрібно в обов'язковому порядку шукати максимальну величину напруги, яка повинна бути вказана. Адже це є показником	 Плоскогубці

Назва групи	Опис інструменту	Фото інструменту
Затискний інструмент	того, чи зможе її витримати матеріал, з якого зроблені ручки. Побутові моделі мають цей показник на рівні до 1000 В. Якщо таку цифру на своєму інструменті ви не знайдете, то категорично забороняється користуватися цими плоскогубцями в умовах напруги. Є висока ймовірність того, що цей інструмент для робіт з електрообладнанням не призначений Пасатижі відрізняються від плоскогубців наявністю виїмок з насічками, які зручні при захопленні гладких і округлих поверхонь, наприклад, невеликих за діаметром труб	 а) б) в) Довгогубці (а) і (б), качкодзьоба (в)  Пасатижі (зліва) і плоскогубці
Затискний інструмент	Круглогубці - ручні слюсарно-монтажні (якщо ручки ізолювані - то електромонтажні) щипці з круглими в перерізі кінцями (губками). Круглогубці бувають конічними (коли діаметр біля основи звужується до кінчиків затиску) і циліндричними (діаметр губок однаковий по всій довжині інструменту). Згідно ГОСТ, круглогубці повинні мати насічку на затискних поверхнях для зниження ймовірності вислизання утримуваного матеріалу. Однак найчастіше насічка відсутня. Щипці - загальна назва столярного, слюсарно-монтажного інструменту у вигляді двох розсунутих на шарнірі плоских або напівкруглих решт (губ, щік) з ручками, які використовуються для стискання, схоплювання, висмикування (наприклад, висмикування або загинання цвяхів, дроту).	 Круглогубці прямі  Круглогубці вигнуті  Прецизійні щипці для зовнішніх стопорних кілець на валах  Прецизійні щипці для внутрішніх стопорних кілець на валах  Прецизійні щипці для стопорних кілець для внутрішніх стопорних кілець в отворах

Назва групи	Опис інструменту	Фото інструменту
Затискний інструмент	Пінцет - інструмент, пристосування для маніпуляції невеликими предметами, які неможливо, незручно, або небажано або небезпечно брати незахищеними руками. Пінцет складається з двох важелів другого роду, з'єднаних разом в одному закріпленому кінці о важеля, з кліщами на іншій стороні	 Пінцет
	Кліщі - інструмент у вигляді важільних щипців, зазвичай з відносно довгими ручками, з'єднаними на шарнірі, і короткими губками, змикаються на невеликому протязі плоскими або загостреними поверхнями	 Кліщі
	Кусачки (гострогубці, гострозбці) - ріжучий інструмент, в якому використовується принцип важеля для того, щоб збільшити зусилля, що додається для перерізу матеріалу. Якщо ріжучі кромки (губки) знаходяться в одній площині з ручками, або під невеликим кутом, такі кусачки називаються бічними або бокорізами. Якщо губки поперечній площинах рукояток, то - торцевими. Окрім того, існують кінцеві гострогубці, робоча частина яких схожа на мініатюрні обценьки або пінцет із загостреними крайками: їх використовують при точних роботах, в мікроелектроніці. Існують кусачки різних форм і розмірів, в тому числі - силові кусачки, пристосовані до перерізу особливо товстих дротів. Силові кусачки, призначені для перекусу товстих прутків металу, називаються болторізами. З міркувань електробезпеки і для зручності користування обидві рукоятки кусачок часто одягнені в ізоляційний матеріал, що дозволяє застосовувати їх в якості електромонтажного інструменту для роботи під напругою. Інструмент для електромонтажних робіт випускається ізольованим і ізолює. Ізольовані кусачки мають ізоляційне покриття рукояток. Ізолюючі - виконуються з ізоляційного матеріалу з металевими ріжучими вставками. Матеріал ізоляції повинен бути немнучким, волого -, масло -і бензостійким, не крихким і неслизьким.	 Бокорізи  Торцеві кусачки  Кінцеві кусачки  Болторіз

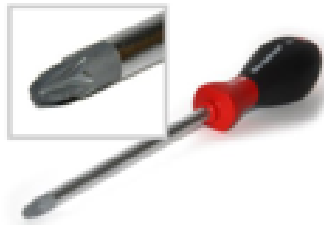
Назва групи	Опис інструменту	Фото інструменту
Затискний інструмент	Крімпер - електромонтажний інструмент, призначений для з'єднання проводів між собою або з контактами роз'єму під час електромонтажних робіт без застосування пайки або зварювання	 Крімпер
	Знімач ізоляції, або стрипер - електромонтажний інструмент, призначений для видалення ізоляції з кінців проводів або оброблення кабелю під час електромонтажних робіт. Стрипер для крученої пари є затиск з вбудованим лезом (приблизно як у канцелярського ножа). Такий стрипер дозволяє гранично акуратно надрізати зовнішню ізоляцію кабелю Стрипер для коаксіального кабелю зовні схожий з попередньою моделлю. Відрізняється наявністю двох лез і змінною вставкою затиску для роботи з дротом різного перетину. Два леза необхідні для практично одночасного надрізання як зовнішньої, так і внутрішньої ізоляції коаксіального кабелю Стрипер для силового кабелю являє собою затиск з так званим плаваючим лезом. За рахунок своєрідної конструкції леза дозволяє надрізати ізоляцію як поперек, так і вздовж кабелю, що вельми корисно при необхідності заголовки ділянку кабелю, віддалений від кінця Стрипер для зняття лакового шару з оптичних волокон являє собою на перший погляд простий, але дорогий і прецизійний інструмент, в якому розміри виїмки для оптичного волокна вкрай малі і повинні відповідати дуже суворим допускам: такий стрипер повинен знімати з оптичного волокна найтонший лаковий шар і при цьому не розколоти скло самого волокна.	 Стрипер ручний  Стрипер для крученої пари  Стрипер для коаксіального кабелю  Стрипер для силового кабелю  Рис. 6.68. Стрипер для зняття лакового шару з оптичних волокон

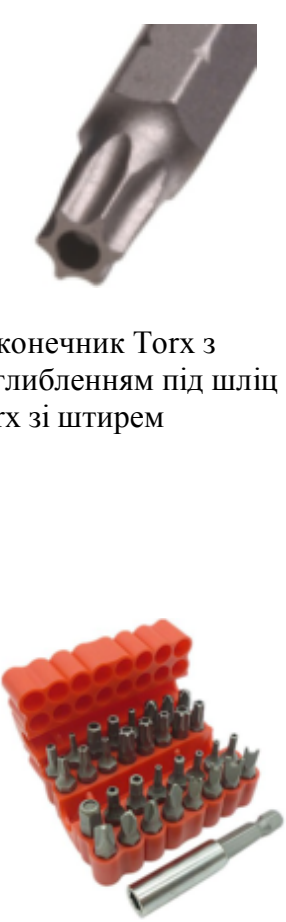
Назва групи	Опис інструменту	Фото інструменту
Пристрої для різання і механічної обробки металу	Напилок - багатолезовий інструмент для обробки металів, дерева, пластмас і т.п. Являє собою металевий стрижень (зазвичай сталевий, з інструментальної сталі У12 або У13 (У12А, У13А)) з рисою. За частотою насічки поділяються на: • брусівка (4-5 насічок / см), • драчеві (4½-12 насічок / см), • особисті (13-26 насічок / см), • оксамитові (45-80 насічок / см). Надфіль - маленький напилок для тонких робіт. Існують напилки (особливо надфілі), покриті алмазним порошком. Застосовуються для обробки загартованої сталі, скла, кераміки і т. п. При роботі їх необхідно рясно змочувати водою. Ріфел - різновид надфіля. Відрізняється тим, що робоча частина вигнута (аж до гачкоподібної). Застосовується ювелірами для обробки криволінійних поверхонь. (Завжди виготовляються тільки з магнітних сплавів для того, щоб можна було магнітом відокремити викришиться частки ріфелю від тирси дорогіших металів). За формою перерізу робочої частини напилки (надфілі) бувають: • прямокутні (плоскі), • квадратні, • трикутні рівносторонні, • трикутні тупокутні, • круглі, • напівкруглі, • овальні, • ромбічні, • ножові і т.д.	 Напилки  Надфілі  Ріфелі
	Ножівка по металу - різновид пилки для розрізування металевих заготовок. Складається з ножівкової рамки і пиляльного полотна	 Ножівка по металу
	Ножівка по дереву - столярно-слюсарний інструмент, різновид ручної пилки для розпилювання деревини. Ножівки по дереву розрізняються формою полотна і кріпленням ручки. Рукоятки ножівок бувають дерев'яні і пластикові	 Широка ножівка по дереву

Назва групи	Опис інструменту	Фото інструменту
Пристрої для різання і механічної обробки металу		 Вузька ножівка по дереву
		 Обушкова ножівка
	Ручні ножиці по металу використовуються для нарізування алюмінієвого профілю, наприклад, при зведенні каркасів для гіпсокартонних конструкцій, для нарізки профнастилу при покрівельних роботах або монтажі вентиляційних каналів, а також для виготовлення водостоків з листового металу Типи ножиць по металу З прямим різанням - по-іншому їх називають прямі, так як леза мають пряму форму. Служать для прямого різання Для фігурного різання - ножиці мають загнуті леза, які дозволяють різати по кривій траєкторії і виконувати заокруглення Для різання отворів - такі ножиці ще називають радіусними	 Прямі ножиці по металу  Фігурні ножиці по металу  Радіусні ножиці по металу
	Шабер - три - або чотиригранний ручної або механічний слюсарний інструмент, загострений з одного кінця, службовець для точної обробки поверхонь металевих виробів, обробки крайок, нанесення малюнків і написів. -З деталей знімають тонкі шари матеріалу. В результаті шабрення сполучених поверхонь забезпечується їх щільне прилягання і герметичність	 Шабери
Інструмент для збірки різьбових з'єднань	Гайковий ключ - інструмент для з'єднання (роз'єднання) різьбового з'єднання шляхом закручування (розкручування) болтів, гайок та інших деталей. Монолітні : - Ріжкові (з відкритим ротом). - Накидні (кільцеві) ключі з храповиком, що дозволяє відкручувати (закручувати) гайку (болт), що не переставляючи ключа. - Комбінований - на одному кінці тіла яких розташована ріжкова, а на іншому - накидна головка. Обидві головки таких ключів мають однаковий розмір. - Торцеві - ключ, призначений для закручування деталей, розташованих в важкодоступних місцях	 Ріжковий ключ  Накидний ключ  Комбінований ключ

Назва групи	Опис інструменту	Фото інструменту
Інструмент для збірки різьбових з'єднань	Розвідні - Розвідний - різновид ріжкового ключа, у якого просвіт губок (розмір ключа) може плавно змінюватися в широких межах. розвідного ключа. - Трубний (трубний важільний, газовий) - є різновидом розвідного ключа; дозволяє затискати охоплювану деталь за допомогою важеля. - Переставний ключ - часто вживаний водопровідниками для захоплення труби різного діаметру.	 Торцевий ключ  Шведський ключ  Трубний ключ  Переставний ключ
	Динамометричний ключ - гайковий ключ з вбудованим динамометром. Це прецизійний інструмент для затягування різьбових з'єднань з точно заданим моментом.	 Динамометричний ключ
	Викрутка відноситься до ручних слюсарних інструментами, і застосовується з метою відгвинчування і загвинчування кріпильних елементів, в першу чергу тих, що мають різьбу, і оснащених шліцом. Тобто головним чином - для роботи з шурупами і гвинтами Основні частини викрутки - це металевий стрижень з наконечником і ручка, рукоятка, яка може бути пластмасовою, дерев'яною, або металевою з гумовими накладками. Таким чином, в найпростішому вигляді, викрутка - це просто металевий стрижень, оснащений наконечником для надійної фіксації інструменту в шліці, а також ручкою, яку зручно тримати в руці при роботі цим нехитрим інструментом, і яка при цьому не прослизає. Рукоятка типової викрутки має діаметр від 10 до 40 мм, в залежності від розміру самої викрутки і від специфіки сфери її застосування. Чим більше діаметр рукояті, тим більший крутний момент	 Викрутка  Викрутка плоска

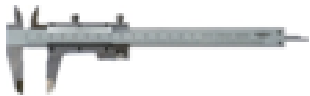
Назва групи	Опис інструменту	Фото інструменту
Інструмент для збірки різьбових з'єднань	можна передати на шліц, тому чим ширше шліц, тим ширше, як правило, і рукоять. Для роботи з дрібними деталями призначені маленькі викрутки, з вузькими ручками, щоб не зірвати випадково шліц або різьблення. підвищити крутний момент.	 Набір викруток
	Що стосується наконечників, то у якісних викруток вони виготовляються з особливих зносостійких сплавів, наприклад з молібденових сталей або з хром-ванадію. Це необхідно для того, щоб значні механічні напруги не привели інструмент в непридатність завчасно, тобто для продовження терміну служби викрутки. Залежно від типу шліца головки гвинта або шурупа, викрутки оснащуються різними типами наконечників, головним чином - прямим (шліцьовим) або хрестоподібним, - це два найбільш популярних виду наконечників найпоширеніших викруток, що застосовуються в усі часи. Є й інші типи наконечників, і про них ми поговоримо далі. Прямий шліц - найбільш простий, він є історично першим видом шліца викрутки, і використовується з 16 століття. Наступний тип наконечника - хрестоподібний, його винайшов в 1933 році американець Джон Томпсон, який запропонував такі гвинти, які б фіксували жало викрутки в центрі головки, і виштовхували б його, коли гвинт закручений. Даний тип наконечників іменується сьогодні «Філіпс», оскільки Генрі Філіпс, запав'язливий інженер, який заснував компанію Phillips Screw Company, відразу викупив патент Томпсона, і в 1937 році впровадив технологію гвинтів і викруток з хрестоподібними наконечниками на виробництві Кадилаків, а пізніше, під час другої світової, такі гвинти стали застосовуватися при створенні військової техніки.	 Шліцьова і хрестоподібна викрутки  Прямий шліц  Хрестоподібний наконечник

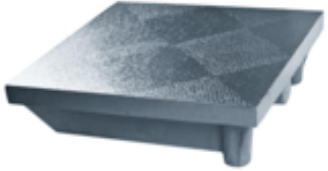
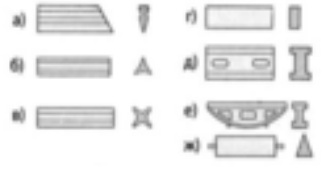
Назва групи	Опис інструменту	Фото інструменту
Інструмент для збірки різьбових з'єднань	Шліц хрестоподібний «Позідрів». Це вдосконалений наконечник «Філіпс», який в 1966 році запатентувала все та ж компанія Phillips Screw Company. На відміну від першого варіанту, даний шліц сам не виштовхується, він має велику глибину посадки, застосовується з гвинтами, що володіють великими головками і при роботі з саморізами. Крім стандартного хрестового наконечника, тут додані гострі промені на краях, які додатково фіксують кріпильний елемент, і дозволяють передати ще більший крутний момент. Завдяки шліцям «Позідрів», меблеве виробництво, будівельне виробництво, і багато інших, стали володіти більш надійними кріпленнями.	 Шліц хрестоподібний «Позідрів»
	Шліц шестигранний. Дозволяє ще більш посилити крутний момент. Даний тип наконечника був розроблений в 1936 році німецькою фірмою «Innensechskantschraube Bauer & Schaurte». Інша назва такого наконечника «INBUS», в побуті «інбусовий ключ». Головка кріплення має форму шестикутника, і зусилля виходить до 10 разів більше, ніж з хрестоподібним рішенням. Крім того, викрутка з поглиблення не вислизає.	 Шліц шестигранний
	Шліц Torx. Це шестипроменевої зіркоподібний шліц. Широко поширене застосування гвинтів під цей тип наконечника у виробництві різноманітної електронної апаратури, побутової техніки, а також в машинобудуванні. Даний тип наконечника був розроблений в 1967 році компанією Textron, з метою закручування кріпильних елементів підвищеної міцності, і зі значним крутним моментом при затягуванні.	 Шліц Torx
	Шліц трилопатевий Tri-Wing. Його в 1958 році запатентувала компанія Phillips Screw Company, коли для збірки широкофюзеляжних літаків потрібен шліц, що не вимагає осьового тиску в процесі затягування. Сьогодні такі викрутки продаються вільно, а гвинти з головкою під Tri-Wing застосовуються, наприклад, у фірмових зарядних пристроях NOKIA із захистом від розбирання. Хрестоподібний асиметричний шліц Torq. Він був зареєстрований разом з Tri-Wing, тією ж компанією. Застосовуються гвинти з цим типом шліца тільки в авіабудуванні, однак викрутки під нього вільно продаються сьогодні.	 Шліц трилопатевий Tri-Wing Хрестоподібний асиметричний шліц Torq

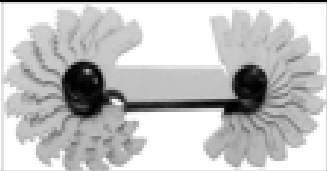
Назва групи	Опис інструменту	Фото інструменту
Інструмент для збірки різьбових з'єднань	Шліці типу One-way зустрічаються на гвинтах в громадських місцях, де у такий спосіб перешкоджають вандалізму. Шліц односторонній, і наконечник викрутки дозволяє тільки його закручування, вгвинчування і затяжку. Викрутити елемент за допомогою викрутки буде неможливо, доведеться приварювати ключ або висвердлюють зручніший шліц під більш просту, зручну викрутку. Наконечник з двома штирями (спанер) застосовують там, де важливі як естетика, так і захист від вандалізму, наприклад в цивільних ліфтах.	 Шліці типу One-way Наконечник з двома штирями (спанер)
	Наконечник Torx з поглибленням під шліц Torx зі штирем. На відміну від звичайного Torx, наконечник викрутки під цей шліц має отвір в центрі. Поряд з цими типами наконечників і шліців, зустрічаються і шліцьові плоскі наконечники з прорізом. Функціональне призначення аналогічно. Часто гвинти під такі викрутки застосовуються в побутовій техніці, що не допускає втручання дилетантів. З часом викрутка зазнала ряд удосконалень. Наприклад дуже зручні викрутки, оснащені храповим механізмом, так званої «тріскачкою». Завдяки такому рішенню робота з викруткою стає більш комфортною. Не потрібно перехоплювати рукоятку, оскільки в одному напрямку стрижень вільно проходить без зусиль, повертаючи руку без необхідності її розтискати або переставляти наконечник викрутки в шліц. Можна просто працювати однією рукою, а напрямок вільного повернення стрижня налаштовується спеціальним важелем або муфтою. Популярні набори з наконечниками. Викрутка в них є стрижень з рукояткою, на кінці якого замість наконечника встановлений бітотримач в формі затиску, або квадратного або шестигранного наконечника. У комплекті йде набір біт (змінних наконечників) різних типів і розмірів. У підсумку маємо одну викрутку і комплект наконечників до неї - компактно і практично.	 Наконечник Torx з поглибленням під шліц Torx зі штирем Набір наконечників

Назва групи	Опис інструменту	Фото інструменту
Інструмент для збірки різьбових з'єднань	Безумовно незалежно від типу наконечника, незалежно від типу шліца, для якого призначена та чи інша викрутка, розміри тут можуть різними. Для прямих наконечників це ширина і глибина, для інших - діаметр шурупа. Для Torx - стандартний номер і т.д. Як правило, стрижень викрутки має довжину від 10 до 20 см, але для важкодоступних місць іноді потрібна велика довжина, а іноді - навпаки, менша. Тут на допомогу приходять викрутки із змінною довжиною стрижня. Зазвичай це висувний стрижень, який занурюється в ручку і надійно фіксується в більш зручному положенні спеціальним механізмом.	 Відкрутки зі змінною довжини
	Є різні типи незвичайних рукояток: Г-образні і Т-образні. Вони дозволяють посилити крутний момент. Г-подібна або Т-подібна ручка може в деяких моделях мати регульований нахил, щоб крутний момент можна було б налаштувати оптимальним чином	 Г-образна викрутка
	Для зручності роботи в тісних приміщеннях, є викрутки з гнучким валом замість стрижня, і навіть з зубчастим передавальним механізмом для роботи під кутом.	 Викрутка з гнучким стержнем
	Стержень викрутки не обов'язково повинен бути круглим, він може бути і квадратним і шестигранним, який дозволяє обертати викрутку не обов'язково рукою, а й гайковим ключем, що дозволить домогтися більш значного крутного моменту.	 Викрутка з шестигранним стержнем
	Якщо умови роботи пов'язані з електричною напругою поблизу робочої зони, або самі елементи кріплення виявляються під небезпечною напругою, то слід вибрати викрутку з діелектричним покриттям стержня і з захистом ручки.	 Викрутки з ізольованим стержнем

Назва групи	Опис інструменту	Фото інструменту
Інструмент для збірки різьбових з'єднань	Коли шліц гвинта забруднений, доводиться по викрутці стукати. Не кожна викрутка це витримає. Тому є спеціальні викрутки з п'ятою на ручці для нанесення ударів молотком. У таких викруток металевий стрижень повністю проходить через ручку, і на кінці має розширення у формі п'яти.	 Спеціальна викрутка
	Для роботи з точними приладами, де потрібно підкрутити регульовальний резистор, налаштувати невеликий конденсатор регульованою ємністю, відкоригувати індуктивність дроселя, переміщаючи сердечник, застосовують викрутки, виготовлені повністю з кераміки або пластмаси, щоб не допустити спотворень в електричних та електронних колах.	 Пластмасова викрутка
	Не обійшла викрутки і електрифікація. Сьогодні на ринку можна зустріти електричні викрутки, такі як шуруповерти, пневмовикрутки, дрилі - все це прогресивні рішення, що дозволяють полегшити слюсарні роботи.	 Шуруповерт
Вимірювальні пристрої	Лінійка - найпростіший вимірювальний інструмент, як правило представляє собою вузьку пластину, у якій як мінімум одна сторона пряма. Зазвичай лінійка має нанесені штрихи (ділення), кратні одиниці вимірювання довжини (сантиметр, міліметр, дюйм), які використовуються для вимірювання відстаней. Лінійки зазвичай виробляють із пластику або дерева, рідше з металів.	 Лінійка слюсарна
Вимірювальні пристрої	Рулетка - інструмент для вимірювання довжини. Являє собою металеву або пластмасову стрічку з нанесеними поділками, яка намотана на котушку, укладену в корпус, забезпечений механізмом для змотування стрічки.	 Рулетка слюсарна

Назва групи	Опис інструменту	Фото інструменту
Вимірювальні пристрої	Штангенінструмент - загальна назва для засобів і приладів для вимірювання і розмітки зовнішніх і внутрішніх розмірів Штангенциркуль - універсальний інструмент, призначений для високо-точних вимірювань зовнішніх і внутрішніх розмірів, а також глибин отворів. Штангенрейсмус - це вимірювальний прилад (штангенінструмент), що призначений для вимірювання висоти и проведення розмітки. За конструкцією прилад схожий на штангенциркуль, але встановлений на підставці и розташований у вертикальній площині. На відміну від штангенциркуля, штанга глибиноміра не має губок і вимірювальними поверхнями є торці штанги і основи. Штангензубоміри застосовуються для вимірювання товщини зубів шестерень і рейок	 Штангенциркуль  Штангенрейсмус  Штангенглибиномір  Штангензубомір
	Мікрометр - універсальний інструмент (прилад), призначений для вимірювань лінійних розмірів абсолютним або відносним контактним методом в області малих розмірів з низькою похибкою (від 2 мкм до 50 мкм в залежності від вимірюваних діапазонів і класу точності), механізмом перетворення якого є мікропара гвинт - гайка	 Мікрометр
	Нутромір - інструмент (прилад) для вимірювання внутрішнього діаметру або відстані між двома поверхнями.	 Нутромір

Назва групи	Опис інструменту	Фото інструменту
Вимірювальні пристрої	Кінцева міра довжини (КМД, заходи кінцеві плоскопаралельні, плитки Югансона) - зразкова міра довжини (еталон) від 0,5 до 1000 мм, виконана у формі прямокутного паралелепіпеда або круглого циліндра, з нормованим розміром між вимірювальними площинами	 Кінцева міра довжини
	Кутова призматична міра довжини - порівняння з жорсткими контрольними [еталонними] інструментами - кутовими мірами	 Кутова призматична міра довжини
	Перевірочна плита - металева плита з нормованою площинністю поверхні. Використовується для контролю площини деталей і розмічальних робіт, а також в якості настановної поверхні при складанні, вимірах, повірку	 Перевірочна плита
	Радіусні шаблони - набір пластинок з закругленнями різного радіусу з одного кінця - для вимірювання виступів, а з іншого - западин	 Радіусні шаблони
Вимірювальні пристрої	Вимірювальний щуп - вимірювальний інструмент, який представляє собою пластину певної товщини. Щуп використовують для контролю зазору між площинами або утворюють криволінійної форми. Призначений для вимірювання дуже малих відстаней (наприклад, трохи товщі аркуша паперу). Існує кілька видів щупів, наприклад, плоскі і клинові.	 Щуп вимірювальний
	Перевірочна лінійка , призначена для визначення непрямолінійності (неплощинності і непаралельності) поверхні, тобто найбільшої відстані від точок її реального профілю до прилеглої прямої (ребра лінійки).	 а, б, в - лінійки лекальні гранені; г - лінійка прямокутна; д - лінійка двотаврова; е - лінійка-місток; ж - лінійка кутова тригранна;

Назва групи	Опис інструменту	Фото інструменту
Вимірювальні пристрої	Різьбові шаблони - набір пластинок з зубцями, є прикладним інструментом для визначення кроку різьблення виробу.	 Різьбові шаблони
	Косинець - вимірювальний прилад, призначений для перевірки і розмітки взаємної перпендикулярності поверхонь деталей і заготовок, а також елементів будівельних конструкцій. Даний вид інструменту зустрічається в двох виконаннях: слюсарний (з широкою основою) і лекальний (плоский).	 Косинець слюсарний  Косинець лекальний
	Рівень - інструмент, який використовується для перевірки горизонтальності об'єкта, тобто для визначення відхилень поверхні від горизонтального або вертикального положення, а також для вимірювання малих кутів.	 Рівень
Вимірювальні пристрої	Кутомір - прилад, яким вимірюють зовнішні і внутрішні кути деталей. Також за допомогою деяких кутомірів можна виконувати розмічальні роботи на площині. Кутоміри з ноніусом виготовляють двох типів: перші - для вимірювання зовнішніх кутів від 0 до 180 °, другі - для зовнішніх кутів від 0 до 180 ° і внутрішніх не менше ніж від 40 до 180 °.	 Кутомір
	Лупа - оптичний прилад, що представляє собою збирає лінзу або систему лінз з малим фокусною відстанню. Лупа необхідна для розглядання дрібних об'єктів (вона забезпечує 2 - 50-кратне збільшення), а також для вимірювань лінійних розмірів.	 Лупа

7.4 АБРАЗИВНИЙ ІНСТРУМЕНТ

Абразивні матеріали - це матеріали, що володіють високою твердістю і використовуються для обробки поверхні різних матеріалів: металів, керамічних матеріалів, гірських порід, мінералів, скла, шкіри, гуми та інших.

Абразивні матеріали використовуються в процесах шліфування, полірування, хонінгування, суперфінішування, розрізання матеріалів і широко застосовуються в заготівельному виробництві та остаточній обробці різних металевих і неметалевих матеріалів.

З давніх-давен використовувалися природні абразивні матеріали (кремій, наждак, пемза, корунд, алмаз), з кінця XIX століття застосовуються штучні (електрокорунд, карбід кремнію, карбід бору, монокорунд, синтетичний алмаз та інші).

Твердість (МН / м²) визначається методом вдавнення алмазної піраміди в поверхню випробуваного матеріалу (наприклад, для кварцу 11000-11300, електрокорунду 18000-24000, алмазу 84250-100000).

Абразивна здатність характеризується масою знімається при шліфуванні, в наступному порядку: алмаз, нітрид бору, карбід кремнію, монокорунд, електрокорунд, наждак, кремій.

З абразивних матеріалів виготовляють жорсткі і гнучкі абразивні інструменти, які широко застосовуються у всіх галузях машинобудування, особливо при виготовленні підшипників.

Види абразивної обробки

Існують наступні види абразивної обробки:

- шліфування кругле - обробка циліндричних і конічних поверхонь валів і отворів;
- шліфування плоске - обробка площин і сполучених плоских поверхонь;
- шліфування безцентрове - обробка в великосерійному виробництві зовнішніх і внутрішніх поверхонь (вали, обойми підшипників та ін.);
- шліфування безцентрове стрічкою - зовнішні поверхні, в тому числі, складні профілі;
- шліфування стрічкою складних профілів - наприклад шліфування лопаток турбін;
- відрізання і розрізання заготовок - заготівельне і монтажне виробництво, демонтаж конструкцій;
- притирання - абразивний притирання поверхонь (наприклад сідло і голка дизельної форсунки);
- гідроабразивна обробка - струминна і галтівка (виливки, поковки, металовироби та ін.);
- піскоструминна обробка - очистка субстратів від старої фарби, іржі, окалини та інших забруднень, а також згладжування поверхонь і очищення виливків і поковок;
- ультразвукова обробка - пробивання отворів у твердих сплавах, витяг зламаної інструменту, виготовлення штампів;

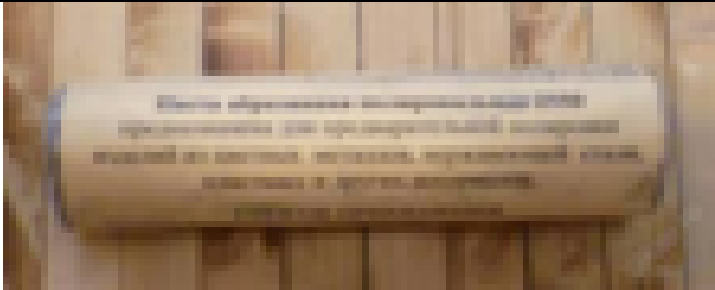
- магнітно-абразивна обробка - обробка магнітно-абразивним порошком в магнітному полі;
- хонінгування - обробка отворів (циліндри двигунів, насосів та ін.);
- полірування - додання поверхні малої шорсткості і дзеркального блиску;
- суперфінішування - остаточне надання зовнішнім, внутрішнім і складним профілям найвищої точності і чистоти поверхні, в тому числі алмазне суперфінішування (точні механізми, інструмент, деталі особливо точних приладів, інструментів, зброї і т. д.).

Інструменти і абразивні препарати

Абразивні матеріали для застосування в промисловості повинні бути закріплені або конструктивне виконані у вигляді різних інструментів і складів (таблиця 7.3).

Таблиця 7.3 – Абразивний інструмент

Назва інструменту	Фото інструменту
Відрізнi круги: різних діаметрів (до 3500 мм), ширини, висоти і форм (профілів) робочого (абразивного) шару і способів закріплення його на корпусі круга..	 Відрізний круг
Шліфувальні круги: різні абразивні матеріали у вигляді кіл, дисків, конусів різних профілів і діаметрів	 Шліфувальні круги
Бруски: абразивні і металоабразивні різних розмірів і профілів для хонінгування, притирання, суперфінішування.	 Абразивний брусок
Стрічка: синтетична або стрічка з рослинних тканин різної ширини з приклеєними на її однієї або двох сторонах зернами абразивних матеріалів	 Абразивна стрічка

Назва інструменту	Фото інструменту
Наждачний папір: абразивний матеріал, нанесений на тканинну або паперову основу.	 Наждачний папір
Паста: абразивні притиральні та полірувальні абразиви рівномірно розподілені в сполучному (парафін, церезин, олеїнова кислота, стеарин, масла, гас і ін.).	 Паста абразивна
Тарілкоподібні круги форми 1Т, 2Т, 3Т рекомендується для загострення різальних інструментів у тому разі, коли вільний простір у зоні шліфування обмежений.	 Тарілкоподібні круги
Сталева вата: абразивний інструмент для шліфування та полірування.	 Сталева вата
Шліфувальні круги малих розмірів називають голівками , згідно з ГОСТ 2447-74 передбачено 7 різновидів. Вони застосовуються для внутрішнього шліфування обробки фасонних поверхонь, зняття задирок, зачищення, де не можуть бути використані шліфувальні круги. .	 Шліфувальні голівки
Алмазні і ельборові круги складаються з корпусу на якому закріплюються робочий шар, виняток складають круги прямого профілю, малих діаметрів , алмазні до 13 мм, ельборові до 22 мм, які повністю вміщують робочий шар	 Алмазний круг

7.5 ТЕРМОІНСТРУМЕНТ

Технічні фени, паяльні лампи, паяльники повсюдно використовуються в будівельному і ремонтному справі і дозволяють виконувати найширший спектр робіт. Їх зростаюча популярність пояснюється тим, що все більша кількість сучасних матеріалів і технологічних процесів вимагають застосування термоінструментів.

У свою чергу сімейство термоінструментів включає в себе різного роду обладнання, об'єднаного лише тим, що робота з даними інструментами передбачає виконання тієї чи іншої операції за допомогою температурного впливу на об'єкт. По суті ж, це зовсім різні інструменти, що відрізняються як з конструктивної, так і з функціональної точки зору. Розумно було б приділити кожному з них увагу окремо.

Технічний фен відрізняється здатністю видавати потік повітря, нагрітого до температури близько 300-500 ° С, але з невисокою швидкістю. Різні моделі технічних фенів можуть мати також і режими з більш низькою температурою повітря, наприклад, 50 ° С. Існують моделі, що дозволяють отримувати повітря з температурами в діапазоні 50-650 ° С з кроком в 10 ° С або плавним регулюванням. Деякі моделі дозволяють регулювати витрату повітря.

Будівельний фен має велике число застосувань.:

- сушка;
- підігрів клейких складів перед нанесенням (в т. ч. і прямо на поверхні, на яку вони наносяться);
- підігрів клейового шару перед поділом склеєних деталей (наприклад, видалення наклейок);
- підігрів деяких рознімних металевих з'єднань перед їх розбиранням;
- підігрів термопластових деталей для додання їм форми (наприклад, гнучка або посадка труб);
- розігрів покриттів з лаків і фарб для їх видалення;
- пайка і лудіння металів;
- сварка (перш за все термопластів);
- нанесення термопластичних герметиків;
- посадка термореактивної електроізоляції на проводах;
- розпал вугілля в мангалі;
- відігрівання замерзлих водопровідних труб;
- нагрівання поліефірної або епоксидної смоли для більш швидкого затвердіння.

Паяльний фен

Ручна пайка гарячим повітрям за допомогою спеціальних фенів стала популярна з широким розповсюдженням поверхневого монтажу і появою мікросхем з великою кількістю виводів. Устаткування для пайки гарячим повітрям набагато дешевше інфрачервоних печей, при цьому значно полегшує і прискорює роботу монтажника і ремонтника друкованих плат з поверхневим монтажем в порівнянні зі стрижневим паяльником.

Як правило паяльні фени входять в комплект деяких паяльних станцій. Основні відмінності від будівельних фенів - менший розмір, корпус під інший тип

хвата (без бічної ручки), більш плавне і точне регулювання температури і потоку повітря, набір насадок з тонкими соплами.

Паяльні фени забезпечуються підставками і автоматикою зниження температури при знаходженні на підставці.

При монтажі з використанням паяльних фенів зазвичай користуються не твердим припоєм, а паяльною пастою (спеціальна суміш порошку припою з флюсом).

Паяльні фени, як правило, бувають двох видів: з вбудованою в фен турбінкою і з насосом, вбудованим в паяльну станцію.

У фенів з турбінкою потік повітря слабкіше, сам фен крупніше. Фен з насосом з'єднаний зі станцією досить товстим повітряним шлангом.

Види термоінструменту наведені в таблиці 7.4.

Таблиця 7.4 – Термоінструмент

Назва групи термоінструменту	Опис інструменту	Фото інструменту
Паяльники з періодичним нагрівом	Молоткові і торцеві паяльники представляють собою масивний робочий наконечник, закріплений на відносно довгій металевій рукоятці, довжина якої забезпечує безпеку в поводженні з інструментом. Для виконання нестандартних робіт паяльники подібного типу забезпечуються фасонними наконечниками. Нагрівання цих паяльників здійснюється зовнішніми джерелами тепла - головним чином вогнем від газових або бензинових пальників.	 Молотковий паяльник  Торцевий паяльник
	Дуговий паяльник - нагрівання паяльника здійснюється електричною дугою, що періодично виникає між вугільним електродом, розташованим в ній паяльника і наконечником. Дуговий паяльник масою 1 кг нагрівається до температури 500 ° С при напрузі 24 В протягом 3 хв., споживана потужність 1,5-2,0 кВт.	 Дуговий паяльник
Паяльники з постійним нагрівом	Електропаяльники мають вбудований електронагрівальний елемент, що працює від електромережі, від понижувального трансформатора або від акумуляторів.	 Електропаяльник
	Газові - паяльники з вбудованим газовим пальником (горючий газ подається з вбудованого балончика зі зрідженим газом, або, рідше, газ подається по шлангу від зовнішнього джерела).	 Газовий паяльник

Назва групи термоінструменту	Опис інструменту	Фото інструменту
Паяльники з постійним нагрівом	Паяльники, що працюють <i>на рідкому паливі</i> - схожі з газовими, але нагрів здійснюється полум'ям згоряння рідкого палива.	 Паяльник на рідкому паливі
	<i>Термоповітряні</i> - в них нагрів деталей, розплавлення припою відбувається шляхом обдування їх струменем гарячого повітря. У цьому він нагадує промисловий фен, але, на відміну від нього, використовується тонка струмінь повітря..	 Термоповітряна паяльна станція
	Інфрачервоні - нагрівання здійснюється джерелом інфрачервоного випромінювання	 Інфрачервона паяльна станція
Імпульсний паяльник	<i>Імпульсний паяльник</i> – такий, в якому струм протікає через жало тільки під час пайки	 Імпульсний паяльник
Паяльні лампи	<i>Паяльна лампа</i> - нагрівальний прилад, в якому горіння вихідної речовини (спирту, гасу, бензину) переводить його в випарнику в газоподібний стан, а струмінь з форсунки затягує кисень, що знаходиться в повітрі, подібно пульверизатору.	 Газова паяльна лампа  Бензинова паяльна лампа

Назва групи термоінструменту	Опис інструменту	Фото інструменту
Фен	Технічний фен відрізняється здатністю видавати потік повітря, нагрітого до температури близько 300-500 ° С, але з невисокою швидкістю. Різні моделі технічних фенів можуть мати також і режими з більш низькою температурою повітря, наприклад, 50 ° С. Існують моделі, що дозволяють отримувати повітря з температурами в діапазоні 50-650 ° С з кроком в 10 ° С або плавним регулюванням. Деякі моделі дозволяють регулювати витрату повітря.	 Будівельний фен
	Основні відмінності паяльного фену від будівельних фенів - менший розмір, корпус під інший тип хвата (без бічної ручки), більш плавне і точне регулювання температури і потоку повітря, набір насадок з тонкими соплами. Паяльні фени забезпечуються підставками і автоматикою зниження температури при знаходженні на підставці. При монтажі з використанням паяльних фенів зазвичай користуються не твердим припоєм, а паяльною пастою (спеціальна суміш порошку припою з флюсом).	 Паяльний фен
Газове зварювання	Газозварювання - зварювання плавленням із застосуванням суміші кисню і пального газу, переважно ацетилену; рідше - водню, пропану, бутану, блаугазу, бензину і т. д.	 Комплект газозварника

7.6 ЕЛЕКТРОІНСТРУМЕНТ

Електрифікований інструмент - інструмент з електричним джерелом енергії.

Джерелом енергії для електричного інструменту може бути електрична мережа (зазвичай побутова 220 В, рідше з напругою 110 В і 380 В), або електричний акумулятор.

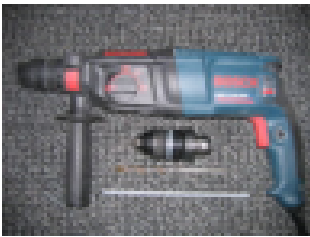
Електроінструмент може бути як стаціонарним, так і переносним.

Електроінструмент використовується для зварювання, різання, свердління, шліфування, полірування, фарбування, приклеювання різних матеріалів (металу, дерева, пластмаси і т.д.), зняття лакофарбового покриття, загортання, відвернення та забивання кріплення.

Електричний інструмент зазвичай складається з корпусу і розміщеного в ньому електродвигуна. Ротор електродвигуна безпосередньо або через редукторні шестерні приводить в обертання шпиндель, в якому закріплений робочий орган машини. У деяких випадках робочий орган з'єднаний з електродвигуном гнучким валом.

Таблиця 7.5 - Види електроінструменту

Група інструменту	Опис інструменту	Фото інструменту
Дрилі	Дриль являє собою інструмент, найчастіше, у формі пістолета, всередині якого розташовані тяговий перетворювач, пусковий вимикач, реверс, реостат або тиристорний регулятор потужності, електродвигун (УКД), а також механізм для свердління з ударом. На валу (шпинделі) дрилі розташований патрон, призначений для установки різних слюсарних і будівельних насадок. У потужних дрилів в шпинделі є посадка «конус Морзе» для безпосередньої фіксації в ній свердла.	 Електродріль
	Шуруповерт – ручний електроінструмент регулюванням крутного моменту і / або глибини загвинчування, призначений для закручування і відкручування шурупів, саморізів, гвинтів, дюбелів та інших видів кріпильних виробів, а також свердління отворів (при наявності кулачкового патрона або при використанні свердел з шестигранником).	 Шуруповерт

Група інструменту	Опис інструменту	Фото інструменту
Дрилі	Гайковерт – електроінструмент, призначений для закручування і відкручування різьбових з'єднань на болтах і гайках, а також для закручування і викручування глухарів і анкер-шурупів, в ряді випадків – з регульованим крутним моментом	 Гайковерт
	Електровикрутка - інструмент, призначений для загвинчування і відгвинчування кріпильних виробів з різьбленням, найчастіше гвинтів і шурупів, на голівці яких є шліц (паз).	 Електровикрутка
	Перфоратор – ударна машина, що забезпечує поряд з ударом обертання робочого інструмента. На відміну від свердління перфоратор не свердлити (не ріже) отвір гострою кромкою свердла, а пробиває отвір буром, як зубилом, з механізованим обертанням бура.	 Перфоратор
Електричний лобзик	Електричний лобзик – ручний електроінструмент для розпилювання різних матеріалів зі зворотно-поступальним рухом пильного полотна.	 Електричний лобзик
		 Пилки для електричного лобзика

Група інструменту	Опис інструменту	Фото інструменту
Електропили	Електрична дискова пила – пила з робочим органом у вигляді диска з ріжучими зубами. За допомогою дискових пилок можна виробляти прямолінійний розкрій матеріалів.	 Електрична дискова пила
	Торцювальна пила – циркулярна (кругла) пила з електричним мережевим (рідко – акумуляторним) приводом для поперечного розпили довгих заготовок як під прямим кутом, так і під довільно обраним кутом .	 Торцювальна пила
	Ланцюгова пила – портативна, електропила, що працює від електродвигуна, робочою частиною якої є ланцюгової пильний апарат, що складається із замкнутого в кільце ланцюга, що переміщається по напрямній шині. Шина і ланцюг знімні, тому їх називають «гарнітурою»	 Ланцюгова пила
	Штроборіз (борозник) – електроінструмент для пристрою технічних штробів (канавок або борозен) в стінах, підлогах і стелях. Штроборіз, як правило, застосовується електромонтажниками при виробництві електромонтажних та робіт.	 Штроборіз
Шліфувальні машини	У прямій шліфувальній машині шпиндель цього інструменту, на який встановлюється робоча оснащення, розташовується уздовж поздовжньої осі корпусу інструменту ..	 Пряма шліфувальна машина

Група інструменту	Опис інструменту	Фото інструменту
Шліфувальні машини	Стрічкова шліфувальна машина – машина, в якій шліфування здійснюється постійним односпрямованим рухом шліфувальної шкурки у вигляді стрічки, натягнутої на два (і більше) ролика. Завдяки високій продуктивності основне призначення цієї машини – шліфування великих поверхонь.	 Стрічкова шліфувальна машина зі збирачем пилу
	Кутова шліфувальна машина, «болгарка» - електроінструмент, один з різновидів шліфувальних машин, призначений для абразивної обробки: різання, шліфування і зачистки виробів з каменю, металу та інших матеріалів.	 Кутова шліфувальна машина
	Вібраційна шліфувальна машина здійснює шліфування та полірування шляхом швидких зворотно-поступальних рухів підшви (близько 20 000 коливань в хвилину з амплітудою близько 2 мм).	 Вібраційна шліфувальна машина
	Ексцентрикова шліфувальна машина здійснює шліфування та полірування двома видами одночасних рухів підшви: обертання по орбіті і обертання навколо своєї осі.	 Ексцентрикова шліфувальна машина з пилосбірником і шліфувальними кругами
	Заточувальний станок (Електроточило) – верстат для заточування ріжучого інструменту.	 Електроточило

Група інструменту	Опис інструменту	Фото інструменту
Нагрівний електроінструмент	Фени та паяльники описані раніше Клейовий пістолет – електромеханічний пристрій для розплавлення і дозованої подачі розплавленого клею.	 Клейовий пістолет
Інструмент для електричного зварювання	Зварювальний трансформатор - трансформатор, призначений для різних видів зварювання.	 Зварювальний трансформатор
	Інверторний зварювальний апарат — зварювальний пристрій, в якому формування вихідної напруги та регулювання струму зварювання здійснюється електронним інвертором.	 Зварювальний інвертор
	Зварювальний випрямляч - це апарат, що перетворює змінний струм мережі в постійний струм для зварювання	 Зварювальний випрямляч

Питання до розділу 7

1. Наведіть класифікацію інструменту електромеханіка.
2. Наведіть приклади різучого, слюсарно-монтажного, абразивного, термо- і електроінструментів.

8 ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНІ МАТЕРІАЛИ. МОНТАЖНІ ТА ЕЛЕКТРОМОНТАЖНІ ВИРОБИ ТА ДЕТАЛІ

Електротехнічні матеріали являють собою сукупність провідникових, електроізоляційних, магнітних і напівпровідникових матеріалів, призначених для роботи в електричних і магнітних полях. Сюди ж можна віднести основні електротехнічні вироби: ізолятори, конденсатори, проводи й деякі напівпровідникові елементи. Електротехнічні матеріали в сучасній електротехніці займають одне з головних місць. Всім відомо, що надійність роботи електричних машин, апаратів і електричних установок в основному залежить від якості і правильного вибору відповідних електротехнічних матеріалів. Аналіз аварій електричних машин і апаратів показує, що більшість з них відбувається внаслідок виходу з ладу електроізоляції, що складається з електроізоляційних матеріалів.

Не менш важливе значення для електротехніки мають магнітні матеріали. Втрати енергії і габарити електричних машин і трансформаторів визначаються властивостями магнітних матеріалів. Досить значне місце займають в електротехніці напівпровідникові матеріали, або напівпровідники. В результаті розробки і вивчення даної групи матеріалів були створені різні нові прилади, що дозволяють успішно вирішувати деякі проблеми електротехніки.

При раціональному виборі іншого електричного, магнітних та інших матеріалів можна створити надійне в експлуатації електрообладнання при малих габаритах і вазі. Але для реалізації цих якостей необхідні знання властивостей всіх груп електротехнічних матеріалів.

Матеріали і вироби, що застосовуються для монтажу електроустановок, можна розділити на чотири основні групи:

- електричні кабелі, проводи й шнури;
- електроізоляційні матеріали та вироби;
- метал і труби;
- монтажні та електромонтажні вироби та деталі.

8.1 ЕЛЕКТРИЧНІ КАБЕЛІ, ПРОВОДИ Й ШНУРИ

8.1.1 Загальні положення

На судах застосовують кабелі, проводи й шнури (рисунок 8.1). Кабель прокладають в приміщеннях і на відкритих палубах судна, провід - в сухих опалюваних приміщеннях.

Провід - це ізольовані жили або навіть одна неізольована, поверх яких в залежності від умов прокладки і експлуатації може бути неметалічна оболонка, обмотка або обплетення волокнистими матеріалами або дротом.

Шнур - це декілька ізольованих гнучких або особливо гнучких жил перерізом до 1,5 мм, укладених паралельно або може бути скрученими, зверху яких, знову ж таки, в залежності від умов експлуатації можуть бути накладені неметалічна оболонка і захисний покрив. Шнур містить 2-3 ізольованих провідники в загальній або роздільній легкій оболонці з бавовняних або шовкових ниток. Він служить для включення електро побутових приладів та інших пристроїв в сухих приміщеннях.

Кабель - одна або більше ізолюваних жил (провідників), укладених в неметалеву оболонку або металеву, поверх якої залежно від умов прокладки і експлуатації може накладатися захисний покрив, в який може входити броня.

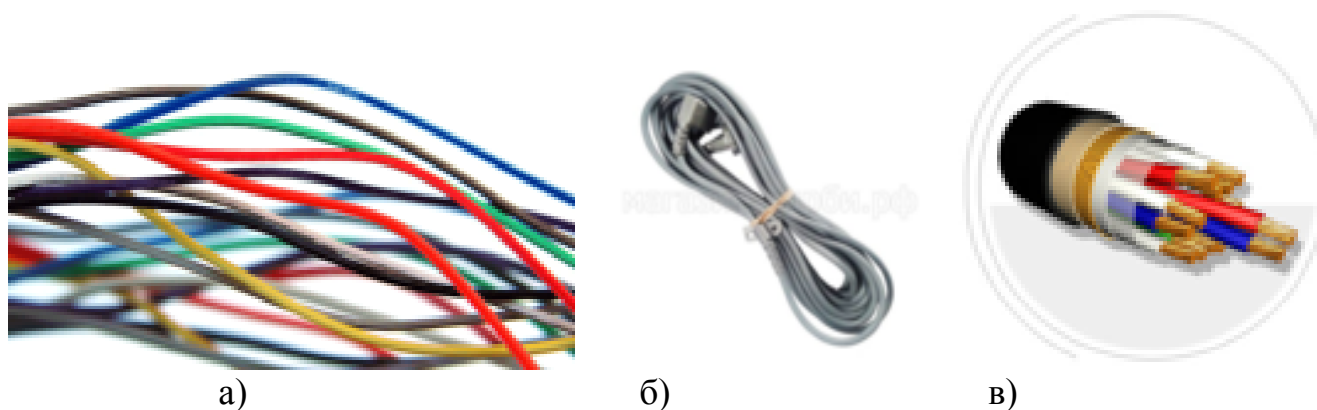


Рисунок 8.1 – Проводи (а), шнури (б), кабелі (в)

На сучасних судах прокладка проводів, шнурів, кабелів і оброблення їх кінців становлять значний, найбільш трудомісткий об'єм електромонтажних робіт. Крім монтажу проводів, шнурів, кабелів, в ці роботи входять: заготівля конструкцій їх кріплення, апаратури та іншого електрообладнання; виготовлення касет, скоб, панелей для їх прокладки; установка кабельних прохідних коробок і сальників, розподільних пристроїв; перевірка, налагодження і випробування окремих пристроїв і систем в цілому.

Проводи, шнури, кабелі суднові електричної мережі слід прокладати по можливості в місцях, доступних для огляду і обслуговування. Кабелі та проводи повинні: зберігати високі ізоляційні якості при підвищеній вологості, дії нафтопродуктів, масла, солоної води, температури до $+ 50^{\circ} \text{C}$; забезпечувати механічну міцність при тряска і вібраціях; витримувати багаторазові різкі вигини і значні механічні дії.

Кабелі виконують в тепло - і вібростійкому негорючому виконанні. Струмopовідні жили кабелів і проводів виготовляють з міді, ізоляцію - з гуми, ізоляційного поліхлорвінілу, поліетилену, захисну оболонку - з маслобензостойкої гуми, що не поширює горіння, шлангового поліхлорвінілу і іноді зі свинцю. На судах також застосовують кабелі та проводи з ізоляцією зі скловолокна, фторопласта і кремнійорганічної гуми.

Як захисна оболонка кабелю застосовується обплетення зі сталевих оцинкованих дротів, а в якості екрану - обплетення з мідних луджених дротів.

Кабелі без обплетення прокладають у нерухомих струмопровідниках у всіх приміщеннях судна, де відсутні механічні дії.

8.1.2 Призначення проводів і кабелів, їх класифікація

Різний устрій проводів і кабелів має на увазі класифікацію за різними параметрами: по порядку переданої потужності; за величиною напруги; за матеріалом струмопровідної жили; типу ізоляції; призначенням.

8.1.2.1 Призначення проводів і кабелів

За технічним призначенням випускаються проводи та кабелі прийнято розділяти на кілька видів:

- силові;
- контрольні;
- управління, сигналізація і блокування;
- телефонні та комп'ютерні;
- монтажні;
- обмотувальні;
- неізольовані (проводи);
- дроти запалювання і т.д.

Відповідно до ДСТУ існує близько 30 тис. проводів і кабелів, відмінних за призначенням, конструкцією і перетином жил. У суднових умовах для монтажу електромережі використовуються всі наведені вище види проводів і кабелів.

На суднах застосовують кабелі і проводи тільки з мідними жилами. В кабелях для монтажу схем управління і радіоелектронної апаратури струмопровідні жили (СПЖ) – лудженої мідної проволоки. Такі ж жили у кабелів і проводів в тропічному виконанні.

8.1.3 Силові дроти та кабелі для прокладки електромереж

8.1.3.1 Конструкція і характеристики.

Силові кабелі (СК) відрізняються конструкцією, розмірами, використовуваними матеріалами і вибираються в залежності від умов використання.

Основні характеристики любого електричного проводу наступні:

- Матеріал жили.
- Перетин жили.
- Кількість проволочок в жилі.
- Матеріал ізоляції.

Кожен СК складається як мінімум з трьох елементів:

- струмопровідна жила (СПЖ);
- ізоляція СПЖ;
- оболонки.

Для поліпшення характеристик СК в конструкцію включають такі елементи:

- екран;
- поясна ізоляція;
- подушки під броню;
- броня;
- заповнювач.

Матеріал і перетин жил

Як матеріал струмопровідних жил зазвичай використовують алюміній або мідь. В суднових умовах використовуються силові кабелі тільки з СПЖ із міді.

Мідь поряд з численними плюсами володіє не меншою кількістю мінусів.

- Переваги: провідність вище, ніж у алюмінію, гнучкість, не утворює оксидної плівки. Від гнучкості залежить товщина жили. Алюмінієві провідники не можуть бути тонше 2,5 мм², а з міді можна виготовляти жили 0,3 мм².
- Недоліки: дорожнеча, висока щільність, а отже, і вага, неможливість прямого з'єднання з алюмінієвими жилами. При контакті ці два метали утворюють гальванічну пару, і виникають струми, що руйнують контакт. Саме тому при необхідності контакту використовують спеціальні клеми з'єднання.

Проводи випускаються з перетином жили від 0,3 до 800 мм².

Для суднових кабелів і проводів прийняті наступні стандартні площі перетину жил, мм²: 0,35; 0,5; 0,75; 1; 1,5; 2,5; 4; 6; 10; 16; 25; 35; 50; 70; 95; 120; 150; 185; 240; 300; 400; 500; 625.

З метою підвищення заповнення перетину кабелю струмопровідними жилами їх форму змінюють з круглої на сегментну, секторну або трикутну.

Перетин силових кабелів, наведений на рисунку 8.2

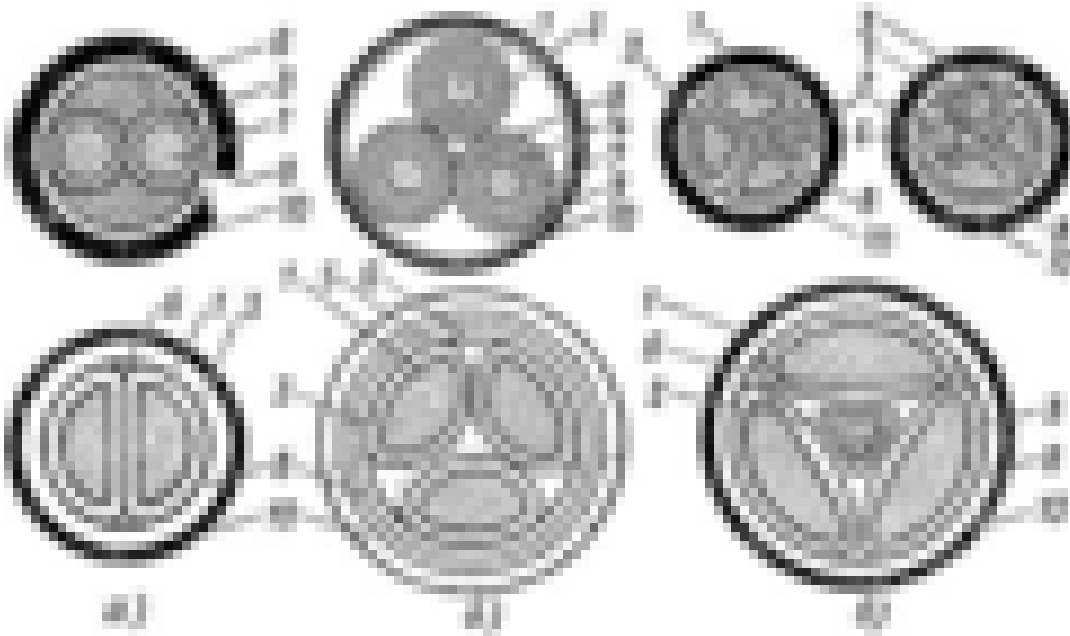


Рисунок 8.2 – Перетини силових кабелів: а - двожильні кабелі з круглими і сегментними жилами, б - трижильні кабелі з поясною ізоляцією і окремими оболонками, в - чотирижильні кабелі з нульовою жилою круглої, секторної і трикутної форми, 1 - струмопровідна жила, 2 - нульова жила, 3 - ізоляція жили, 4 - екран на струмопровідній жилі, 5 - поясна ізоляція, 6 - заповнювач, 7 - екран на ізоляції жили, 8 - оболонка, 9 – броньовий покрив, 10 - зовнішній захисний покрив

Перш за все товщина жили залежить від напруги і сили струму. Залежність тут проста: чим більше перетин, тим вище навантаження.

Кількість проволон в жилі.

Від їх числа залежить гнучкість проводу. Чим більше кількість проволон на одиницю перетину, тим гнучке провідник. Розрізняють жили гнучкі і з підвищеною гнучкістю, що використовуються при виготовленні шнурів. Відповідно, якщо від провіднику потребують держати форму, наприклад при монтажі розподільних щитів, застосовують однодротові жили.

Встановлено наступний стандартний ряд кількості жил в кабелях: 1; 2; 3; 4; 5; 7; 10; 12; 14; 16; 19; 24; 27; 30; 33; 37; 41; 44; 48; 52; 61. У свою чергу кожна жила складається, як правило, з декількох не ізольованих один від одного скручених провідників. За гнучкості жили поділяють на чотири типи:

- нормальні, застосовувані в кабелях, призначених для нерухомої прокладки;
- гнучкі;
- підвищеної гнучкості - в кабелях для рухомої прокладки;

- особливо гнучкі - в кабелях з малими радіусами вигину в проводах і шнурах переносних приладів.

Максимальний струм, який може пропустити жила залежить від умов охолодження кабелю (відкрито проложених або в трубі).

Таблиця 8.1 - Припустимий тривалий струм для проводів і шнурів з гумовою і полівінілхлоридною ізоляцією з мідними жилами

Перетин струмопровідної жили, мм ²	Струмові навантаження, А проводів, прокладених в одній трубі (коробі, пучку)					
	Відкрито (в лотку)	1+1 (два 1ж)	1+1+1 (три 1ж)	1+1+1+1 (чотири 1ж)	1*2 (один 2ж)	1*3 (один 3ж)
0,5	11	-	-	-	-	-
0,75	15	-	-	-	-	-
1,00	17	16	15	14	15	14
1,5	23	19	17	16	18	15
2,5	30	27	25	25	25	21
4,0	41	38	35	30	32	27
6,0	50	46	42	40	40	34
10,0	80	70	60	50	55	50
16,0	100	85	80	75	80	70
25,0	140	115	100	90	100	85
35,0	170	135	125	115	125	100
50,0	215	185	170	150	160	135
70,0	270	225	210	185	195	175
95,0	330	275	255	225	245	215
120,0	385	315	290	260	295	250
150,0	440	360	330	-	-	-
185,0	510	-	-	-	-	-
240,0	605	-	-	-	-	-
300,0	695	-	-	-	-	-
400,0	830	-	-	-	-	-

Матеріал ізоляції.

Це найважливіша частина провідників. Саме ізоляція надає кабелю або проводу ті чи інші якості. Провідники можуть бути броньованими, термостійкими, водонепроникними, захищеними від тиску і іншими - все це ізоляція. Електричний струм може бути небезпечним для життя, і ізоляційні матеріали необхідні для захисту людини. Однак це не єдина функція ізоляції. Металевий провідник потребує захисту. Особливо це стосується багатожильних кабелів.

У кабелі зазвичай ізолюється струмопровідна жила, яка поміщається в оболонку (див. рисунок 8.3).

Основні завдання ізоляції: захист від витоку і ураження електричним струмом, механічний і термічний захист кабелю, індикація провідників. Видів ізоляції, як і матеріалів, з яких вона виготовляється, безліч. Немає сенсу розглядати їх всі. Ізоляція підрозділяється на СПЖ (струмопровідну жилу) і оболонку, яка покриває провід зовні.

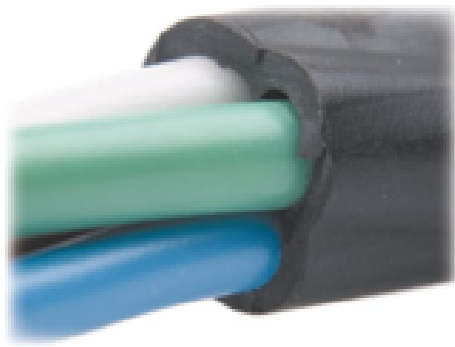


Рисунок 8.3 – Ізольовані струмопровідні жили в оболонці

Основною характеристикою матеріалу ізоляції проводу є електрична міцність. Це таке значення сили струму, при якому заряд пробиває шар ізоляційного матеріалу товщиною в 1 мм. Всі кабелі мають багаторазову електричну міцність. Пробій в такій ізоляції можливий лише в разі механічного пошкодження або в силу тривалої служби проводу.

Друга характеристика ізоляції - нагрівостійкість. Це просто: чим вище показник, тим більшу температуру нагрівання може витримати ізоляція без втрати своїх якостей. До даних показників додаються морозостійкість і механічна міцність. Чим міцніше і стійкіше на розрив і вигин матеріал ізолятора, тим краще. З поняттям механічної міцності пов'язаний термін «опресовування кабелю». При виготовленні, коли зовнішня оболонка надаватися на ізоляцію СПЖ, кабель потім опресовується, набуваючи щільність і структуру - плоску або круглу.

Полівінілхлорид (ПВХ) (рисунок 8.4) - найбільш поширений ізоляційний матеріал. Це полімер білого кольору, що володіє високою стійкістю до кислот і лугів. Практично негорючий. Досить м'який і гнучкий матеріал, проте має кілька мінусів, а саме: низьку морозостійкість (до -20°C), хоча останнім часом створені і холодостійких модифікації, при нагріванні замість горіння починає виділяти хлороводень і діоксини (досить шкідливі речовини з їдким запахом). Наприклад, хлороводень при додаванні води утворює соляну кислоту, тобто при вдиханні диму на слизових оболонках утворюється роз'їдає кислота.



Рисунок 8.4 – Ізоляція з ПВХ

Гума - відмінний ізолятор (рисунок 8.5), що виготовляється з штучного або природного каучуку. Застосовується, коли необхідні підвищена гнучкість кабелю і морозостійкість.



Рисунок 8.5 – Гумова зовнішня оболонка дроту

Поліетилен – ізолятор (рисунок 8.6) з хорошими показниками морозостійкості, вельми стійкий до агресивних речовин.



Рисунок 8.6 – Провід з поліетиленовою ізолюючою плівкою

Силіконова гума - дуже еластичний термостійкий ізолятор, при згорянні утворює діелектричну захисну плівку.

Просочений папір має відмінні ізолюючі якості, але, на жаль, добре горить і вимагає додаткових матеріалів для термоізоляції.

Карболіт - пластичний матеріал (рисунок 8.7), який використовується для виробництва розеткових колодок і оболонок кабельних затискачів, термостійкий, але крихкий.



Рисунок 8.7 – Провід з карболіту

Екран зазвичай є у інформаційних кабелів (рисунок 8.8). Складається з металевої фольги і виконує функції відбивача для сторонніх електромагнітних сигналів, а також вирівнювання електричного поля всередині самого себе.

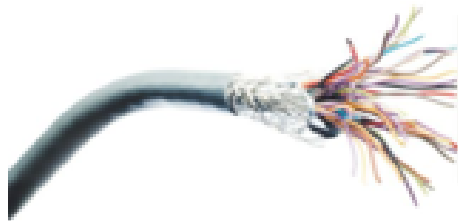


Рисунок 8.8 – Інформаційний кабель з екраном

Захисний покрив (рисунок 8.9): в силових кабелях високої напруги, що закладаються в землю, використовується метал для захисту від механічного впливу. Під бронею і над нею стоять захисні подушки. Вони оберігають ізоляцію від металу броні і останню від зовнішнього впливу.

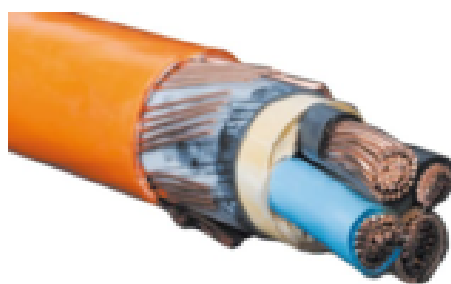


Рисунок 8.9 – Броньований провід

Екрани застосовують для захисту зовнішніх кіл від впливу електромагнітних полів струмів, що проходять по кабелю, і для забезпечення симетрії електричного поля навколо жил кабелю. Екрани виконують з напівпровідного паперу і алюмінієвої або мідної фольги.

Заповнювач необхідний для усунення вільних проміжків між конструктивними елементами кабелю з метою герметизації, надання необхідної форми і механічної стійкості конструкції кабелю. Як заповнювачі застосовують джгути з паперових стрічок або кабельної пряжі, нитки з пластмаси або гуми.

Оболонки силових кабелів. Алюмінієва, свинцева, сталева гофрована, пластмасова і гумова негорюча (найритова) оболонки кабелю оберігають внутрішні елементи кабелю від руйнування вологою кислотами, газами і т.п.

Алюмінієву оболонку силових кабелів на напругу до 1 кВ допускається використовувати в якості четвертої (нульової) жили в чотирьох провідних мережах змінного струму з глухозаземленою нейтраллю за винятком установок з вибухонебезпечним середовищем і установок, в яких струм в нульовому проводі при нормальних умовах складає більше 75% струму в фазної жили.

Захисні покриття силових кабелів. Так як оболонки кабелів можуть пошкоджуватися і навіть руйнуватися від хімічних і механічних впливів, їх покривають захисними покриттями.

Захисні покриття захищають оболонки кабелю від зовнішніх впливів (корозії, механічних пошкоджень). До них відносяться подушка, бронепокрив і зовнішній покрив. Залежно від конструкції кабелю застосовують один, два або три захисних покриття.

Подушка накладається на екран або оболонку для їх захисту від корозії і пошкодження стрічками або дротами броні. Подушка виконується з шарів просоченої кабельної пряжі, полівінілхлоридних, поліамідних та інших рівноцінних стрічок, крепірованого паперу, бітумного складу або бітуму.

Для захисту від механічних пошкоджень оболонки кабелів обмотують в залежності від умов експлуатації сталеву стрічковою або дротяною бронею. Дротяну броню виконують з круглих або плоских дротів.

Броня з плоских сталевих стрічок захищає кабелі тільки від механічних пошкоджень. Броня із сталевих дротів крім цього сприймає також і розтяжні зусилля. Ці зусилля виникають в кабелях при вертикальній прокладці кабелів на велику висоту або по трасах з крутим нахилом.

Для запобігання броні кабелів від корозії її покривають зовнішнім покривом, виконаним з шару кабельної або скляної пряжі, просоченої бітумним складом, а в деяких конструкціях поверх шарів пряжі і бітуму накладають полівінілхлоридний або поліетиленовий шланг (рисунк 8.10)..

Всередині самого кабелю під зовнішньою оболонкою, ізольовані жили посипають крейдою для поліпшення їх ковзання і попередження злипання жил.

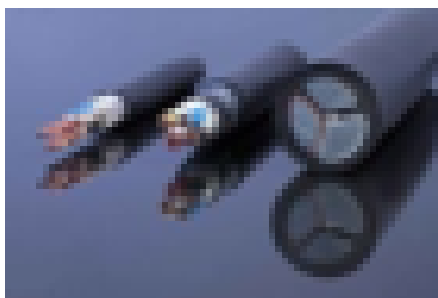


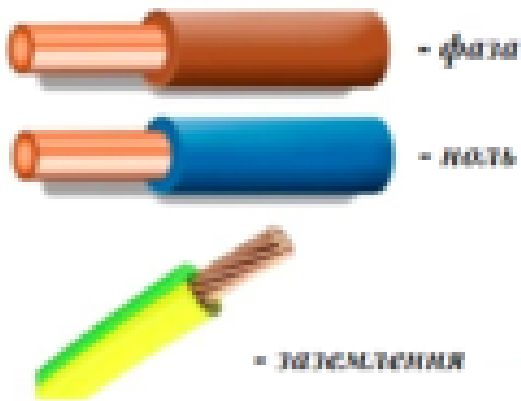
Рисунок 8.10 – Силові кабелі

У шахтах, вибухонебезпечних і пожежонебезпечних приміщеннях не допускається застосовувати броньовані кабелі звичайної конструкції через наявність між оболонкою і бронею кабелю «подушки» з вмістом пального бітуму. У цих випадках повинні застосовуватися кабелі з негорючою «подушкою» і зовнішній покрив, виготовлений на основі скляної пряжі з штапельного скловолокном.

Колірна індикація ізоляції проводів

Це важлива функція ізоляції. Все СПЖ укладені в оболонку різних кольорів, так що не доводиться гадати, яка жила виходить з різних сторін кабелю. Крім того, кольорове маркування несе інформаційне навантаження. У різних видах кабелю жили мають різне забарвлення. Однак, як правило, в трижильній вони коричневого, синього та жовто-синього кольорів, що показано на рисунку 8.11.

для однофазної мережі (220 В)



для трифазної мережі (380 В)

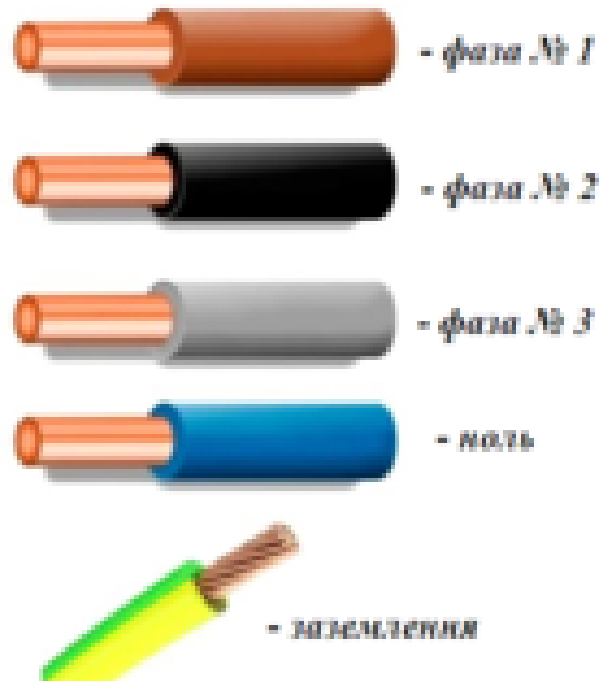


Рисунок 8.11 – Стандартне колірне маркування кабелів для однофазної і трифазної мережі

Технічні характеристики:

- температура експлуатації: $-50 \dots +50^{\circ}\text{C}$;
- температура, допустима для тривалого нагрівання жив: $+90^{\circ}\text{C}$;
- температура, максимально допустима при короткому замиканні: від $+250^{\circ}\text{C}$;
- термін служби: не менше 30 років.

Кабелі й проводи силові, які також називаються установочними, розраховані на передачу електроенергії на напругу до 1150 кВ. Ці проводи та кабелі використовуються для передачі електричної енергії та прокладки всередині приміщень, або поза будівлями - на відкритому повітрі або в землі.

Залежно від марки, силові кабелі можуть бути пожежобезпечними (для прокладки в дерев'яному будинку, АЕС та ін.), з низьким виділенням диму та інші.

Силові кабелі мають захисну оболонку і можуть включати від однієї до 5 ізолюваних жил. Перетин однієї жили може варіюватися від $1,5 \text{ мм}^2$ до 1000 мм^2 .

8.1.3.2 Маркування силових кабелів.

Маркування силових кабелів зазвичай включає букви, що позначають матеріал, з якого виготовлені жили, ізоляція, оболонка, і тип захисту покриття. Маркування кабелів високої напруги відображає також особливості його конструкції.

Розшифровка марки силового кабелю

Класифікація та маркування силових кабелів Мідні струмопровідні жили в маркуванні кабелів не відзначаються спеціальною буквою, алюмінієва жила позначається буквою А, що стоїть на початку маркування. Наступна буква маркування кабелю позначає матеріал ізоляції, причому паперова просочена ізоляція не має буквеного позначення, поліетиленова ізоляція позначається буквою П, ПВХ - буквою В, а гумова ізоляція - буквою Р. Далі слідує буква, відповідна типу

захисної оболонки: А - алюмінієва, С - свинцева, П - поліетиленовий шланг, В - оболонка з полівінілхлориду, Р - гумова оболонка. Останні букви позначають тип захисного покриття.

Наприклад, кабель марки СГ має мідну жилу, паперову просочену ізоляцію, свинцеву оболонку, захисні покриття відсутні. Кабель марки АПаШв має алюмінієву жилу, ізоляцію з поліетилену, алюмінієву оболонку і шланг з полівінілхлоридного пластикату.

Маслонаповнені кабелі у своєму маркуванні містять букву М (на відміну від газонаповнених - буква Г), а також букву, що позначає характеристику тиску масла в кабелі і пов'язані з цим особливості конструкції. Наприклад, кабель марки МНС - це кабель маслонаповнений, низького тиску, в свинцевій оболонці з зміцнюючим і захисним покровом або кабель марки МВДТ - маслонаповнений кабель високого тиску в сталевому трубопроводі.

8.1.4 Контрольні проводи і кабелі

Контрольні кабелі призначені для приєднання до електричних приладів, апаратів в електричних розподільних пристроях змінної (до 600 В і частоти до 100 Гц) або постійної напруги до 1000 В при температурі навколишнього середовища від - 50 до + 50°C.

Контрольні кабелі можуть мати жили перерізом від 0,75 до 10 мм² з однієї мідної або алюмінієвої проволочки, число жил - 4,5,7,10,14,19,27,37.

Жили можуть мати ізоляцію гумову, з ПВХ пластикату, з поліетилену. Поверх жил накладається оболонка, а поверх її може накладатися броня з двох сталевих стрічок і іноді захисний покрив.

Контрольні кабелі маркуються таким чином: Х0КХ1Х2Х3Х4 - Х5Х6, де Х0 - матеріал жили: А - алюміній, мідь позначення не має, К - контрольний, Х1 - матеріал ізоляції жили: Р - гума, В - полівінілхлорид, П - поліетилен, Пс - поліетилен само загасаючий, Х2 - оболонка: В - полівінілхлорид, ВГЭ - полівінілхлорид поверх загального екрану з алюмінієвої або мідної фольги, Н - гума, що не поширює горіння (найритова), С - свинцева, Х3 - броня: Б - дві сталеві стрічки, Бб - одна профільована сталева стрічка, К - круглі оцинковані сталеві дроти при гумовій ізоляції жил, Пб - теж при ПВХ або ПЭ ізоляції жил, Х4 - захисний покрив броні: Г - відсутня, Н - не поширює горіння, Шв - ПВХ шланг, Х5 і Х6 - число і перетин жил, мм².

Приклад позначення: КВБбШв - 4 х 2,5

К - контрольний з мідними жилами, В - ізоляція жил - ПВХ пластикат, Бб - оболонка відсутня, тому вказана броня з однієї профільованої оцинкованої сталєвої стрічки, Шв - захисний покрив з ПВХ шланга.



Рисунок 8.12 – Контрольний кабель КВБбШв

АКРВГЭ - 4 х 2,5 - алюмінієва жила, контрольний кабель, гумова ізоляція жил, ПВХ оболонка, голий (без броні), але має екран з мідної або алюмінієвої фольги, поверх якого покладена оболонка, 4 жили перерізом 2,5 мм² кожна.



Рисунок 8.13 – Контрольний кабель КРВГЭ

У контрольних кабелях ізольовані струмопровідні жили скручують. У кожному повіві є лічильна жила синього або блакитного кольору, а поруч з нею жила напрямку - червоного або рожевого кольору.

Лічильна жила - ізольована жила, що відрізняється забарвленням ізоляції від усіх інших жил повіву і призначена для знаходження шляхом відліку від неї шуканої жили.

Жила напрямку - ізольована жила, що відрізняється забарвленням ізоляції від усіх інших жил повіву і призначена для визначення напрямку, в якому повинен бути здійснений відлік для знаходження шуканої жили.

8.1.5 Кабелі сигналізації і блокування

Кабелі сигналізації і блокування призначені для залізничних кіл, пожежної автоматики, телеграфу та інших систем при напрузі змінного струму 300 В і постійного струму 700 В, при температурі навколишнього середовища від - 50 до + 60°C.

Кабелі сигналізації і блокування випускаються тільки з мідними жилами, діаметр дроту 1,0 мм. Ізоляція жил і оболонки - поліетилен або ПВХ пластикат. Можуть бути броньовані двома сталевими стрічками.

Маркування аналогічна контрольним кабелям, тільки першими літерами стоять «СБ» - кабелі сигналізації і блокування.

Ізольовані жили або пари скручують. У кабелі з числом жил більше 7 в кожному повіві дві суміжні жили мають забарвлення, що відрізняє їх один від одного і від інших жил.

Число пар жил: 1,3,4,10, 12, 14, 19, 24, 27, 30. Жил - від 2 до 61.

Кабелі можуть мати екран з алюмінієвої стрічки або металізованого паперу і з поздовжньою прокладкою мідного дроту діаметром 0, 5-0,6 мм, що має по всій довжині контакт з екраном, для заземлення екрана.



Рисунок 8.14 – Кабель сигналізації і блокування СБПуЭ

8.1.6 Кабелі управління

Кабелі управління призначені для цілей управління, контролю та інформації в установках напругою від 127 до 1000 В.

Кабелі управління виготовляють тільки з мідними жилами з гумовою, поліетиленовою і полівінілхлоридною ізоляцією жил або термостійкою ізоляцією із фторопласту або кремнійорганічної гуми. Поверх скручених ізольованих жил накладають гумову або ПВХ оболонку і в деяких випадках оплетку з сталевих оцинкованих, нержавіючих чи луджених мідних проводів. Перетин жил - від 0,2 до 2,5 мм². Число жил - від 2 до 68.

Позначення кабелів: перша буква К, друга буква - У, що означає кабель управління. Після цих букв ставиться позначення ізоляції жил: Р - гума, П - поліетилен, В - полівінілхлорид, ДФ - фторопласт. Гнучкий кабель має в позначенні букву Г, яка ставиться після букв КУ або після позначення ізоляції жил, наприклад КРГ.

Останні букви в позначенні означають або оболонку або особливості кабелю: С - силовий, М - модернізований, ЭМ - екранований модернізований, ТВ - для електронних пристроїв тензометричних ваг, РТ - оболонка з гуми термостійкої.

Найбільш широко застосовуються кабелі управління КРШУ, КРШМ, КРШУЭ, КРШУЭМ - для гнучкого монтажу систем управління в електричних установках, що працюють на відкритому повітрі. Число жил 4, 7, 10, 12, 16, 19, 24, 27 і 37, перетином - 1 мм², ізоляція - гума.



Рисунок 8.15 – Кабель управління КРШУ

КУПР - 500, з поліетиленовою ізоляцією жил перерізом - 1, 1,5, 2,5 мм², число жил від 7 до 37, зверху оболонка з гуми. Призначений для роботи в польових умовах.

КУГВВ - багатожильний гнучкий із ПВХ ізоляцією жил, в ПВХ оболонці, перетин жил - 0,35 мм², число жил від 7 до 61. Призначені для фіксованого монтажу кіл управління і контролю.

8.1.7 Монтажні кабелі та проводи.

Монтажні кабелі та проводи використовуються для монтажу приладів і апаратів всередині приладу та між приборами. Ці проводи та кабелі використовуються з ПВХ, ПЭ, ПЭТФ, гумовою і волокнистою ізоляцією, круглі і стрічкові.

Кабелі мають в позначенні першу букву К або МК, дроти МГ - багатожильний гнучкий, МШ - багатожильний шланговий (шнур), Ш - шнур, П - провід та інші літери: Р - радіомонтажний, ЛЛ - ізоляція з ПТФЕ (із фторопластовою ізоляцією). Кількість жил - від 1 до 61, перетин - від 0,12 до 6,0 мм².

Найхарактерніші марки: кабель КМВ - жила з лудженого мідного дроту, перетин 0,5 і 0,75 мм² і ПВХ пластикату, оболонка з ПВХ, жил - 2,3,5,7.



Рисунок 8.16 – Кабель КМВ

Мідні дроти і кабелі використовують:

- в вимірювальних колах термометрів опору,
- в електричних проводках систем автоматизації вибухонебезпечних і пожежних установок,
- в установках, схильних до вібрації,
- в колах вимірювання, управління, живлення, сигналізації і т.п., напругою до В при перетині жил проводів і кабелів до $0,75 \text{ мм}^2$.

Мінімально допустимі перетини жил проводів і кабелів електропроводок систем автоматизації повинні бути:

- а) в колах напругою до 60 В - не менше $0,2 \text{ мм}^2$ (діаметр 0,5 мм) для мідних провідників,
- б) в колах напругою понад 60 В - не менше 1 мм^2 для мідних, $2,5 \text{ мм}^2$ для алюмінієвих провідників.

8.2 З'ЄДНУВАЧІ ТА НАКОНЕЧНИКИ КАБЕЛІВ І ПРОВОДІВ

8.2.1 Електричні з'єднувачі

Електричний з'єднувач (приладовий роз'єм) - це електромеханічний пристрій, призначене для механічного з'єднання і роз'єднання вручну електричних кіл (проводів, кабелів, вузлів і блоків) в різних видах електро - і радіоапаратури при вимкненому джерелі живлення. Використання роз'ємів обумовлено необхідністю поділу радіоапаратури на блоки для зручності складання, ремонту, експлуатації. Особливістю експлуатації роз'ємів є порівняно невелика кількість з'єднань і роз'єднань (100-500 раз). З'єднання і роз'єднання виробляються в неробочому стані апаратури - при монтажі, складанні, ремонті.

З'єднувач складається з двох частин (контакт-деталей) - вилки, з закріпленими в ній контактними штирями, і розетки, що містить контактні гнізда.

Основними елементами конструкції електричних з'єднувачів є контакти-деталі, ізолятори, корпусні деталі та затискні елементи.

Електричний з'єднувач (роз'єм) - електротехнічний пристрій, призначений для механічного з'єднання і роз'єднання електричних кіл. Зазвичай складається з двох або більше частин: вилки і відповідної їй розетки.

Електричне з'єднання відбувається шляхом створення електричного контакту між провідниками. Число контактів визначається призначенням роз'єму і може становити від одного до декількох тисяч.

Конструктивне електричний з'єднувач складається, як правило, з двох частин: вилочної (вилки) і розеточної (розетки). Кожна з частин в свою чергу зазвичай складається з корпусу і ізолятора з контакт-деталлями.

Контакт-деталь - деталь, що стикається з іншого при зчленуванні частин електричного з'єднувача для створення електричного контакту. Виготовляється з металу з хорошою електропровідністю (сплавів алюмінію або міді) і часто покривається дорогими металами (срібло, золото, платина) для запобігання окислення.

Частина контакт-деталі до якої приєднуються металеві жили проводу або кабелю називається **хвостовиком електричного з'єднувача**. За способом з'єднання з жилами проводу розрізняють хвостовики для пайки, зварювання, обтискача і закрутки.

Для закріплення екрана кабелю до кожуха або корпусу електричного з'єднувача служить деталь під назвою **екранний затиск**.

Корпус з'єднувача буває розбірним і нерозбірним; виготовляються корпуси з пластика, гуми, кераміки, металу та інших матеріалів.

Ізолятор - деталь вилки або розетки, розташована всередині корпусу і призначена для механічного кріплення контакт-деталей і електричної ізоляції їх один від одного. Виготовляється з пластику або кераміки. У нерозбірних корпусних частинах з'єднувача ізолятор зазвичай відсутня.

Кабельний затискач - деталь на монтажній стороні частини з'єднувача, що забезпечує захист хвостовиків електричного з'єднувача від механічних зусиль.

У з'єднувачах, що використовуються на нерухомих пристроях і агрегатах, кабель в корпус з'єднувача може вводиться через круглий отвір. Кабель з'єднувача, встановленого на рухомих частинах пристроїв і агрегатів, може піддаватися вигинам і натягу, що може привести до пошкодження жил кабелю в місці приєднання до контакт-деталей або пошкодженню самих хвостовиків. Щоб цього не сталося, з'єднувачі оснащують спеціальним кабельним затиском або пристроєм захисту від натягу і скручування або і тим і іншим одночасно. З'єднувач, призначений для роботи в пильному і вологому середовищі додатково оснащується **ущільнювачем** (прокладкою) і **заглушкою** - деталлю, призначеною для захисту контакт-деталей і ізолятора від механічних і кліматичних впливів.

Для виключення можливості помилкового з'єднання більшість роз'ємів виконують з орієнтують елементами, на професійному жаргоні часто званими «ключами». Орієнтує елемент - це напрямні в формі різних виступів і пазів, що забезпечують при зчленуванні взаємну орієнтацію частин електричного з'єднувача. Орієнтують елементи призначені, як правило, для того, щоб кожен контакт однієї частини з'єднувача з'єднався з призначеним йому у відповідь контактом іншого при зчленуванні.

Ізолятори призначені для створення електричної ізоляції між контактами і між контактами і металевим корпусом в заданих умовах роботи. Ізолятори служать також для закріплення і фіксації контактів і передачі механічних сил контактам при зчленуванні і розчленуванні вилок і розеток з'єднувачів.

Корпус з'єднувача забезпечує міцну і однозначну установку контактів, захист контактів і ізоляторів від пошкоджень, кріплення джгута або кабелю до з'єднувачу і всього з'єднувача до апаратури, взаємну орієнтацію відповідних частин з'єднувача і їх фіксацію в положенні зчленування.

8.2.1.1 Класифікація електричних з'єднувачів

За видом з'єднуваних кіл всі електричні з'єднувачі підрозділяються на три групи:

- низькочастотні з'єднувачі (НЧ) напругою до 1,5 кВ, призначені для роботи в електричних колах змінного і імпульсного струмів з частотою до 3 МГц і робочої тривалістю сигнальних фронтів імпульсів до 0,1 нс;
- радіочастотні з'єднувачі (РЧ), призначені для з'єднання радіочастотних трактів із хвильовим опором 50 Ом або 75 Ом;
- комбіновані з'єднувачі, призначені для одночасного з'єднання низькочастотних, радіочастотних та імпульсних кіл.

За конструктивними особливостями і за формою ізоляторів з'єднувачі підрозділяються на два види: циліндричні і прямокутні. Циліндричні роз'єми мають форму тіла обертання навколо осі зчленування. Прямокутні приладові роз'єми характеризуються прямокутним або близьким до нього перетином, перпендикулярним осі зчленування.

Циліндричні з'єднувачі в порівнянні з прямокутними більш стійкі до впливу кліматичних і механічних чинників, забезпечують найбільш надійний закладення джгутів, проводів і кабелів. Прямокутні з'єднувачі зручніше для електромонтажу при дещо більшою щільності контактів в з'єднувачі в порівнянні з циліндричними.

За функціональним призначенням розрізняють наступні види з'єднувачів:

- міжблочні роз'єми, призначені для з'єднання окремих блоків радіоапаратури між собою або із загальним колом пристрою, наприклад, стійки. При цьому частини міжблочні роз'єми встановлюються на конструктивних елементах блоку або стійки;
- блокові роз'єми, розраховані на приєднання кабелю від інших блоків РЕС (наприклад, від джерела живлення). При цьому одна з частин блочного роз'єму встановлюється на блоці, а інша кріпиться до кабелю;
- кабельні роз'єми, призначені для з'єднання частин кабелю між собою;
- прохідні роз'єми - для з'єднання кабелів або джгутів провідників через стінку блоку. При цьому нерухома частина роз'єму (прохідник) знаходиться на стінці блоку, а частини кабелю або джгута роз'єднуються незалежно одна від одної;
- роз'єми для друкованого монтажу - для з'єднання функціональних вузлів РЕА на друкованих платах. Ці роз'єми виконуються у вигляді торцевих і навісних. Торцеві друковані роз'єми забезпечують безпосереднє з'єднання контактів гніздовий частини з'єднувача з провідниками друкованої плати.

Навісні друковані роз'єми - це з'єднувачі, які забезпечують з'єднання за допомогою вилки, яка встановлюється на друкованій платі, а хвостовики вилки припаюються до друкованої плати. При великих масі і габаритах, ніж торцеві, навісні роз'єми забезпечують більшу зносостійкість і не вимагають високої точності при виготовленні друкованих плат.

Нарешті, приладові роз'єми класифікуються за габаритністю.

Габаритність - це параметр, який визначається кроком контактів, тобто відстанню між осями контактів в ряду. Види габаритності електричних з'єднувачів наведені в таблиці 8.2.

Таблиця 8.2 - Види габаритності електричних з'єднувачів

Вид габаритності (умовне означення)	Шаг контактів, мм
Нормальних габаритів (Н)	5
Малогабаритні (Г)	3,4-4,9
Субмініатюрні (С)	1,8-3,3
Мініатюрні (И)	1,3-1,7
Мікромініатюрні (М)	1,25
Супермікромініатюрні (К)	0,63

8.2.1.2 Типи контактів, які застосовуються в електричних з'єднувачах

Контакти-деталі з'єднувача (штир або гніздо) складаються з трьох основних елементів:

- робочий елемент, який сприймає і створює контактне натискання і, таким чином, забезпечується електричний контакт;
- елемент кріплення контакту в ізоляторі;
- хвостовик, до якого приєднуються провід або жили кабелю.

Приклади конструкцій контактів-деталей наведені на рисунку 8.17.

Циліндрична контактна пара з суміщеними електричними і пружними елементами (рисунок 8.17, а) складається з розрізного циліндричного гнізда 1 і жорсткого круглого штиря 2, виготовлених з латуні і покритих золотом, сріблом, паладієм або їх сплавами.

Число точок контактування в цій контактній парі визначається кількістю пружних елементів, а діаметр контакту - максимальним робочим струмом. Контакти-деталі подібної конструкції застосовують, наприклад, в з'єднувачах типу РС.

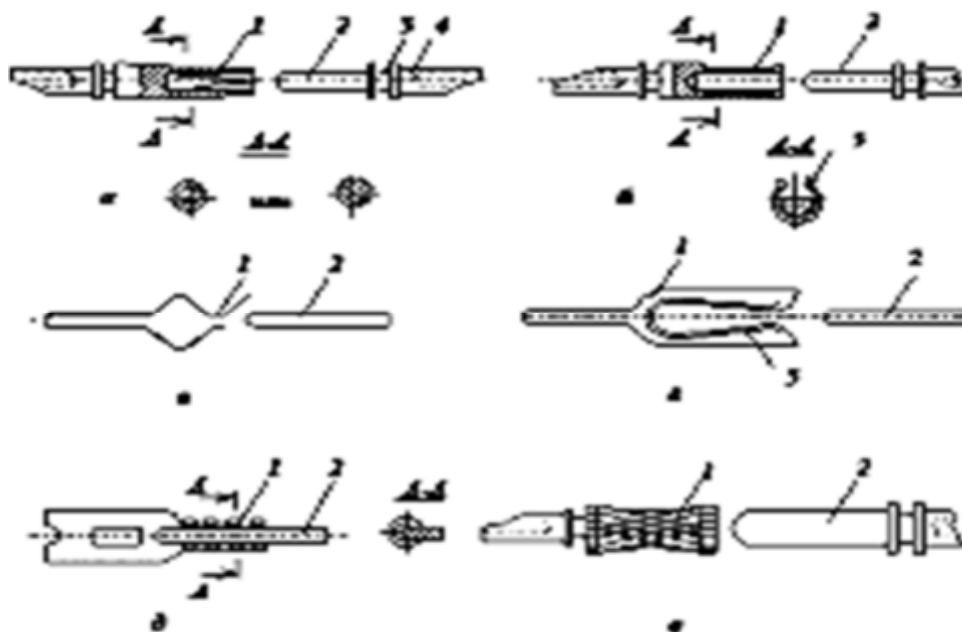


Рисунок 8.17 – Види контактних пар

а) з суміщеними електричними і пружними елементами; б) з роздільними електричними і пружними елементами; в) ножева; г) з виділеним пружним елементом; д) ножева багатопружинна; е) з гіперболоїдним гніздом

1 – гніздо; 2 – штир; 3 – елемент кріплення в ізоляторі; 4 – хвостовик; 5 – пружний елемент

Циліндрична контактна пара з роздільними електричними і пружними елементами (рисунок 8.17, б). Гніздо 1 складається з циліндричного контакту з пазом. На циліндричний контакт надіта манжетна листова пружина. Штир 2 жорсткий круглий; контактна лінія одна. Застосовується в з'єднувачах типів ШР, РМГК. Ножова контактна пара з суміщеними електричними і пружними елементами (рисунок 8.17, в) складається з пелюсткового гнізда 1 з двома контактними губками, стиснутими сталевую стрічковою пружиною, і штиря 2 ножової форми; контактних ліній дві. Застосовується в з'єднувачах типу МРН. Ножова контактна пара з виділеним пружинним елементом (рисунок 8.17, г) складається з гнізда 1, утвореного електричним і пружинним 5 елементами, і ножового штиря 2; контактних ліній дві. Ножова багатопружинна контактна пара (рисунок 8.17, д) складається з пружного гнізда 1, утвореного двома розрізними, вставленими один в одного пружинними циліндрами, і жорсткого штиря ножової форми 2. Контактна пара з гіперболоїдними гніздами (рисунок 8.17, е) відноситься до одного з найнадійніших контактних вузлів. Такі контактні пари використовуються в з'єднувачах типу ГРПМ, призначених для друкованого монтажу. Гіперболоїдне гніздо 1 складається з дротового стаканчика, що має форму гіперболоїда. Відповідна частина з'єднувача представляє круглий штир 2, при введенні якого в гніздо кожна зволікання деформується і притискається до поверхні штиря, здійснюючи багатоточкове і багатолінійні контактування. Для кріплення контактів-деталей служить ізоляційна колодка, яка передає механічне зусилля з'єднання - роз'єднання вилки і розетки. В багатоконтактних з'єднувачах зусилля з'єднання - роз'єднання досить велике і досягає десятків ньютонів. Тому в ряді випадків для з'єднання друкованих вузлів ЕВА і РЕА замість торцевих друкованих з'єднувачів застосовуються з'єднувачі з нульовим зусиллям стикування, так звані НУС-роз'єми. У конструкціях гніздової частини таких з'єднувачів передбачений пристрій для попереднього розкриття контактних пружин, що дозволяє без зусиль вводити друковану плату в гніздо. НУС-роз'єми дозволяють реалізувати до 130 контактних з'єднань.

8.2.1.3 Система умовних позначень електричних з'єднувачів.

Номенклатура електричних з'єднувачів, що випускаються вітчизняною промисловістю, включає понад сто п'ятдесят найменувань виробів. Конструкції електричних з'єднувачів уніфіковані або нормалізовані. Умовні позначення електричних з'єднувачів стандартизовані і є обов'язковими при записи в конструкторській документації і при замовленні.

Згідно ГОСТ 17468 умовні позначення НЧ і комбінованих з'єднувачів складаються з буквених і цифрових елементів.

Перший елемент умовної позначки визначає групу, підгрупу і вид з'єднувача. Складається з трьох букв, де перші дві букви позначають групу і підгрупу з'єднувачів.

З'єднувачі ручного управління загального призначення низькочастотні напругою до 1,5 кВ мають позначення ОН, а комбіновані ОК.

Вид з'єднувача характеризується третьою буквою. Циліндричні з'єднувачі позначаються літерою Ц, прямокутні буквою П.

Стандарт встановлює великі літери Ц і П і малі ц і п відповідно для з'єднувачів об'ємного і друкованого монтажу.

З'єднувачі ручного зчленування (розчленовування) загального призначення низькочастотні до 1500 В циліндричні для об'ємного монтажу мають позначення ОНЦ, а з'єднувачі цієї ж групи, призначені для друкованого монтажу, - ОНц.

Аналогічним чином позначаються прямокутні НЧ - з'єднувачі загального призначення напругою до 1500 В: для об'ємного монтажу ОНП, а для друкованого монтажу ОНп.

Відповідно комбіновані з'єднувачі позначаються ОКП і ОКп.

Другий елемент позначення визначає спосіб з'єднання відповідних частин з'єднувачів і фіксації зчленованого положення: Б - байонетне (фіксація вилки і розетки в стані зчленування за допомогою сполучної гайки, що має бічний виріз), Р - різьбове, В - врубне, С - самозамикаюче, П - з примусовим обтиском контактів, Ж - з гвинтовою фіксацією зчленованого положення, З - з пружинною фіксацією зчленованого положення, Н - безпосереднє зчленування з друкованою платою, К - непряме зчленування з друкованою платою.

Габаритні розміри з'єднувачів і їх позначення: Н - нормальних габаритів, Г - малогабаритні, С - субмініатюрні, И - мініатюрні, М - мікромініатюрні, К - супермікромініатюрні.

Третій цифровий елемент вказує тип з'єднувача і відповідає порядковому номеру розробки.

Четвертий елемент складається з цифр, що вказують число контактів в з'єднувачі.

П'ятий елемент умовного позначення визначає умовний розмір частин з'єднувача (вилки, розетки). Для прямокутних з'єднувачів вказують довжину і ширину через знак'.

Шостий елемент умовної позначки буквено-цифровий. Буква визначає частину з'єднувача: В - вилка, Р - розетка, П - перехідник, Г - гібрид, У - уніполярний, а цифра відповідає умовному номеру типу конструкції (від 1 до 53).

Сьомий елемент, що складається з цифрового позначення, визначає номер позиції установки ізолятора або поляризуючого елемента. Кожен елемент умовної позначки відділяється від сусідніх знаком тире, а п'ятий елемент від четвертого дробовою рисою.

Часто в умовних позначеннях вводиться додатковий елемент (цифровий), який вказує вид покриття або іншу характеристику з'єднувача.

Значення елементів умовних позначень вказуються в технічних умовах. Номер ТУ або іншого документа на постачання вказується в кінці умовних позначень.

Приклади умовних позначень з'єднувачів:

ОНЦ-БГ-2-45 / 39-Р11-16-В № ТУ - з'єднувач низькочастотний циліндричний для об'ємного монтажу, байонетний, малогабаритний, другого номера розробки, з числом контактів 45, з умовним номером 39, розетка кабельна без кожуха (тип конструкції 11), ліва (тип конструкції 16), виконання на всі типи кліматичних умов; ОНП-ВГ-7-48 / 94x15-В53-В № ТУ - з'єднувач прямокутний низькочастотний загального призначення для друкованого монтажу, врубного зчленування, малогабаритний, сьомого номера розробки, 48-контактний, з розмірами ізолятора (корпусу) 94x15 мм, кутова вилка непрямого зчленування з друкованою платою (тип конструкції 53), виконання на всі типи кліматичних умов; ОКП-ВІ-7-61 / 22x12-Р21 № ТУ - з'єднувач загального призначення комбінований прямокутний, з врубним

зчленуванням, мініатюрний, сьомого номера розробки, 61-контактний (60 НЧ-контактів і 1 ВЧ-контакт), з розміром корпусу 22x12 мм , розетка тип конструкції 21 (без кожуха).

Умовне позначення РЧ-з'єднувачів складається з букв СР або СРГ (для герметичних з'єднувачів), цифр, розділених дефісом, і букви. У цих позначеннях перші цифри (50; 75) вказують значення хвильового опору, другі - порядковий номер розробки і вид зчленувань: 1-100 - байонетні, 101-500 - з нарізним сполученням, 501-700 - з врубним з'єднанням, буква позначає вид ізоляційного матеріалу опорної шайби (П - поліетилен, С - полістирол, К - кераміка, В - високочастотний прес-порошок, Ф - фенопласт).

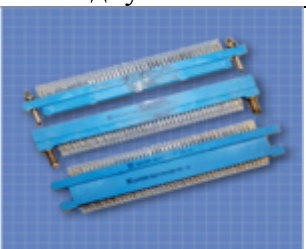
Наприклад: СР-75-110Ф № ТУ - з'єднувач радіочастотний з хвильовим опором 75 Ом, з нарізним сполученням, з ізоляційним матеріалом з фенопласту.

Маркування з'єднувачів проводиться на кожній його відповідній частині. На ній вказується товарний знак підприємства-виготовлювача, умовне позначення з'єднувача (вилки і розетки), місяць і дві останні цифри року виготовлення. Позначення кліматичного виконання маркується в одному рядку в складі умовного позначення через дефіс.

8.2.1.4 Зовнішній вид основних типів електричних з'єднувачів.

Спеціалізовані підприємства, що випускають електричні з'єднувачі умовно можна поділити на такі групи (таблиця 8.3)

Таблиця 8.3 – Види з'єднувачів

Найменування роз'єму	Фото роз'єму
Малогабаритні циліндричні електричні з'єднувачі	 З'єднувачі СЦ23
Субмініатюрні, мініатюрні і мікромініатюрні циліндричні електричні з'єднувачі	 З'єднувач МР1
Прямокутні електричні з'єднувачі для об'ємного монтажу	 Прямокутні з'єднувачі СНО58, СНО59

Найменування роз'єму	Фото роз'єму
Прямокутні електричні з'єднувачі для друкованого та об'ємного монтажу	Розетки Вилки
Навісні з'єднувачі для друкованого монтажу	Розетки кутова пряма Вилки кутова пряма
Комбіновані прямокутні електричні з'єднувачі	З'єднувачі типу РШ (вилка) і РГ (розетка)
Радіочастотні електричні з'єднувачі	Розетка кутова Розетка пряма Вилка пряма Трійник Перехід

Особливості застосування електричних з'єднувачів. Для забезпечення теплових режимів роботи з'єднувачів рекомендується при з'єднанні силових кіл використовувати контакти, найбільш віддалені від центру з'єднувачів. При цьому слід враховувати, що при великих значеннях комутованих струмів і напруг спостерігається деяке зростання перехідного опору. Для зменшення наведень і перешкод в колах з низьким рівнем сигналу необхідно застосовувати заходи щодо вирівнювання розподілу температури уздовж осі роз'єму і застосовувати розв'язку кіл за допомогою заземлення контактів, розташованих між контактами, що з'єднують кола з низьким рівнем сигналу, з контактами, що з'єднують кола з досить високою напругою. При виборі роз'ємів слід враховувати ту обставину, що збільшення числа контактів більш 20-30 призводить до зменшення надійності, віднесеної до одного контакту. Тому, якщо немає жорстких вимог до габаритів і маси блоку, бажано застосовувати замість одного багатоконтактного з'єднувача два або три з'єднувача з меншим числом контактів.

8.2.2 Перемикачі

Перемикачі відносяться до комутаційних пристроїв і призначені для періодичного замикання, розмикання і перемикання електричних кіл зі струмом. Характерною особливістю перемикачів є експлуатація їх в режимі багаторазових перемикань (до 10^5 - 10^7 раз) при наявності струмів і напруг в колах контактів. Це призводить до прискореного зносу контактуючих поверхонь.

8.2.2.1 Класифікація перемикачів.

По конструкції і способу управління переміщенням контактів-деталей розрізняють такі типи перемикачів:

- натискні (кнопкові і клавішні);
- поворотні, до яких відносяться галетні, кулачкові, барабанні, пластинчасті (або щіткові);
- перекидні (типу "тумблер").

Крім того, перемикачі підрозділяються за комутованою потужністю: перемикачі малої потужності ($P < 60$ ВА); перемикачі середньої потужності ($60 \text{ ВА} < P < 500 \text{ ВА}$); перемикачі великої потужності ($P > 500 \text{ ВА}$).

8.2.2.2 Типи контактів, що застосовуються в перемикачах.

На відміну від роз'ємів, де використовуються переважно втичні і врубні контакти, в перемикачах застосовуються і інші види контактів, які зазвичай виготовляються з бронзи або латуні і для зменшення перехідного опору покриваються металами (Au, Ag, Pd, Pt), що не окисляються або слабо окисляються.

Стиковий контакт - це контакт, який утворюється в результаті переміщення рухомого контакту в напрямку, перпендикулярному до робочої поверхні нерухомого контакту в момент їх зіткнення (рисунк 8.18, а). Застосовується в кулачкових і барабанних перемикачах. Недоліком стикових контактів є чутливість до забруднень і оксидів на їх поверхнях.

Притертий контакт - це стиковий контакт, що замикається з прослизанням (рисунк 8.18, б). Деталі такого контактного вузла встановлюються на пружинах так, щоб при замиканні відбувалося деяке взаємне ковзання дотичних точок поверхні контактів. Це призводить до самоочищення поверхні і видаляє місце контактування від місця розриву.

Врубний контакт є варіантом втичного контакту і являє собою контактний вузол, у якого рухливі деталі виконані у вигляді пластин (рисунок 8.18, в). Врубні контакти часто використовуються в конструкціях галетних перемикачів, тумблерів і т.д.

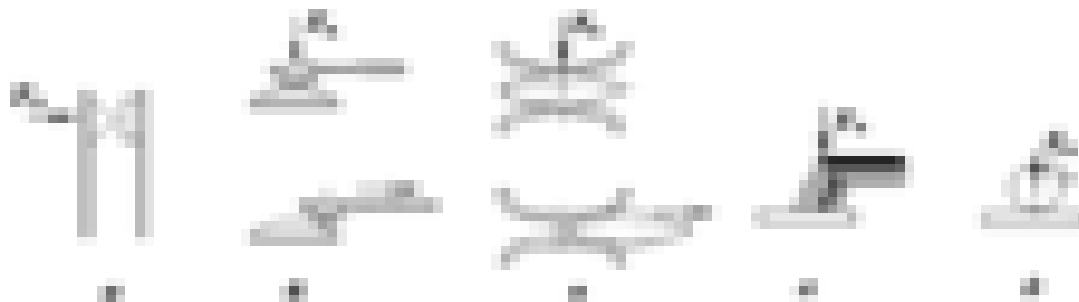


Рисунок 8.18 – Типи контактів перемикачів:
а) стикові; б) притерті; в) врубні; г) ковзні; д) котні.

Ковзний електричний контакт (рисунок 8.18, г) утворюється при ковзанні одного контакту-деталі по іншому. Переміщення контакту відбувається в напрямку, перпендикулярному до робочої поверхні нерухомого контакту-деталі в момент їх зіткнення. Такий вид контактування застосовується в конструкціях щіткових перемикачів.

Котний електричний контакт (рисунок 8.18, д) утворюється при коченні однієї деталі контактної вузла по іншій. Такі контакти зустрічаються в перемикачах роторного типу, в яких контактування здійснюється за допомогою роликів і контактних пружин, що знаходяться в пазу ротора. Аналіз конструкцій контактів-деталей перемикачів показує, що при розробці контактних вузлів є тенденція до створення таких контактів, які забезпечують ефективне руйнування плівки окислів і видалення бруду з контактних поверхонь.

8.2.2.3 Характеристики перемикачів

Найбільш поширеними типами перемикачів є кнопкові, галетні і перемикачі типу "тумблер".

Кнопкові перемикачі (кнопки) і мікроперемикачі призначені для короткочасної комутації кіл постійного і змінного струму низької і високої частоти. Загальний вигляд кнопкового перемикача показаний на рисунку 8.19, а.

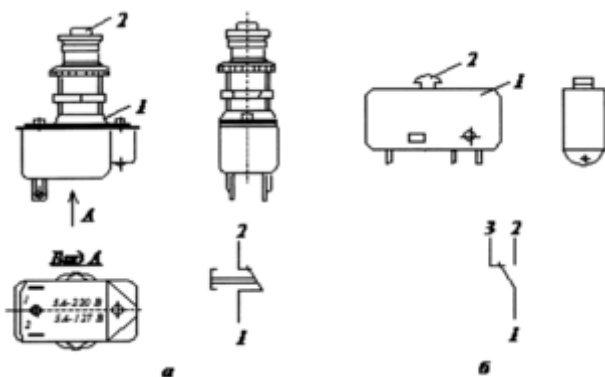


Рисунок 8.19 – Конструкції кнопкових перемикачів
а) КП-2; б) мікроперемикачі МП9, МП10, МП11

У верхній частині корпусу кнопки 1 на штоку закріплений рухомий контакт і головка кнопки 2. При натисканні головки рухливий контакт опускається вниз і замикає пружинні контакти. При знятті зусилля під дією поворотної пружини головка і рухливий контакт піднімаються вгору і коло розмикається. Рухомий контакт утримують в верхньому положенні фіксуючі шарики. К цим перемикачам відносяться кнопки малогабаритні типу КМ (КМ1-І, КМД1-І, КМА1-ІV, КМАД1-ІV, КМД2-І, КМ2-І), кнопки комутаційні, кнопки командні (КН -1, КН-2, КН-П), перемикачі кнопкові типу КП-1, КП-2, КП-3, ПКн2-1Т і ПКн4-1Т. Перемикачі КПМ8 і КПМ8А спроектовані на основі магнітокерованих контактів стикового типу. Широко поширені перемикачі, зібрані на основі кнопок типу П2К. Кнопка П2К являє собою порожнистий корпус, в якому закріплені нерухомі штирі і рухливий движок з укріпленням на ньому контактним пелюсткою. Контакти-деталі покриті сріблом. Гранична робоча частота такого перемикача досягає 15 МГц.

Кнопкові перемикачі призначені для комутації кіл з напругою 0,5 - 250 В і струмами 5×10^{-4} - 4 А. Опір електричних контактів не більше 0,01 - 0,05 Ом. Маса 11- 32 г. Зносостійкість перемикачів досягає 10^4 - 2×10^4 циклів комутації. Мікроперемикачі (рисунок 8.19, б) зазвичай використовуються в якості кінцевих перемикачів, а також в якості елементів кнопок. Основними конструктивними елементами мікроперемикачів є корпус 1, контактна система, що складається з двох нерухомих і одного рухомого контактів, механізму миттєвої дії і приводного елемента 2. При відсутності зовнішнього впливу приводний елемент знаходиться в початковому положенні. При зовнішньому впливі на приводний елемент мікроперемикача, приводний елемент, переміщаючись, впливає на пружину механізму миттєвої дії, який стрибкоподібно перекидає рухливий контакт від одного нерухомого контакту до іншого (положення прямого спрацьовування), а потім зсувається до допустимої межі переміщення (кінцеве положення). Швидкість перемикачання контакту не залежить від швидкості переміщення приводного елемента. У процесі перемикачання приводний елемент, переміщаючись з кінцевого положення в початкове, впливає на пружину механізму миттєвої дії, який стрибкоподібно повертає рухомий контакт в початкове положення (положення зворотного спрацьовування). Випускається мікроперемикачі типів МП (МП1-1, МП3-1, МП5, МП7, МП9, МП10, МП11, МП7Ш). Вони призначені для комутації напруг 3 - 30 В; 110; 127; 250 В і струмів від 0,05 до 5 А. Мікроперемикачі МП12 і П1М-1Т застосовуються для комутації особливо малих струмів до 1 мкА при напрузі на розімкнутих контактах 0,01-36 В. Опір електричних контактів 0,02-0,05 Ом. Маса мікроперемикачів 0,7 - 10 г. Число циклів комутації досягає 5×10^4 - 10^5 . В позначеннях кнопкових перемикачів буквами і цифрами вказується скорочена назва перемикача і номер розробки, цифрою через дефіс - варіант виконання. Наприклад: МП3-1 - мікроперемикач, номер розробки 3, варіант виконання 1; КМАД1-ІV - кнопка малогабаритна с аретиром (А- наявність фіксації в двох положеннях), декоративна (Д), з одним базовим мікроперемикачем (1) типу МП10 (ІV).

Галетні перемикачі призначені для комутації електричних кіл постійного струму, а також змінного струму низької і високої частоти потужністю до 70 Вт.

Галетний перемикач (рисунок 8.20, а) складається з блоків-галет 1, укріплених на загальній осі, підстави 2 і вузла управління 3, що включає вісь, фіксатор

положення і обмежувач руху. За допомогою стяжних шпильок 4 проводиться набір та кріплення галет до основи перемикача.

Кожна галета складається з нерухомої частини - статора і рухомий - ротора. На статорі є два отвори для кріплення галети і дванадцять контактних пружин, розташованих по колу через 30° . Контактні пружини виготовляють з бронзи і Сріблом. На роторі закріплена перемикає пластина у вигляді кільця з одним виступом. При обертанні ротора цей виступ контактує з однією з одинадцяти коротких контактних пружин, утворюючи врубний контакт. Одна довга контактна пружина, розташована на статорі, служить загальним струмознімання. За допомогою однієї галети можна здійснити комутацію одинадцяти кіл в одному напрямку (11 положень, один напрямок або, скорочено, 11П1Н). Якщо на роторі закріпити дві перемикаючі пластини, а на статорі - дві довгі контактні пружини (струмознімання) і десять коротких, то за допомогою такої галети можна комутувати по п'ять кіл на два напрямки (5П2Н). Галетні перемикачі мають великі комутаційні можливості (число положень 2 - 21, число напрямків - 2 - 20, число галет до 5), малі паразитні параметри, надійний контакт завдяки застосуванню врубних притертих контактів. Максимальна робоча частота сягає 45 МГц, що дозволяє використовувати галетні перемикачі в якості перемикачів діапазонів для різних високочастотних радіотехнічних пристроїв. Зносостійкість контактів галетних перемикачів порівняно невелика і не перевищує 5000 перемикань.

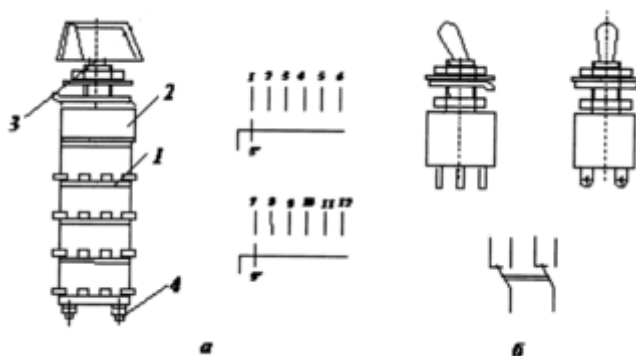


Рисунок 8.20 – Конструкції перемикачів
а) галетний типу ПГ2; б) тумблер типу П2Т-1-1

Вітчизняна промисловість випускає галетні перемикачі ПГК і ПГГ з керамічними і гетинаксовій платами. Число положень - від 2 до 11, число напрямків - від 3 до 16. Перемикачі ПГК і ПГГ дозволяють комутувати електричні кола з струмами 10^{-4} - 3 А при напрузі 5×10^{-3} - 350 В при максимальній продуктивності навантаження в ланцюзі до 70 Вт.

Галетні перемикачі пізніших конструкцій мають в 2-3 рази менші габарити і масу, ніж раніше випускалися перемикачі ПГК і ПГГ. Галети в малогабаритних перемикачах виготовляються з високочастотного матеріалу КФ-5 і для захисту від зовнішніх впливів поміщені в корпус, зроблений з того ж матеріалу. Високочастотні галетні перемикачі типу П2Г-3 характеризуються невеликими паразитними ємностями між кожними двома контактами не більше 1 пФ і індуктивністю замкнутих контактів не більше 0,01 мкГн. Перемикачі допускають експлуатацію при температурі навколишнього середовища до $+155^\circ \text{C}$. Випускаються також малогабаритні галетні перемикачі типу ПГ2 і ПГ3, призначені для комутації

електричних ланцюгів з потужністю навантаження 15 і 25 Вт, відповідно. Перемикачі мають до п'яти плат, число напрямків комутації досягає 16 – 20 В позначеннях галетних перемикачів буквами і цифрами вказується скорочена назва перемикача і номер розробки, цифрою через дефіс - варіант виконання. Наприклад: ПГ2-8-12П4НВР - малогабаритний галетний перемикач другий розробки, восьмий варіант виконання, на 12 положень і 4 напрямки, виконання на усі кліматичні умови (В) з ручкою типу Р (без "дзьобика"). Тумблери (рисунок 8.20, б) відносяться до перекидних перемикачів миттєвої дії з врубними контактами і призначені для комутації ланцюгів постійного і змінного струму потужністю до сотень ВА.

Наявність додаткової пружини, що перекидає рухливий до контакти, дозволяє здійснити розрив електричного кола за частки мілісекунди, завдяки чому виникаюча дуга не робить великої руйнівної дії на контакти.

Час розриву кола не залежить від тривалості процесу виключення, а визначається пружними властивостями пружини, прискорює перемикання.

Випускаються одно -, дво - і чотириполюсні тумблери нормальних габаритів типів ТВ1, ТВ2-1-2, ТП1, Т1, Т2, Т3, теплостійкі П1Т і П2Т. Дозволяють комутувати електричні кола з напругою до 250 В при струмі 0,001 - 5 А і потужності навантаження 25 - 600 ВА.

Мікротумблери типів МТ1, МТ3 в нормальному виконанні та МТД1, МТД3 в декоративному виконанні, а також ПТ8 випускаються на базі мікроперемикача МПЗ-1. Зносостійкість перемикачів становить до 10000 циклів комутації.

8.2.3 Кабельні наконечники

Для окінцевання і з'єднання жил проводів і кабелів випускаються:

- мідні наконечники серій Т і П;
- мідноалюмінієві наконечники серії ТАМ і штифтові серії ШП;
- алюмінієві наконечники серії ТА і мідні гільзи серії ГМ;
- алюмінієві гільзи серії ГА і гільзи для однодротових жил серії ГАО;
- відгалужувальні стискання в пластмасовому корпусі.

Наконечники і гільзи використовуються для жил проводів і кабелів з перетинами до 240 мм² включно.

З'єднання і відгалуження однодротових алюмінієвих проводів з перетинами 2,5 ... 10 мм² виконуються в гільзах серії ДАТ з одностороннім і двостороннім заповненням їх жилами.

При цьому максимальний сумарний перетин всіх жил - 32,5 мм². Випускають також алюмінієві наконечники, що формуються з прутка, з поздовжніми ребрами на внутрішній трубчастій часті.

Новим способом в даний час є об'ємне штампування наконечників з секторної монолітної жили.

На спеціальному пороховому пресі за один постріл штампується наконечник з отвором, який одержує необхідну контактну поверхню в формі наконечника.

Контактне окінцевання проводиться шляхом обробки кінців струмоведучих жил з метою забезпечення надійного електричного контакту і механічного з'єднання при підключенні їх до клем електрообладнання.

Така обробка може полягати в зачищенні і лудінні кінцевої ділянки струмопровідної жили (окінцевання штирем з лудінням), скручуванні кінця жили в кільце з наступним лудінням (окінцевання кільцем з лудою), кріплення до жили

шляхом опресування гільзи або шляхом закріплення різними способами кабельних наконечників (рисунок 8.21).

Трубчасті наконечники (рисунок 8.21, а) призначені для окінцевання жил перетином 2,5-300 мм².

Пелюсткові наконечники, що закріплюються пайкою, представлені на рисунку 8.21, б, використовуються для окінцевання жил перетином 2,5-400 мм², а на рисунку 8.21, в наведені пелюсткові наконечники, що закріплюються пресуванням для жил перетином 0,35-1,5 мм², на рисунку 8.21, г (закритим приварюванням), д (для кутового приварювання), з, (закріплений пайкою з глухим обтисненням по ізоляції), и, (закріплений пайкою з гакоподібним обтисненням по ізоляції), к, (закріплений пайкою з вилкоподібним обтисненням по ізоляції) для жил перетином 1-2,5 мм².

Блочний наконечник (рисунок 8.21, е) застосовується для окінцевання жил перетином до 1,5 мм², кільцеві (рисунок 8.21, ж) – для жил перетином до 2,5 мм².

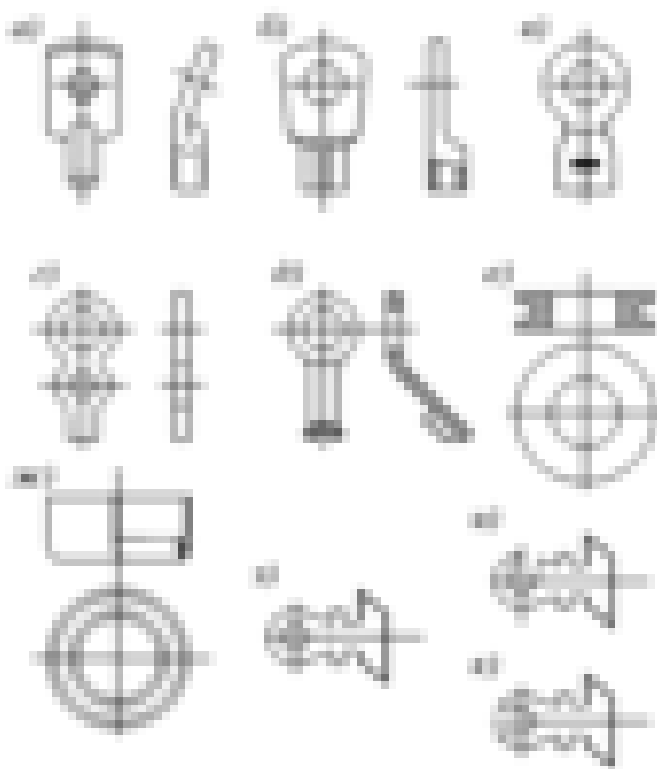


Рисунок 8.21 – Основні типи кабельних наконечників

У зв'язку зі складністю операцій контактного окінцевання оптичних кабелів (необхідність шліфування місць зрізу оптичних волокон, юстирування їх осей з осями оптичного з'єднувача і т. п.) цей процес виконують в цехових умовах з використанням спеціального обладнання та інструментів. На судно доставляють повністю підготовлені до монтажу оптичні кабелі у вигляді кабельних оптичних ліній - виробів, що складаються з окінцеваними з двох сторін з'єднувачами оптичних кабелів і елементів ущільнювальних пристроїв.

Наконечники для обпресування багатожильних проводів випускаються різних типів:

1. Наконечник циліндричної форми втулковий (гільза). Наконечник застосовується для підготовки зачищених від ізоляції кінців багатожильного дроту до монтажу в клемну колодку. Наконечник запобігає відділення

- провідників багатожильного дроти і запобігає їх пошкодженню і обриву. Втулкові наконечники виготовляються з міді або алюмінію, являють собою відрізок тонкостінної трубки і нерідко забезпечуються пластиковою кольоровою вставкою, що полегшує процес установки і дозволяє виконати кольорове маркування. Для обпресування такого типу наконечників використовується спеціалізований крімпер сегментного типу.
2. Наконечник петлевий типу «О». Наконечник використовується для підготовки зачищених від ізоляції кінців багатожильного дроту до монтажу в гвинтовий клемник. Гвинт клемника проходить крізь отвір в наконечнику, і для монтажу потрібно повністю відкрутити гвинт з клемника. Такий тип наконечника запобігає від'єднанню проводів навіть при ослабленні гвинтів кріплення. Для обпресування використовуються спеціалізовані або універсальні кліщі.
 3. Наконечник навантажувач типу «U». Наконечник використовується для підготовки зачищених від ізоляції кінців багатожильного дроту до монтажу в гвинтовий клемник. Гвинт проходить в проріз наконечника, і для монтажу потрібно послабити гвинтове з'єднання, достатньо для установки в клемник. Такий тип наконечника спрощує процес монтажу проводів в клемник. Для обпресування використовуються спеціалізовані або універсальні кліщі.
 4. Наконечник ножовий для ножового роз'єму. Наконечник використовується для підготовки зачищених від ізоляції кінців багатожильного дроту до монтажу в ножовий роз'єм. Такого типу роз'єми використовуються в автомобільній електриці і силовій електроніці, всюди, де потрібно недороге надійне з'єднання окремих проводів. Для обпресування такого типу наконечників використовуються спеціалізовані або універсальні кліщі.
 5. Спеціальні наконечники для установки в роз'єм. Велика кількість роз'ємів різних виробників мають на увазі послідовність збірки, що складається з декількох етапів. Перший етап - зачистка дроти і установка на нього наконечника. Другий етап - складання проводів з наконечниками в роз'єм. Наконечники, які використовуються в роз'ємах, унікальні для кожного типу роз'єму і вимагають використання спеціального типу інструменту в більшості випадків.
 6. Сполучні гільзи для з'єднання проводів між собою. Для з'єднання проводів обпресуванням використовуються мідні або алюмінієві товстостінні трубки (гільзи). Два або більше кінців дроту вставляються в гільзу і обжимаються спеціальним крімпером або універсальними кліщами. Сполучні гільзи випускаються неізолюваними і з ізолюючої пластиковою оболонкою. Міцність оболонки дозволяє виконувати обтиск з'єднання, не знімаючи оболонку.
 7. Наконечники штифтові, прапорцеві, кільцеві, гачкоподібні і іншої форми для опресування на кабель випускаються для зручності монтажу в установці виробу різної електророзподільної арматури.

8.2.4 Кабельні муфти

8.2.4.1 Загальні поняття

Кабельна муфта - пристрій, призначений для з'єднання електричних і оптичних кабелів в кабельну лінію і для їх підведення до електричних установок, станційних споруд, повітряних лініях електропередачі і зв'язку.

Муфти являють собою комплект деталей і матеріалів, що забезпечує відновлення електричної, конструктивної і механічної цілісності кабелю. Склад комплекту визначається робочою напругою, частотою, кількістю жил, типом ізоляції і конструктивними особливостями кабелю.

Залежно від призначення кабельні муфти діляться на

- з'єднувальні;

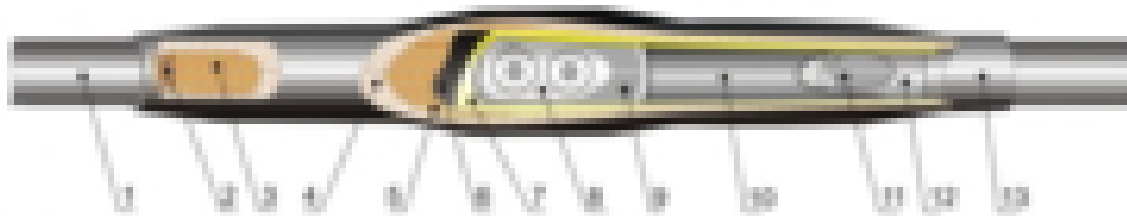


Рисунок 8.22 – Сполучна муфта с термоусадкою 1ПСт 10 кВ

1. Кабель.
2. Бандаж дрового екрану.
3. Дрововой екран.
4. Екран сітка мідна (1).
5. Екран сітка мідна (2).
6. Трубка внутрішня.
7. Манжета товстенна ізолююча.
8. З'єднувач болтовий або під обпресування, пайку.
9. Пластина вирівнювання електричного поля.
10. Трубка ізолююча.
11. Пластина вирівнювання електричного поля.
12. Манжета екрануюча.
13. Труба зовнішня.

- перехідні;

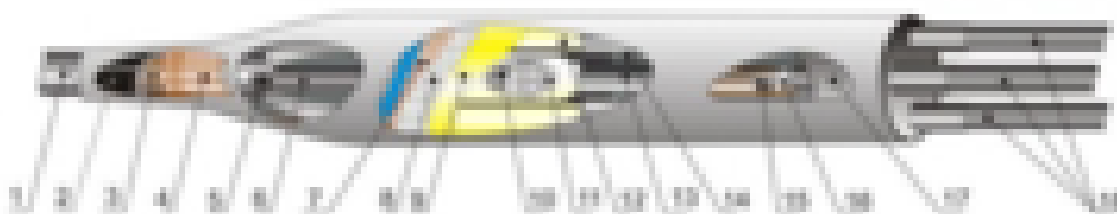


Рисунок 8.23 – Перехідна сполучна муфта з термоусадкою 3СПтп 10 кВ

1. Кабель з паперовою або пластмасовою ізоляцією.
2. Стрічка герметиків.
3. Металева оболонка
4. Екран мідний
5. Рукавичка ізолююча
6. Ізолюючі трубки.
7. Екран дрововой від кабелю із зшитого поліетилену.
8. Скlostрічка для бандажа.
9. Труба внутрішня
10. Пластина вирівнювання електричного поля
11. Болтовий з'єднувач.
12. Манжета товстостінна ізолююча.
13. Трубка ізоляційна
14. Міжфазний заповнювач.
15. Екрануюча манжета.
16. Пластина вирівнювання електричного поля.
17. Рукавичка герметична.
18. Кабелі з ізоляцією із зшитого поліетилену.

- кінцеві (тупикові);



Рисунок 8.24 – Кінцева муфта з термоусадкою

- ОПТИЧНІ



Рисунок 8.25 – Оптична муфта

8.2.4.2 Класифікація і позначення кабельних муфт

Муфти кабельні з'єднувальні:

Для кабелю з просоченою паперовою ізоляцією. 1Стп-4х150-240 С (1-на напругу до 1 кВ, С- сполучна, тп - термопластична (з тепловою усадкою), 4- кількість жил, 150-240-діапазон перетину жил, С-в комплекті з механічним болтовим з'єднувачем). Для кабелю з ізоляцією з ПВХ і зшитого ПЕ. 1ПСтп-5х150-240 С (1-на напругу до 1 кВ, П – тип ізоляції кабелю, С-сполучна, тп - термопластична (з тепловою усадкою), 5-кількість жил, 150-240-діапазон перетину жил, С- в комплекті з механічним болтовим з'єднувачем)

муфти Стп

муфти СтпР (Р - ремонтна)

муфти СтпБ (Б - броньований кабель)

муфта СтпО (О - одножильний кабель)

муфти ПСтп

муфта ПСтпР

муфта ПСтпБ

муфта ПСтпО

Перехідні муфти-використовуються для з'єднання кабелів різного типу, 1Стп-ПСтп-4х150-240 С

Муфти кабельні кінцеві:

Для кабелю з ізоляцією з просоченого паперу. 1КВ (Н) тп-4х150-240 Н (К-кінцева, В-внутрішньої або Н - зовнішньої установки, тп - термопластична (термоусаджувальна), 4-кількість жив, 150-240-діапазон перетину жил, Н - в комплекті з механічним болтовим наконечником)

Для кабелю з ізоляцією з ПВХ і зшитого ПЕ. 1ПКВ (Н) тп-5х150-240 Н (П - тип ізоляції кабелю, К-кінцева, В-внутрішньої або Н - зовнішньої установки, тп - термопластична (термоусаджувальна), 5-кількість жил, 150-240-діапазон перетину жил, Н- в комплекті з механічним болтовим наконечником)

муфти КВТп, КНТп

муфти КВтпБ, КНтпБ

муфти КВтпО, КНтпО

муфти ПКВтп, ПКНтп

муфти ПКВтпБ, ПКНтпБ

муфти ПКВтпО, ПКНтпО

Так само окремою групою проходять оптичні муфти.

Конструктивною особливістю будь-якої силової кабельної лінії в електричних мережах є необхідність виконання їх в єдиному герметичному корпусі, захищеному від шкідливого впливу навколишнього середовища. Оболонка кабелю на судах підпадає під вплив морського туману, зміни температур і механічних навантажень.

Протяжність кабельних ліній на судні може досягати декількох кілометрів, а виробники змушені їх випускати строго дозованої будівельної довжини, яка обмежена габаритами кабельного катка і можливостями його перевезення транспортними засобами.

Тому при монтажі подібних ліній електропередач виникає необхідність якісного з'єднання будівельних відрізків кабелів в одну лінію і підключення їх до ввідних пристроїв електрообладнання.

Для цього використовують муфти, які називають:

1. сполучними (рисунок 8.26, а) для підключення відрізків кабелю між собою;
2. відгалужувальними (рисунок 8.26, б); відгалужувальна кабельна муфта є видом, який відноситься до спеціалізованої арматури; кабельна відгалужувальна муфта використовується виключно для підключення відгалужувальних кабелів до силової магістральної лінії.
3. Кінцевими (рисунок 8.26, в), що здійснюють комутацію кінцевих ділянок кабельної лінії до розподільних шин щитових вводів електроустановки.

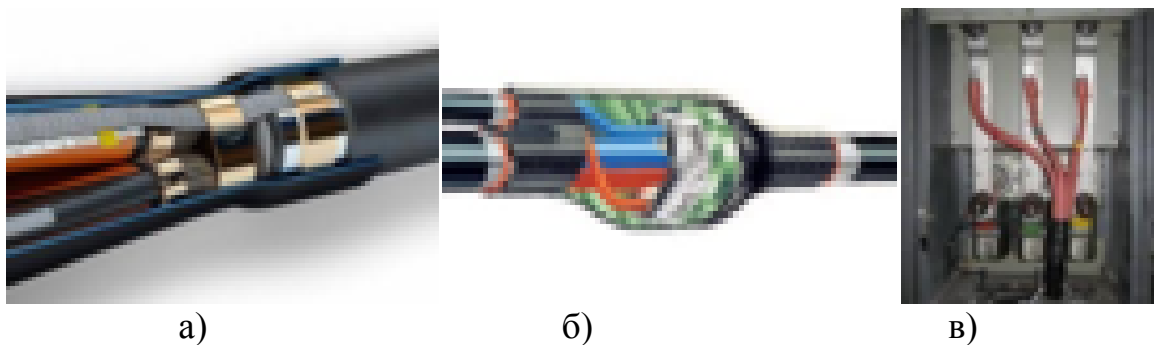


Рисунок 8.26 – Кабельні муфти: сполучна (а), відгалужувальна (б), кінцеві (в)

При цьому перші конструкції повністю розташовуються в коробі або лотку, а треті - захищені металевим корпусом щита, закритого на замок, від проникнення сторонніх осіб.

Класифікація з'єднувальних муфт

На вибір конструкції муфти впливають такі характеристики кабелю, як:

- величина напруги;
- кількість жил;
- поперечний переріз і матеріал проводів;
- тип міжфазної ізоляції;
- способи захисту від зовнішніх механічних і хімічних впливів.

Для виконання цих умов стосовно до конкретних кабелів створюються муфти.

За значенням робочої напруги муфти виготовляють для використання в:

- високовольтних кабельних лініях;
- електроустановках до 1000 вольт.

Кількість жил, що з'єднуються муфтами, як правило, може обмежуватися трьома або чотирма. Але, в окремих випадках, зустрічаються кабелі з іншим числом жил.

Якщо подивитися на вищенаведені картинки, то наочно видно, що всі муфти послідовно з'єднують окремі частини кабельної лінії. Це накладає на них необхідність передавати електроенергію, як і кабель, з мінімальними втратами напруги і збереженням всіх її електричних характеристик.

Основна вимога, що пред'являється, до кабельної муфти - це надійність роботи. Саме тому будь-яка муфта повинна мати наступні властивості: герметичність, вологостійкість, механічну міцність, електричну міцність, стійкість до впливу навколишнього середовища. Найбільше цим вимогам задовольняють муфти теплової і холодної усадки, які можна використовувати для кабелів різної ізоляції.

При цьому площа, створюваної контактної поверхнею жил з гільзою муфти, повинна відповідати їх габаритам або навіть незначно перевищувати їх, а зусилля обтиску - не тільки забезпечувати механічну міцність, але і якісне протікання електричного струму з мінімально можливим перехідним опором.

Тому жили всіх силових кабелів кріпляться:

- наконечниками, які затискаються болтами;
- гільзами з болтовим кріпленням або обтиском.

Шар ізоляції муфти, як і самого кабелю, повинен:

- витримувати міжфазну напругу електроустановки;
- виключити пробій на корпус;
- десятки років протистояти агресивному впливу.

Для з'єднання високовольтних кабелів з напругою $6 \div 10$ кВ застосовують муфти:

- 1. епоксидні;
- 2. свинцеві.

Епоксидні конструкції найбільш стійкі до впливів агресивних середовищ. Ще їх використовують в якості стопорних елементів для ізоляцій кабелів з просоченим папером. Для їх установки виготовляють корпус з двох половинок, в якому проводиться монтаж електричних з'єднань.

У комплект такої муфти входять: ємність з компаундною смолою і наповнювачем; ампула з затверджувачем; допоміжні матеріали. Епоксидні муфти додатково обмотуються листовим азбестом і захищаються від можливих механічних пошкоджень металевими кожухами зі стінкою не менше 5 мм.

Свинцеві муфти призначені для з'єднання кабелів з оболонкою з алюмінію або свинцю. Їх виконують у вигляді труб з діаметром $6 \div 11$ см і довжиною $45 \div 65$ см. Після з'єднання металевих жил звичайним способом місця зі знятою ізоляцією обробляють гарячою кабельною масою марки МП-1 для вилучення вологи. Після цього відновлюють шар заводської ізоляції намоткою кабельного паперу з маслом. Свинцеві муфти теж захищають металевими кожухами, як і епоксидні конструкції.

Стопорні муфти є різновидом сполучних. Вони використовуються для запобігання стікання просочувальної маси паперової ізоляції по металевим жилам при перевищенні перепаду висот. Стопор створюється нагостреними мідними або алюмінієвими стрижнями, які ізолюються шаром декількох обмоток паперу,

просоченого бакелітовим лаком. Три об'єднаних стопори монтують в перегородку з склотекстоліту або гетинаксу з латунною обоймою і розміщують посередині корпусу муфти (рисунок 8.27).

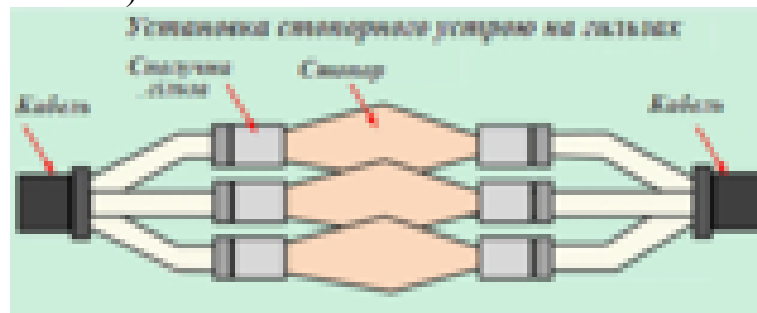


Рисунок 8.27 – Установка стопорного пристрою на муфтах

Муфти з ізоляцією з трубок з тепловою усадкою

Монтаж ізоляційного шару на основі матеріалів з вулканізованими полімерами значно полегшує технологію з'єднання жил кабелю, прискорює час виконання робіт приблизно наполовину. спосіб ізоляції т трубкам з тепловою усадкою.

Матеріал цих трубок при нагріванні до $120 \div 140$ градусів полум'ям пальника або промислового фену стискається по діаметру і щільно прилягає на поверхню, що обтискується, герметично закриваючи її.

Повітря з усіх порожнин витісняється розігрітим полімером, який проникає у внутрішні порожнини і нерівності.

При охолодженні полімеру він повністю приклеюється до кабельних елементів і герметично захищає їх. Термін експлуатації в різних середовищах таких покриттів складає не менше 30 років.

Муфти з болтовим з'єднувачем

Принцип болтового з'єднувача жил для двох кабелів показаний на рисунку 8.28.

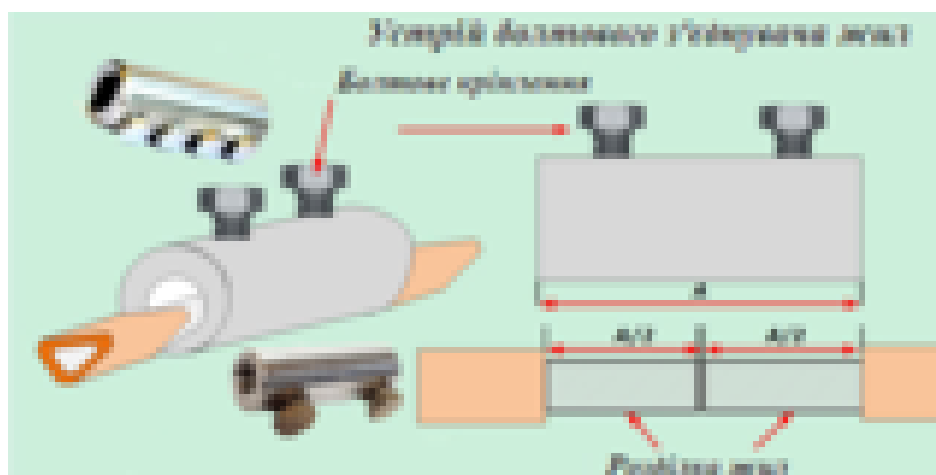


Рисунок 8.28 – Пристрій болтового з'єднувача жил кабелю

Ізоляція з кожної жили знімається на половину довжини сполучної трубки, в яку заводяться обидва кінці і обжимаються болтами.

За тим же принципом будуть підключатися оброблені дроти в кінцеву клему (рисунок 8.29). Тільки в цьому випадку ізоляція знімається на всю довжину поглиблення трубки.



Рисунок 8.29 – Пристрій болтового з'єднувача наконечника кабелю

Для багатожильних мідних проводів, сплєтених в один джгут, зручно використовувати спеціальні наконечники з деформованих м'яких металів, які при стисканні спеціальним обтискним інструментом створюють міцне механічне поєднання і хороший електричний контакт (рисунок 8.30).

Зусилля рівномірно розподіленого обтиску досягає декількох тон.



Рисунок 8.30 – Принцип створення обтиску для наконечника кабелю

Тип міжфазної ізоляції кабелю визначає конструкцію застосовуваних муфт.

Наприклад, модель 1Стп-3х150-240С призначена для збірки жил, обгорнутих спеціальним сортом паперу з шаром просочення.

Розшифровка її позначення:

- «1» - для напруг до 1 кВ;
- С» - сполучна;
- «Тп» - з тепловою усадкою (термопластична);
- «3» - число жил;
- «150-240» - межі поперечного перерізу використовуваних жил в мм;
- «С» - з постачанням механічного болтового з'єднувача.

Муфти для кабелів з жилами з ПВХ або зшитого поліетилену в позначенні мають додатковий індекс «П», наприклад, 1ПСтп-4х150-240 С.

При цьому після позначення термопластичності ізоляції може вказуватися особливість конструкції: «Р», «Б», «О», що позначає: ремонтна, з бронею,

одножильний кабель. Приклади позначень: СтпР, ПСтпР; СтпБ, ПСтпБ; СтпО, ПСтпО.

Перехідні муфти.

Їх використовують як різновид сполучних конструкцій, що дозволяють підключати між собою кінці кабелів різних видів. Прикладом може служити муфта 1Стп-ПСтп-3х150-240 С.

Кінцеві муфти.

Для наконечників кабелів з ізоляцією із просоченого паперу використовується позначення 1КВ (Н) тп-3х150-240 Н. Тут додаткові символи К, В, Н, Н несуть наступну інформацію:

- кінцева ;
- внутрішньої (зовнішньої) установки;
- з комплектом механічного болтового наконечника.

Для маркування муфт кабелів з ПВХ або зшитою поліетиленовою ізоляцією діють перераховані раніше правила з позначенням символу «К» .

За конструкцією зовнішнього захисту

Найбільшою міцністю володіють кабелі, закриті броньовою стрічкою. Для з'єднання їх кінців, як уже зазначалося, створені муфти, що позначаються індексом «Б». Прості оболонки силових кабелів бронювання не мають. Захисна броня повинна володіти одним потенціалом щодо землі і жил. З цією метою всі кабельні кінці заземлення підключаються на металеві частини муфт певним чином через відповідний вивід (рисунок 8.31).



Рисунок 8.31 – Спосіб заземлення броні.

Муфти з ізоляцією на основі холодної усадки

В цих конструкціях використовується нова еластомірна технологія, заснована на натягуванні шару діелектрика зі спеціальної гуми силіконового складу зверху ізолюваної поверхні кабелю (рисунок 8.32). Це виконується при звичайній температурі і без нагрівання способом натягу або холодної усадки.

Арматура для кабелю з еластомірним матеріалом при цьому способі поміщається всередину спіралеподібного корду і вставляється в місце для монтажу. Потім трубка розподіляється по поверхні з'єднання деталей і насувається на ділянку ізоляції зрощуються елементів з обох сторін.

Після цього шар спіралі просто викручується обертанням проти годинникової стрілки і виводиться назовні, а ізоляція автоматично герметично закриває всі

поверхні. Цей спосіб дозволяє безпечно монтувати муфти всередині вогнебезпечних споруд.

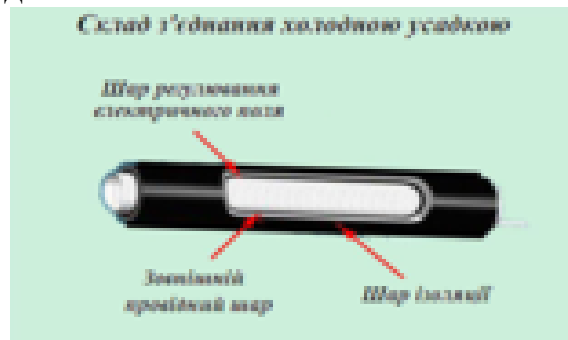


Рисунок 8.32 – Склад з'єднання холодною усадкою.

8.2.5 Т-образні відгалужувачі прокольного типу

Т-образні нейлонові відгалужувачі прокольного типу відносяться до спеціальних електротехнічних виробів, які сильно полегшують електромонтажні роботи. Ці невеликі з'єднувальні елементи просто врізаються своїми контактами в головний провід, від якого необхідно зробити відгалуження, при цьому місце контакту відведення з головним проводом відразу автоматично ізолюється нейлоновим корпусом відгалужувача (рисунок 8.33)..

Контакт відгалужувача виготовлений з електролітично-лудженої латуні марки ЛБЗ, завдяки чому забезпечується якісне з'єднання і надійний провідний контакт без необхідності що-небудь зачищати або як-небудь обробляти.

При цьому не потрібно буде зрізати з дроту ізоляцію і не доведеться нічого паяти, залишиться просто замкнути кришку відгалужувача - і місце з'єднання в мить виявиться ідеально ізольованим. Звичайно, затискати відгалужувач доведеться пасатижами, зробити це руками буде непросто, тим більше коли мова заходить про великі обсяги електромонтажних робіт.



Рисунок 8.33 - Т-образні відгалужувачі прокольного типу

Корпус відгалужувача замикається в обхват головного проводу, при цьому латунний контакт проколює ізоляцію і щільно впирається, трохи врізаючись, в багатожильний провід (як зазначалося вище, при монтажі досить зручно використовувати пасатижі, тоді все вийде швидко і якісно).

Надалі дифузні процеси між мідними дротами головного проводу (до якого робиться приєднання) і контактної пластиною відгалужувача приведуть до більш якісного їх з'єднання з ефективністю холодної зварювання.

Утриманню щільного та надійного контакту сприятиме сам нейлоновий корпус виробу, який не тільки ізолює місце з'єднання, але і механічно захистить

його від зовнішніх впливів в майбутньому. Як ви вже зрозуміли, приєднання даними відгалужувачами можливі тільки до багатожильних мідних проводів.

Матеріал корпусу відгалужувача - нейлон 6.6, який не містить галогенів. Нейлон застосований тут не випадково (а міг би бути ПВХ). Він володіє неймовірним поєднанням властивостей: високою міцністю, термостійкістю, еластичністю і стійкістю до багатьох хімічних реагентів. Завдяки особливим фізичним властивостям, нейлон не дарма віднесений до категорії полімерів, відомих як «інженерні термопластики» (рисуюнок 8.34).



Рисуюнок 8.34 – Принцип дії відгалужувача

Безпосередньо відгалуження підключається до закріпленого на головному проводі відгалужувачів збоку, перпендикулярно проводу, за допомогою штекера.

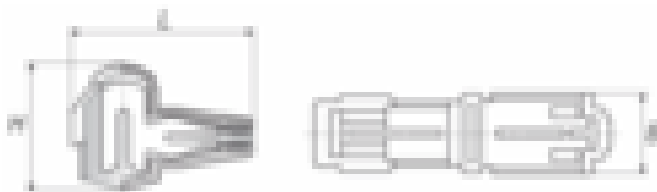
Даний підхід робить з'єднання роз'ємним, більш універсальним в плані конфігурації і модернізації кола, адже в міру необхідності ви зможете відключати відгалуження і приєднувати до магістрального проводу інший дріт. Погодьтеся, це краще, ніж якби провідник був припаяний намертво, скільки б клопоту приніс демонтаж ... А тут просто від'єднав штекер - і готово.

Відгалужувачі підходять для проводів перетином від 0,25 до 6 мм², вони витримують напругу до 400 вольт і здатні нормально виконувати свої функції в діапазоні температур від -40 до + 105 ° С. При всіх своїх достоїнствах і простоті монтажу, Т-образні відгалужувачі прокольного типу коштують зовсім не дорого.

Відгалужувачі під дроти різного діаметра маркуються відповідним кольором (таблиця 8.4), щоб в процесі монтажу можна було легко і швидко знайти елемент для потрібного дроту.

Таблиця 8.4 - Т-образні відгалужувачі

Типорозмір (колір)	Перетин, мм ²	Максимальний струм, А
ОВТ-1 (червоний)	0,5-1,5	10
ОВТ-2 (синій)	1,5-2,5	15
ОВТ-3 (жовтий)	4,0-6,0	24



Типорозмір (колір)	Розміри, мм			Максимальна напруга, В
	L	B	H	
ОВТ-1 (червоний)	18	10	11	400
ОВТ-2 (синій)	10	10	11	400
ОВТ-3 (жовтий)	10	10	11	400

Саме відгалуження має бути попередньо оснащене ізолюваним роз'ємом типу «папа» типорозміру 6.3 * 0,8 мм. Дані роз'єми для відгалужень купуються окремо від них, оскільки є більш універсальними. Розумні з'єднання виходять надійними і зручними для подальшого конфігурації кіл.

8.3 ЕЛЕКТРОІЗОЛЯЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ ТА ВИРОБИ

8.3.1 Загальні відомості

Електроізоляційні матеріали (діелектричні матеріали, діелектрики, ізолятори) - конструкційні матеріали та середовища, що служать для ізолювання провідників, тобто їх електричного роз'єднання і захисту від зовнішніх впливів. Основна властивість цих матеріалів - створення перешкоди протіканню електричного струму провідності (постійного і змінного).

У електроізоляційних матеріалів бажані велике питомий об'ємний опір, високу пробивну напругу, малий тангенс діелектричних втрат і мала діелектрична проникність. Важливо, щоб перераховані вище параметри були стабільні в часі і по температурі, а іноді і по частоті електричного поля.

Електроізоляційні матеріали можна поділити:

за агрегатним станом:

- газоподібні
- рідкі
- тверді

за походженням:

- природні неорганічні
- штучні неорганічні
- природні органічні
- синтетичні органічні

Газоподібні. У всіх газоподібних електроізоляційних матеріалів діелектрична проникність близька до 1 і тангенс діелектричних втрат так само малий, зате мала і напруга пробою. Найчастіше в якості газоподібного ізолятора використовують повітря, проте останнім часом все більше застосування знаходить елегаз (гексафторид сірки, SF₆), що володіє майже втричі більшою напругою пробою і значно вищою дугогасильною здатністю. Іноді для виготовлення електроізоляційних матеріалів застосовують поєднання газоподібних і органічних матеріалів.

Рідкі - найчастіше використовують в трансформаторах, вимикачах, кабелях, вводах для електричної ізоляції і в конденсаторах. Причому в трансформаторах ці діелектрики є одночасно і охолоджуючими рідинами, а в вимикачах - і як дугогасним середовищем. Як рідкий діелектричний матеріал перш за все використовується трансформаторне масло, конденсаторне масло, рицинова олія, синтетичні рідини (совтоли).

Природні неорганічні - найбільш поширений матеріал слюда, вона має гнучкість при збереженні міцності, добре розщеплюється, що дозволяє отримати тонкі пластини. Хімічно стійка і нагрівостійка. Як електроізоляційні матеріали використовують мусковіт і флогопіт, однак мусковіт все ж краще.

Штучні неорганічні: хороший опір ізоляції мають скла з малою лужністю, скловолокно, ситал, але основним електроізоляційним матеріалом все ж є фарфор

(кераміка з польового шпату). Ця кераміка широко використовується для ізоляторів струмопровідних проводів високої напруги, прохідних ізоляторів і т. д. Однак через високий тангенса діелектричних втрат не годиться для високочастотних ізоляторів. Для інших більш вузьких завдань використовується кераміка - форстеритова, глиноземиста, кордйритова і т.д.

Природні органічні: останнім часом у зв'язку з розширенням виробництва синтетичних електроізоляційних матеріалів їх застосування скорочується. Виділити можна наступні - целюлоза, парафін, пек, каучук, бурштин і інші природні смоли, з рідких - касторове масло.

Синтетичні органічні: велика частина даного матеріалу доводиться на частку високомолекулярних хімічних сполук - пластмас, та еластомерів. Існують також синтетичні діелектричні рідини (совтоли).

8.3.2 Корабельні лаки та фарби

Лакофарбові матеріали (ЛФМ) - це композиційні склади, що наносяться на оброблювані поверхні в рідкому або порошкоподібному вигляді рівномірними тонкими шарами і утворюють після висихання та затвердіння плівку, що має міцне зчеплення з основою. Сформовану плівку називають лакофарбовим покриттям, властивістю якого є захист поверхні від зовнішніх впливів (води, корозії, температур, шкідливих речовин), надання їй певного виду, кольору і фактури.

ЛФМ поділяються на такі групи:

- фарба;
- емаль;
- лак;
- ґрунтовка;
- шпаклівка;
- антисептик.

Фарби - суспензії пігментів в плівкоутворювальних речовинах, які після висихання утворюють непрозоре однорідне покриття.

Емаль - суспензія пігментів, наповнювачів в лаку, яка після висихання утворює непрозоре, тверде покриття різної структури і блиску.

Лаки - розчини смол (натуральних або синтетичних) в різних розчинниках (вуглеводні, ацетон, вода, етанол, оліфи або ефірні масла) до рідкої або напіврідкої консистенції, які, просихаючи в тонкому шарі, що знаходиться на будь-якому предметі, утворюють міцну плівку (як правило прозору, на відміну від фарби), добре протистоїть різним зовнішнім фізико-хімічним впливів. Затвердіння плівки лаку відбувається або за рахунок випаровування розчинника, або за рахунок реакції окисної полімеризації. Лаки умовно ділять на термопластичні і термореактивні.

В даний час існують лаки, що не містять в складі розчинників. Їх низьку в'язкість забезпечують олігомери, які здатні твердіти в присутності спеціальних речовин - затверджувачів або каталізаторів.

Нанесення лаку на поверхню називається лакуванням.

Ґрунтовка - суспензія пігментів з наповнювачами в плівкоутворювальній речовині, яка після висихання утворює однорідну непрозору плівку.

Шпаклівка - суміш наповнювачів, пігментів і плівкоутворювальних речовин, пастоподібна в'язка маса, призначена для заповнення дефектів поверхні, додання їй рівномірної фактури.

Антисептик - спеціальний водовідштовхувальний склад, що, захищає дерев'яні поверхні не тільки від грибка, але і від комах, які люблять харчуватися деревиною.

Особливість суднових фарб в тому, що ці лакофарбові матеріали розроблені спеціально для фарбування морських, річкових суден, кораблів, яхт, барж. Ці покриття, завдяки своїй високій стійкості до води, довго служать цілям захисту корпусу судна від агресивного впливу води, абразивів, вітру, температур і ультрафіолету.

Найбільшим ступенем захисту мають саме фарби для морських судів, оскільки найбільш руйнівне саме морське середовище. Якщо не використовувати якісний антикорозійний захист, то іржа повністю зруйнує корпус буквально за 5-10 років.

8.3.3 Електроізоляційні лаки

Електроізоляційні лаки являють собою колоїдні розчини різних плівкоутворювальних речовин в спеціально підібраних органічних розчинниках. Плівкоутворювальними називаються такі речовини, які в результаті випаровування розчинників і процесів твердіння (полімеризації) здатні утворити тверду плівку.

До плівкоутворювальних речовин відносяться смоли (природні і синтетичні), рослинні масла, що висихають, ефіри целюлози та ін. Як розчинники плівкоутворювальних речовин застосовують летючі рідини: бензол, толуол, ксилол, спирти, ацетон, скипидар та ін.

Щоб створити електроізоляційний лак, що задовольняє ряду вимог, підбирають кілька плівкоутворювальних речовин, які становлять основу лаку.

Для повного розчинення лакової основи і рівномірного висихання лаку іноді доводиться застосовувати кілька розчинників. Для розведення загустілих лаків в них вводять розчинники, які відрізняються від інших меншою випаровуваністю. Крім того, вони можуть розчиняти лакову основу тільки в суміші з розчинниками. Як розріджувачів застосовують бензин, лаковий гас, скипидар і деякі інші рідини.

До складу електроізоляційного лаку можуть ще входити пластифікатори і сикативи. **Пластифікатори** - речовини, що додають лаковій плівці еластичність. До них відносяться касторове масло, жирні кислоти лляного масла і інші маслоподібними рідини. **Сикативи** є рідкі або тверді речовини, що вводяться в деякі лаки (масляні та ін.), щоб прискорити їх висихання.

При сушінні шару лаку, нанесеного на якусь поверхню, що містяться в ньому органічні розчинники випаровуються, а плівкоутворювальні речовини в результаті процесів полімеризації утворюють тверду лакову плівку. Ця плівка може бути гнучкою (еластичною) або негнучкою і крихкою в залежності від властивостей плівкоутворювальних речовин, що складають лакову основу.

За своїм призначенням електроізоляційні лаки діляться: на просочувальні, покривні і скліючі.

Просочувальні лаки застосовують для просочення обмоток в електричних машинах і апаратах з метою цементації (з'єднання) витків обмотки один з одним, а також з метою усунення пористості в ізоляції обмоток.

Просочувальний лак, проникаючи в пори ізоляції обмоток, витісняє звідти повітря і після свого затвердіння робить обмотку вологостійкою. При цьому підвищується електрична міцність ізоляції обмотки і її коефіцієнт теплопровідності.

Однією з головних характеристик просочувальних лаків є їх просочувальна здатність.

Покривні лаки застосовують для створення на поверхні вже просочених обмоток вологостійких або стійких до мастила лакових покриттів. До покривних лаків також відносяться емаль-лаки, що застосовуються для емалювання обмотувальних проводів, а також лаки, що застосовуються для ізоляції листів електротехнічної сталі в магнітопроводах.

Скляючі лаки застосовують для склеювання різних електроізоляційних матеріалів: листочків слюди (у виробництві шаруватої слюдяної ізоляції), кераміки, пластмас і ін. Основна вимога до клеїть лаків, полягає в тому, щоб ці лаки володіли хорошим прилипанням (адгезією) і утворювали б міцний шов.

Слід зауважити, що в практиці буває так, що один і той же лак може застосовуватися в якості просочувального і покривного або в якості покривного і скляючого.

Всі лаки за способом сушіння діляться на дві групи: лаки повітряної (холодної) сушки і лаки для печей (гарячої) сушки.

У електроізоляційних лаків повітряної сушки затвердіння плівки відбувається при кімнатній температурі. До лаків повітряної сушки відносяться шелаки, ефіроцелюлозні і деякі інші.

У електроізоляційних лаків пічної сушки затвердіння плівки можливо лише при температурах значно вище кімнатної (від 100°C і вище). У лаках пічного сушіння застосовують термореактивні плівкоутворювальні речовини (гліфталеві, резольні і інші смоли), затвердіння яких обумовлено процесами полімеризації, які вимагають підвищених температур. Лаки гарячої сушки, як правило, мають більш високі механічні та електричні характеристики.

За лаковою основою електроізоляційні лаки діляться на смоляні, масляні, олійно-бітумні і ефіроцелюлозні.

Смоляні лаки є розчинами природних або синтетичних смол в органічних розчинниках. До смоляних лаків відносяться шелаки, гліфталеві, бакелітові, кремнійорганічні і ін. Смоляні лаки можуть бути термопластичними (полівінілацетатні, поліхлорвінілові та ін.) і термореактивними (гліфталеві, бакелітові і ін.).

Масляні лаки являють собою розчини рослинних мастил в органічних розчинниках. До висихаючих олій належать тунгова і льняна олії.

Тунгове масло видобувається з горішків тунгового дерева, воно швидко висихає, утворюючи еластичну вологостійку плівку. Лляна олія виходить з насіння льону. Уварене до певної щільності лляне масло служить основою масляних лаків.

В масляні лаки зазвичай вводять сикативи - речовини, що прискорюють висихання лаків. Плівки масляних лаків є термореактивними речовинами, тобто розм'якшуються при нагріванні.

Область застосування масляних лаків в електротехніці вельми обмежена в порівнянні зі смоляними лаками. Масляні лаки застосовують для просочення електроізоляційної лакотканини, емалювання обмотувальних проводів і як покривні лаки, що відрізняються стійкістю до вологи.

Олійно-бітумні лаки є розчинами олійно-бітумних сумішей в органічних розчинниках (скипидар, толуол, ксилол та ін.). Для цього застосовують бітуми

нафтові і природні (асфальти). З рослинних масел застосовується головним чином лляне масло. Плівки цих лаків мають чорний колір. Вони володіють хорошими електроізоляційними властивостями, відрізняються еластичністю і водостійкістю. Плівки олійно-бітумних лаків термопластичні і легко розчиняються в мінеральних маслах і в ряді розчинників, що є їх недоліком. Олійно-бітумні лаки широко застосовують в якості просочувальних лаків для обмоток електричних машин.

Ефіроцелюлозні лаки являють собою розчини ефірів целюлози (нітроцелюлоза, ацетилцелюлози і ін.) В суміші розчинників (амілацетат, ацетон, спирти та ін.). Плівки цих лаків прозорі, мають характерний блиск і володіють стійкістю до мінеральних масел, бензину і озону.

Ефіроцелюлозні лаки застосовують переважно для лакування бавовняних опліток проводів з гумовою ізоляцією - для захисту гуми від дії бензину, мінеральних масел і озону. До металів ці лаки прилипають погано. Застосування ефіроцелюлозних лаків полегшується тим, що вони є лаками повітряної сушки, але область застосування їх в електротехніці відносно невелика.

8.3.4 Термореактивні пластмаси

До групи термореактивних пластмас відносяться пресовані порошки, волокніти і шаруваті пластики. Вони вигідно відрізняються від термопластичних пластмас відсутністю холодотекучості під навантаженням, більш високу теплостійкість, малу зміною властивостей в процесі експлуатації. Термореактивні пластмаси переробляють в деталі (вироби) переважно методом пресування.

Пресовані порошки представляють собою композиційну пластмасу, отриману поєднанням термореактивної смоли з порошкоподібною наповнювачем. Для виготовлення термореактивних пресованих порошків застосовують в більшості випадків фенолформальдегідні і меламінформальдегідні смоли, а в якості наповнювачів деревну, азбестове і кварцове борошно. Пресовані порошки, отримані на основі фенолформальдегідних смол, називають фенопласт, а на основі меламінформальдегідних смол - амінопласт. Найбільш поширеними є фенольні прес-порошки марок К-15-2, К-17-2, К-18-2, К-20-2, в яких наповнювачами є деревне борошно або мінеральні речовини. Фізико-механічні властивості і теплостійкість їх низькі. Прес-порошки мають підвищену крихкість, тому вони в основному застосовуються для виробництва ненавантажених технічних деталей і виробів побутового призначення.

Волокніти представляють собою композицію термореактивної смоли з волокнистими наповнювачами. До числа таких наповнювачів відносяться бавовняні, азбестові і скляні волокна. В якості сполучного використовуються фенолформальдегідні, анілінформальдегідні, меламінформальдегідні, полісилоксанові і інші смоли. Для додання волокнітах більшій однорідності та кращого зовнішнього вигляду в їх склад вводять невелику кількість порошкоподібного наповнювача.

Загальною позитивною властивістю всіх волокнітах є підвищена питома ударна в'язкість.

З волокнистих пластмас найбільш поширеними є волокна, азбоволокніт, скловолокно.

Волокніт (наповнювач - бавовняні пачоси) має гарну міцність на удар, але його статична механічна міцність невисока. За діелектричними властивостями він

поступається пресованим порошкам. У деталі (виробі) волокна переробляють тільки гарячим пресуванням. Вихідна маса дуже груба, жорстка, тому з неї можна формувати деталі (вироби) лише простої конфігурації. Обробка різанням не бажана, тому що супроводжується вириванням бавовняних волокон, що порушує якість поверхні і послаблює деталь (виріб). Волокніт застосовують для виготовлення деталей (виробів) загального технічного призначення з високим опором до ударних навантажень.

Особливими позитивними властивостями азбоволокнітів (наповнювач - азбестове волокно), крім підвищеної питомої ударної в'язкості, є висока теплостійкість (200-250 ° С) і хороші фрикційні властивості, обумовлені високим значенням коефіцієнта тертя (коефіцієнт тертя по сталі 0,3-0,4). Азбоволокніти - грубий і жорсткий матеріал, використовуються так само, як і волокніту, для виготовлення деталей простої конфігурації і застосовуються в якості фрикційного матеріалу для виготовлення гальмівних колодок, фрикційних муфт, дисків зчеплення, деталей колекторів і т. д.

Скловолокно (наповнювач - скляне волокно) має найвищі механічні властивості, що залежать від кількості введенного в композицію скловолокна і від його орієнтації в деталі. Скловолокніти корозійно стійкі до багатьох агресивних середовищ, мають високі електроізоляційні властивості, водонепроникні, можуть тривалий час працювати при високих температурах (до 350 ° С).

В якості сполучних при виготовленні скловолокніти застосовують епоксидні, фенольні, поліефірні, кремнійорганічні і інші смоли. Скловолокніти використовують для виготовлення деталей, що працюють як діелектрики. Як конструкційний матеріал скловолокно застосовують у виробництві корозійно-стійких високоміцних труб, кузовів автомобілів, для виготовлення човнів, катерів, шлюпок, вагонів і т.д.

Шаруваті пластмаси представляють собою поєднання термореактивної смоли з листовими наповнювачами, в якості яких застосовують: бавовняні, азбестові і скляні тканини, папір, деревний шпон. Відповідно до вибраного наповнювачем все шаруваті пластики поділяються на текстоліти, склотекстоліти, азботекстоліти, гетинакси і деревно-шаруваті пластики.

Текстоліти (наповнювач - бавовняна тканина) широко використовують в машинобудуванні як конструкційний і антифрикційний матеріал: У них вигідно поєднуються висока механічна міцність з низькою щільністю, зносостійкість і хорошими діелектричними властивостями. Текстоліт застосовують для виготовлення підшипників, зубчастих коліс і різних силових деталей загального і спеціального машинобудування.

Азботекстоліт (наповнювач - азбестова тканина) володіє високим значенням коефіцієнта тертя, теплостійкістю і витримує великі питомі тиски. Його застосовують переважно в якості теплоізоляційних облицювань, гальмівних частин, гальм, деталей зчеплення муфт і т.д.

Гетинакс (наповнювач - папір) має високі діелектричні властивості і задовільну механічну міцність. Випускається у вигляді листів, плит, труб і різних пресованих деталей. Він широко застосовується як електроізоляційний матеріал.

Деревно-шаруваті пластики (наповнювач - дерев'яний шпон) представляють собою матеріал, що складається з тонких листів лущеної деревини

(шпону), просочених синтетичною смолою і склеєних між собою при високій температурі і тиску. Залежно від товщини і призначення ці пластики випускають у вигляді плит і листів. Деревно-шаруваті пластики мають високу міцність, низьким коефіцієнтом тертя і хорошими діелектричними властивостями. Деревно-шаруваті пластики – дешеві і недефіцитні матеріали, з успіхом застосовуються в машинобудуванні як конструкційний матеріал замість металів. З деревно-шаруватих пластиків виготовляють зубчасті і черв'ячні колеса, вкладиші підшипників і інші силові деталі.

Склотекстоліти (наповнювач - скляна тканина) представляють собою шарувату міцну пластмасу, яка застосовується в загальному і спеціальному машинобудуванні, електро - і радіотехніці для виготовлення деталей, що несуть значні робочі навантаження . Ці пластмаси мають високу міцність, пружність, теплостійкість і високі діелектричні властивості.

8.3.5 Ізоляційні стрічки

Електроізоляційна стрічка (ізолента) — тип клейкої стрічки, що використовується для обмотки електричних проводів та кабелів з метою їх електроізоляції, а також інших матеріалів. Найпопулярнішим матеріалом для виготовлення є полівінілхлорид (ПВХ), оскільки стрічки на його основі є гнучкими і мають гарні ізоляційні властивості (рисунок 8.35).



Рисунок 8.35 – Електроізоляційна стрічка

Ізоляційна стрічка ПВХ по своїй основі універсальна, тому вона використовується в різних областях. Інтервал температури використання стрічки становить 0-90 градусів. Вона застосовується в вуличних умовах і усередині приміщень. У торговельній мережі стрічка має широку гаму кольорів. У якісній ізоляційній стрічці не повинно бути неприємного запаху, інакше можна зробити висновок про погану якість матеріалу.

Не рекомендується наносити стрічку ПВХ на полімери або силіконові поверхні, які мають в складі фтор.

Якщо поверхня руйнується, має пори і інші пошкодження, то перед нанесенням стрічки ПВХ поверхню упорядковують, обробляють складом ґрунтовки матеріалом. Стрічку потрібно наносити тільки на підготовлену суху і чисту поверхню.

При виконанні робіт з електротехнікою таким матеріалом здійснюють ізоляцію електрокабелів, з'єднань проводів під час ремонтних робіт, маркування джгутів проводів.

8.4 МАТЕРІАЛИ ДЛЯ ЗВАРЮВАННЯ

8.4.1 Загальні визначення

Зварювальні матеріали - матеріали, використовувані в процесі зварювання виробів.

Зварювальні матеріали повинні забезпечити:

- отримання наплавленого металу заданого хімічного складу і властивостей;
- отримання зварних швів без пір, стійких до утворення тріщин;
- стабільне горіння дуги;
- економічність зварювання.

До зварювальних матеріалів відносять широкий спектр різноманітних використовуваних при зварюванні матеріалів.

До них відносять:

- зварювальний дріт (сталевий, алюмінієвий, мідний);
- наплавочний дріт;
- порошковий дріт;
- неплавленні (вугільні, графітові, вольфрамові) і плавленні електроди;
- зварювальні флюси;
- захисні гази;
- прутки;
- стрічки, порошки та ін.

8.4.2 Зварювальні електроди

Зварювальний електрод (рисунок 8.36) - металевий або неметалевий стрижень з електропровідного матеріалу, призначений для підведення струму до зварювального виробу. В даний час випускається більше двохсот різних марок електродів, причому більше половини всього виробленого асортименту складають плавляться електроди для ручного дугового зварювання.



Рисунок 8.36 – Зварювальні електроди

Зварювальні електроди діляться на плавленні та неплавленні.

Неплавленні електроди виготовляють з тугоплавких матеріалів, таких як вольфрам, синтетичний графіт або електротехнічне вугілля.

Плавленні електроди виготовляють з зварювального дроту, який розділяється на вуглецевий, легований і високолегований. Поверх металевого стержня методом опресування під тиском наносять шар захисного покриття. Роль покриття полягає в

металургійній обробці зварювальної ванни, захисту її від атмосферного впливу і забезпеченні більш стійкого горіння дуги.

8.4.3 Зварювальний дріт

Зварювальний дріт (рисунок 8.37), розплавляючись при зварюванні, служить присадним металом, що заповнює область шва.



Рисунок 8.37 – Зварювальний дріт

Матеріал зварювального дроту повинен відповідати матеріалу заготовок за своїми фізичними властивостями.

Так мідь і сплави зварюють дротом з міді і сплавів Марки дроту з міді - М1, М2 і М3.

Алюміній і його сплави зварюють дротом з алюмінію і його сплавів Марки дроту з алюмінію - АМг, АМг3, АМг5П, АМг6 м і ін.

Зварювальний дріт поділяється на три групи:

- низьковуглецеві дроти з вмістом вуглецю менш 0,12%, використовувані для зварювання низьковуглецевих, середньовуглецевих і деяких низьколегованих сталей; Марки дроту - Св - 08А і Св-08.
- леговані дроти, які використовуються для зварювання низьколегованих, конструкційних і теплостійких сталей;
- високолеговані дроти для проведення зварювання хромистих, хромонікелевих, нержавіючих і високолегованих сталей.

8.4.4 Зварювальна стрічка і прутки

Зварювальна стрічка і зварювальні прутки (рисунок 8.38) використовуються при зварюванні також в якості присадочного матеріалу.

Стрічки можуть складатися зі сталі, алюмінію, міді. Круглі зварювальні прутки виготовляють з міді і сплавів на мідній основі.

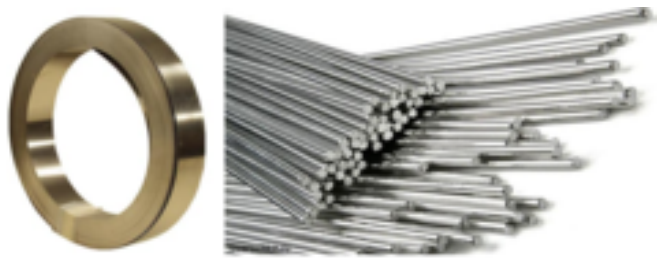


Рисунок 8.38 - Зварювальна стрічка і зварювальні прутки

8.4.5 Зварювальний флюс

Зварювальний флюс (рисунок 8. 39) - матеріал, який використовується при зварюванні для захисту зони зварювання від атмосферного повітря, забезпечення стійкості горіння дуги, формування поверхні зварного шва і отримання заданих властивостей наплавленого матеріалу.

Наприклад, при газовому і ковальському зварюванні металів широко використовують такі компоненти, як бура, борна кислота, хлориди і фториди.

Вони утворюють рідкий захисний шар, в якому розчиняються оксиди, що утворюються на зварюються поверхнях.

При електрошлаковому зварювання використовують подрібнені композиції складного складу, через них, крім того, повинен проходити електричний струм, з виділенням тепла для нагріву деталей, що зварюються



Рисунок 8.39 - Зварювальний флюс

8.5 МАТЕРІАЛИ ДЛЯ ПАЙКИ

8.5.1 Припої

Припій - матеріал, який застосовується при пайці для з'єднання заготовок і має температуру плавлення нижче, ніж метали, які сполучаються. Застосовують сплави на основі олова, свинцю, кадмію, міді, нікелю, срібла та інші.

Існують також неметалеві припої.

Термін служби паяного з'єднання залежить від правильності технології пайки і параметрів навколишнього середовища в експлуатації.

Припої випускаються у вигляді гранул, прутків, дроту, порошку, фольги, паст і заставних деталей (рисунок 8.40).



Рисунок 8.40 – Види припою

Пайку здійснюють або з метою створення механічно міцного (іноді герметичного) шва, або для отримання електричного контакту з малим перехідним опором. При пайці місць з'єднання припій нагрівають понад температуру його плавлення. Так як припій має температуру плавлення нижче, ніж температура плавлення металу (або металів), що з'єднуються, з яких виготовлені деталі, то він плавиться, в той час як метал деталей залишається твердим. На кордоні дотику розплавленого припою і твердого металу відбуваються різні фізико-хімічні процеси. Припій змочує метал, розтікається по ньому і заповнює зазори між деталями. При цьому компоненти припою дифундують в основний метал, основний метал розчиняється в припої, в результаті чого утворюється проміжний прошарок, яка після застигання з'єднує деталі в одне ціле.

Вибирають припій з урахуванням фізико-хімічних властивостей металів, що сполучаються (наприклад, по температурі плавлення), необхідній механічній міцності спаю, його корозійної стійкості і вартості. При пайці струмоведучих частин необхідно враховувати питому провідність припою.

Текучість низькотемпературних припоїв дає можливість паяти вироби складної форми.

Припої прийнято ділити на дві групи:

- м'які;
- тверді.

До м'яких відносяться припої з температурою плавлення до 300 ° С, до **твердих** - понад 300 ° С. Крім того, припої істотно розрізняються по механічній міцності.

М'які припої мають межу міцності при розтягуванні 16-100 МПа, а тверді - 100-500 МПа.

До м'яких припою відносяться олов'яно-свинцеві сплави (ПОС) з вмістом олова від 10 (ПОС-10) до 90% (ПОС-90), решта - свинець. Електропровідність цих припоїв становить 9-15% електропровідності чистої міді. Плавлення цих припоїв починається при температурі 183 ° С (температура плавлення евтектики системи олово-свинець) і закінчується при наступних температурах плавлення ліквідусу: ПОС-15 - 280 ° С; ПОС-25 - 260 ° С; ПОС-33 - 247 ° С; ПОС-40 - 238 ° С; ПОС-61 - 183 ° С; ПОС-90 - 220 ° С.

Припої ПОС-61 і ПОС-63 плавляться при постійній температурі 183 ° С, так як їх склад практично збігається зі складом евтектики олово-свинець.

Крім цих складів в якості м'яких припоїв використовуються також:

- сурм'янисті припої (ПОССу), що застосовуються при пайці оцинкованих і цинкових виробів і підвищених вимогах до міцності паяного з'єднання,
- олов'яно-свинцево-кадмієві (ПОСК) для пайки деталей, чутливих до перегріву і пайки висновків до конденсаторів і п'єзокераміки,
- олов'яно-цинкові (ОЦ) для пайки алюмінію,
- припої без свинцю, які містять поряд з оловом мідь, срібло, вісмут і ін. метали.

Найбільш поширеними **твердими припоями** є мідно-цинкові (ПМЦ) і срібні (ПСР) з різними добавками: Мідно-цинковий ПМЦ-36 36% Cu; 64% Zn; Мідно-цинковий ПМЦ-54 54% Cu; 46% Zn; Срібний ПСР-15 15% Ag; інше Cu і Zn; Срібний ПСР-45 45% Ag; інше Cu і Zn; Мідно-титановий ПМТ-45 49-52% Cu; 1-3% Fe;

Температури плавлення припоїв марок ПСР і ПМЦ: ПСР-10 - 830 °С; ПСР-12 - 785 °С; ПСР-25 - 765 °С; ПСР-45 - 720 °С; ПСР-65 - 740 °С; ПСР-70 - 780 °С; ПМЦ-36 - 825 °С; ПМЦ-42 - 833 °С; ПМЦ-51 - 870 °С.

Широко застосовуються мідно-фосфористі припої. До мідно-фосфористий припою відносяться сплави міді, олова з добавками фосфору. Такі припої застосовуються при пайці міді, мідних сплавів, срібла, чавуну, твердих сплавів.

Температури плавлення мідно-фосфористих припоїв: П81 - 660 °С; П14 - 680 °С; МФ7 - 820 °С; П47 - 810 °С.

Срібні припої мають температуру плавлення від 183 до 1133 °С і являють собою сплави срібло-свинець-олово; срібло-свинець; срібло-мідь; срібло-мідь-цинк; срібло-мідь-цинк-кадмій і т.д.

Срібні припої мають досить широку сферу застосування:

- лудіння та паяння міді, мідно-нікелевих сплавів, нікелю, ковару, нейзильберу, латунь і бронза;
- пайка залізо-нікелевих сплавів з посрібленими деталями зі сталі;
- пайка сталі з міддю, нікелем, мідними і мідно-нікелевими сплавами;
- пайка міді з нікельованим вольфрамом;
- пайка титану і титанових сплавів з нержавіючої сталлю;
- пайка міді та мідних сплавів з жароміцних сплавами і нержавіючими сталями;
- пайка міді та латуні з підступний, нікелем, з нержавіючими сталями і жароміцних сплавами;
- пайка свинцево-олов'янистих бронз;
- паяння та лудіння міді, нікелю, мідних і мідно-нікелевих сплавів з посрібленою керамікою, пайка посріблених деталей;
- пайка міді і нікелю зі склоемаллю і керамікою;
- паяння та лудіння ювелірних виробів;
- пайка міді з бронзою, міді з міддю, бронзи з бронзою;
- пайка міді, мідних сплавів і сталей по мідному гальванічному покриттю товщиною не менше 10 мкм;
- паяння та лудіння кольорових металів і сталей;
- паяння та лудіння срібних деталей.

Припої без свинцю

У зв'язку з підвищенням уваги суспільства до питань екології тепер при виборі припоїв більш серйозно враховують токсичність його компонентів. В електротехніці і електроніці (особливо в побутовій) все частіше використовують припої без свинцю.

Паяльні пасти

Розвиток автоматизованої технології для виготовлення електронних плат зумовило появу нового типу припоїв: так званих паяльних паст, придатних як для звичайної, так і трафаретної пайки елементів електронних схем.

Паяльні пасти представляють собою дисперсну суміш, в якій дисперсною фазою є мікро- і нанорозмірні частинки припою, іноді твердих компонентів флюсу, а її середовищем дисперсії є рідкі компоненти флюсу і летючі органічні розчинники.

Серед тих, що не відносяться власне до припоїв можна виділити особливі види металевих сплавів, які застосовуються в електровакуумній техніці для електричних

вводів, вплаваються в скло і працюють при порівняно низьких температурах, коли використання тут тугоплавких, але відносно дорогих металів (вольфрам, молибден, платина) не потрібно.

Для цих матеріалів особливу важливість має температурний коефіцієнт лінійного який для отримання вакуум-щільного вводу повинен якомога точніше узгоджуватися зі склом. Наприклад, ковар (марка сплаву 29НК), застосовуваний для виготовлення електричних виводів через скляні колби різних газонаповнених і електровакуумних електронних приладів і освітлювальних ламп має приблизний склад: Ni - 29%, Co - 18%, Fe - інше; його питомий опір близько 0,49 мкОм · м

8.5.2 Флюси

Флюс - речовина (частіше суміш) органічного та неорганічного походження, призначена для видалення оксидів з поверхні при пайці, зниження поверхневого натягу, поліпшення розтікання рідкого припою і / або захисту від дії навколишнього середовища (рисунок 8.41).



Рисунок 8.41 – Паяльні флюси

Флюси сприяють кращому змочуванню деталей; сприяють кращому розтіканню припою по шву; оберігають нагрітий при пайці метал від окислення.

Паяльний флюс не повинен взаємодіяти з припоєм, крім флюсів для реактивно-флюсової пайки.

Залежно від технології, флюс може використовуватися у вигляді рідини, пасти або порошку.

Існують також паяльні пасти, що містять частинки припою разом з флюсом; іноді трубка з припоєм містить всередині флюс-заповнювач.

Залишки різних флюсів можуть бути як діелектриками, так і проводити електрику.

Прикладами флюсів можуть служити:

- каніфоль - суміш смоляних кислот і їх ізомерів;
- нашатир (хлорид амонію, NH_4Cl);
- солі, наприклад, бура (тетраборат натрію, $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$).
- ортофосфорна кислота - розчин кислоти у воді, від 85% і менше з добавками присадок
- ацетилсаліцилова кислота - застосовується як активний кислотний флюс.

Паяльні флюси поділяються за такими ознаками:

по температурному інтервалу активності:

- низькотемпературні (до 450 ° C);
- високотемпературні (понад 450 ° C);

за природою розчинника:

- водні;
- неводні;

за природою активатора визначної дії:

- низькотемпературні: каніфольні; кислотні; галогенні; гідразинні; фторборатні; анілінові; стеаринові;
- високотемпературні: галогенні; боридно-вуглекислі;

за механізмом дії:

- захисні;
- хімічної дії;
- електрохімічної дії;
- реактивні;

за агрегатним станом:

- тверді;
- рідкі;
- пастоподібні.

Флюси для пайки припоями типу ПОС

- Флюси для пайки чорних металів (сильно-кислі флюси («активні флюси»), хлорид цинку), флюси середньої і малої активності (хлорид амонію)
- Флюси для електротехніки. Основні вимоги до таких флюсів - низький струм витоку і низька корозійна активність. Найпростіші флюси такого типу створюють на основі каніфолі - наприклад, розчини каніфолі в спирті - етанолі або інших спиртах або спирто-бензиновій суміші. Також часто застосовуються кислотні флюси - різноманітні кислоти і їх солі, але в зв'язку з великою кислотністю, необхідно промивати місце пайки. Навіть такий флюс, як гліцерин, необхідно відмивати від друкованої плати, так як він володіє хорошою гігроскопічністю, внаслідок чого місце пайки швидко окислюється. Винятком є каніфоль і її спиртові розчини через те, що вона покриває поверхню і є своєрідним нейтральним захисним покриттям.
- Флюси для алюмінієвих сплавів. Хоча алюмінієві сплави можна паяти свинцево-олов'яними припоями, кращі результати досягаються з багатокомпонентними припоями, що містять цинк, кадмій, вісмут і інші метали. Застосовується «бінарний» флюс: концентрована ортофосфорна кислота (часто звана просто фосфорною) - до побіління, потім 20% -я евтектика (50 мол.%, А.І. 8: 11,5) NaOH-KOH в гліцерині.
- Флюси для пайки нержавіючих сталей (ортофосфорна кислота)

Флюси для високотемпературної пайки

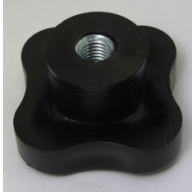
- борна кислота,
- бура,
- їх суміші, іноді і борний ангідрид використовуються при пайці переважно заліза і низьковуглецевої сталі міддю, мідно-цинковими і срібними припоями, а також міді, бронзи, томпаку, латуні з високою температурою плавлення - мідно-цинковими і срібними припоями при температурах 800-1150°C.

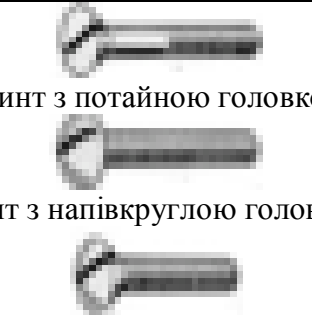
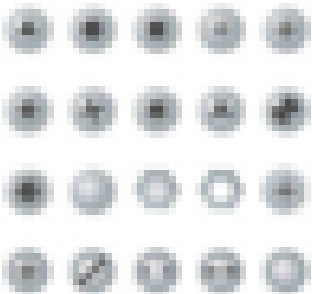
8.6 КРІПІЛЬНІ ВИРОБИ (КРІПЛЕННЯ)

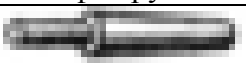
Кріпильні вироби (кріплення) - деталі для утворення з'єднання частин конструкції. Основні види кріпильних виробів наведені в таблиці 8.5.

Таблиця 8.5 – Кріпильні вироби

Найменування групи	Опис виробу	Фото виробу
Болти	Болт - кріпильний виріб у вигляді стрижня із зовнішнім різьбленням, як правило, з шестигранною головкою під гайковий ключ, який утворює з'єднання за допомогою гайки або іншого нарізного отвору	 Болт з шестигранною головкою  Болт з напівкруглою головкою  Болт з потайною головкою  Болт з фланцем
	Рим-болт - металеве кільце, жорстко поєднане з циліндричним стрижнем, що має на кінці різьблення для кріплення до різноманітних конструкцій, механізмів	 Рим-болт
	Болт відкидний - болт, головка якого виконана у вигляді рухомої частини шарнірного з'єднання	 Болт відкидний

Найменування групи	Опис виробу	Фото виробу
Болти	<i>Анкер</i> - кріпильний виріб, який закріплюється в несучій підставі і утримує будь-яку конструкцію	 Анкерний болт
Гайки	<i>Гайка</i> - кріпильний виріб з різьбою, що утворює з'єднання за допомогою гвинта, болта або шпильки	 Гайка шестигранна  Гайка шестигранна з фланцем  Рим-гайка  Корончата гайка  Гайка-барашек  Гайка ковпакові  Гайка кругла зі шліцем

Найменування групи	Опис виробу	Фото виробу
Гвинти	Гвинт - кріпильний виріб для з'єднання деталей, одна з яких може бути з внутрішнім різьбленням.	 Гвинт з потайною головкою Гвинт з напівкруглою головкою Гвинт з напівпотайною головкою  Форми шліців
Шурупи	Шуруп - це різновид гвинта, відрізняється тим, що має конічне звуження на кінці і більш рідкісну різьбу	 Шуруп
	Шуруп, який створює різьблення при укрученні, називається самонарізним шурупом - в просторіччі «саморізом»	 Саморез
Дюбелі	Дюбель - кріпильний виріб, який спільно з іншим кріпильним виробом різними способами закріплюється в несучій підставі і утримує будь-яку конструкцію. Дюбель встановлюється в підставу для можливості скручування, вклеювання або вбивання в нього іншого кріпильного елемента, наприклад, шурупа або саморізу.	 Дюбелі

Найменування групи	Опис виробу	Фото виробу
Заклепка	Заклепка - різновид кріплення, деталь заклепувальних з'єднання у вигляді круглого стержня або труби, з одного боку має заставну головку і утворюється в процесі клепки замикаючу (висадну) головку.	 Заклепки
Шайби	Шайба - кріпильний виріб. Шайба може підкладатись під гайку або головку іншого кріпильного виробу (болти, гвинти, шурупи, саморізи), під шплінт і т.п. для створення більшої площі опорної поверхні, запобігання самовідгвинчування кріпильної деталі.	 Різні типи шайб
Штифти	Штифт - кріпильний виріб у вигляді циліндричного або конічного стрижня, призначене для нерухомого з'єднання. Штифт щільно вставляється в отвір, що проходить через обидві деталі, запобігаючи їх взаємне зміщення.	 Штифт насечний
		 Штифт з насічкою посередині
		 Штифт з головкою
		 Штифт циліндричний
		 Штифт пружний
		 Штифт конічний з різьбою
		 Штифт конічний гладкий
		 Штифт конічний з розведеним кінцем
Шпильки	Шпилька - кріпильний виріб у вигляді стрижня із зовнішнім різьбленням, що утворює з'єднання за допомогою гайки або різьбового отвору.	 Шпильки

8.7 МОНТАЖНІ ВИРОБИ І ДЕТАЛІ

8.7.1 Вироби для кріплення суднових кабелів

Суднові кабелі та проводи дуже рідко кріплять безпосередньо до елементів набору судна. Для зручності монтажу та обслуговування, а також щоб уникнути зайвих ушкоджень (порушення цілісності) набору судна, теплової та звукової ізоляції палуб і перегородок або їх зашивання кабелі, як правило, кріплять на конструкції, які попередньо приварюють або пригвинчують до набору судна.

Для установки і кріплення кабелів (і проводів) застосовують: підвіски, панелі, скоби, жолоби, труби та інші вироби.

Окрему групу становлять вироби, призначені для проходу кабелів крізь перебирання і палуби. До них відносять втулки для обрамлення отворів, сальники і кабельні коробки.

Більшість цих виробів виготовляють зі сталі або алюмінієво-магнієвих сплавів методом холодного штампування, зварювання, різання, гнуття і слюсарної обробки.

Тому в практиці суднобудування вони отримали назву виробів слюсарного насичення.

Вироби, виготовлені зі сталі, ґрунтують залізним суриком, а з легкого сплаву оксидують з подальшим нанесенням ґрунту марки ФЛ-ОЗ-Ж. При цьому використовують прес-ножиці (для різання смугової і кутової сталі), гільйотинних ножиць (для різання листової сталі), гнучкий прес, верстат для гнуття кромek, верстат для виготовлення скоб, прес для перфорації, трубовідрізний, трубонарізний і трубозгинальний верстати, свердлильні верстати, зварювальні апарати. Широко застосовують переносний електро- і пневматичний інструмент.

Більшість виробів слюсарного насичення уніфіковано по типорозміру, кожному типорозміру привласнений індекс (умовне позначення).

Розглянемо конструктивні особливості найбільш часто вживаних виробів для кріплення кабелів (рисунок 8.42).

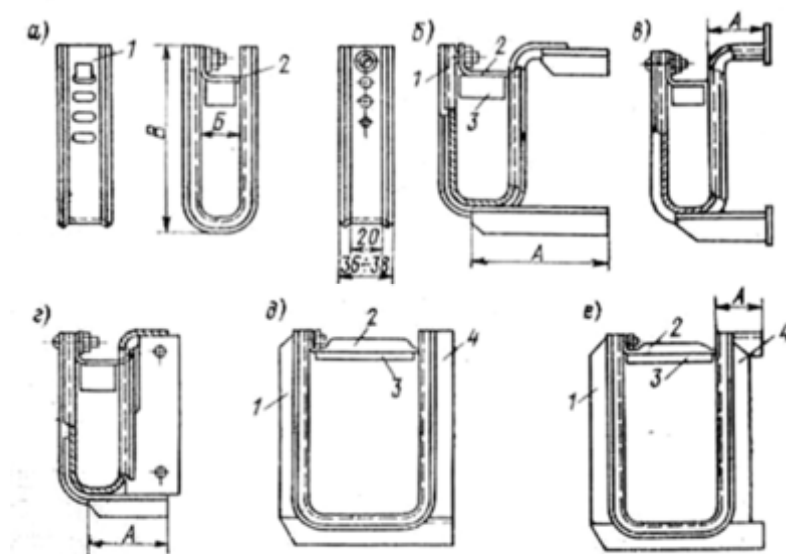


Рисунок 8.42 – Підвіски для кріплення суднових кабелів і проводів.

1 - корпус; 2 - замок; 3 - гума; 4 - обрамлення.

Підвіски без хвостовиків типу 1 (рисунок 8.42, а) використовують для приварки до металевих конструкцій в приміщеннях, які не передбачають зашивати або оббудовується деревом. Такі підвіски виготовляють шириною Б, яка дорівнює 28, 36, 50, 70 мм і висотою В, що дорівнює 100, 130, 180, 200, 230 мм.

Підвіски з хвостовиками типу 2 (рисунок 8.42, б) призначені для приварки в приміщеннях без ізоляції і з ізоляцією, їх виготовляють шириною 28, 36, 50, 70, 90, 125, 160 мм, висотою 100, 130, 180, 200, 230 мм при довжині А вильоту хвостовиків в межах від 45 до 350 мм.

Підвіски з хвостовиками і планками типу 3 (рисунок 8.42, в) кріплять до набору судна в приміщеннях з тепловою або звукопоглинальною ізоляцією. Діаметр отворів в лапах вибирають: під заклепку 5,2 мм, під гвинт 6,5 мм при кріпленні до металу, під гвинт або глухар 8,5 мм при кріпленні до дерева. Ширина і висота підвісок типів 2 і 3 однакові, довжина вильоту хвостовиків від 25 до 60 мм.

Конструкції підвісок типу 4 (рисунок 8.42, г) використовуються під кріплення або для приклепки до набору судна; розміри їх аналогічні підвіскам типів 2 і 3.

Для кріплення великих пучків кабелів використовують підвіски типів 5 і 6 (рисунок 8.42, д, е), які мають обрамлення з кутників розміром 32х32х4, 32х20х3 або 32х20х4.

Підвіски типу 5 призначені для приварки до металевих конструкцій в приміщеннях без ізоляції. Такі підвіски виготовляють шириною 160, 180, 200, 230, 260, 300 мм, висотою 200, 260, 300, 360, 400 мм. Підвіски типу 6 відрізняються від підвісок типу 5 тим, що мають хвостовик для приварки; виліт хвостовика дорівнює 45, 80, 100 мм.

Підвіски складаються з корпусу, обрамлення і замка, який можна переміщати в одне з трьох або чотирьох фіксованих положень. За допомогою замка і приклеєною до нього губчастої гуми товщиною 6-12 мм закріплюють кабелі, розташовані в підвісці. Корпуси підвісок виготовляють зі смугового металу і для жорсткості профілюють.

Панелі (рисунок 8.43, а) виготовляють із сталевих листів з перфорацією (отворами) товщиною 1 -1,6 мм. Довжина панелей А визначається довжиною листового металу. Ширину Б приймають в межах від 68 до 245 мм.

Окремі панелі, розташовані уздовж кабельної траси, з'єднуються між собою за допомогою стикових планок (рисунок 8.43, б) і гвинтів.

Скоби Г-образні (рисунок 8.43, в) виготовляють зі сталевих смуг товщиною 3-5 мм. Висоту скоб приймають від 20 до 230 мм, довжину - від 55 до 136 мм.

Скоби П - образні (рисунок 8.43, г) мають висоту від 20 до 230 мм, довжину від 40 до 259 мм, товщину 3 -4 мм.

Скоби з лапами (рисунок 8.43, д) виготовляють висотою 20-125 мм, довжиною 75-189 мм, товщиною 3 -5 мм.

Скоби П - образні з гвинтом (рисунок 8.43, е) призначені для установки під ізоляцією; товщина їх 4-6 мм, висота 30-250 мм, довжина 75-189 мм, гвинт М6х25.

Скоби для кріплення окремих кабелів (рисунок 8.43, ж) з зовнішнім діаметром від 5 до 16 мм виготовляють з сталі товщиною 1,6 мм, висотою 7- 17 мм, довжиною 24,5-34,5 мм.

Скоби для кріплення рівних пучків кабелів (рисунок 8.43, з) виготовляють із співвідношенням довжини до висоти 2: 1, 2,5: 1, 3: 1, товщиною 1-2 мм.

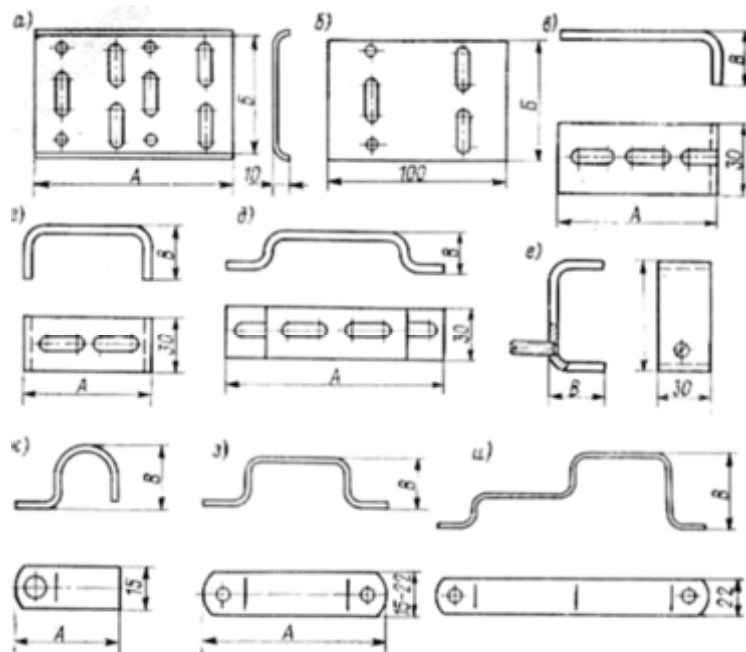


Рисунок 8.43 – Панелі та скоби для кріплення суднових кабелів і проводів.

Фігурні скоби (рисунок 8.43, и) виготовляють з смуги товщиною від 1 до 2 мм відповідно до конфігурації пучка кабелів.

Жолоб для укладання кабелів (рисунок 8.44) складається з корпусу і кришки, яку притискають болтами. Довжину жолоби визначає довжина листів металу. Якщо необхідний жолоб більшої довжини, окремі його частини можна з'єднати за допомогою планки, яку до однієї частини жолоба приварюють, до іншої - пригвинчують. Ширину жолоба Б приймають від 106 до 306 мм, висоту 50-160 мм. Жолоби виготовляють з сталевих листів товщиною 2 мм або з легкого сплаву товщиною 3 мм. Через кожен метр в днище жолоба роблять отвори для стоку конденсату.

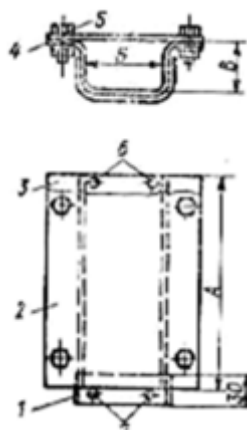


Рисунок 8.44 – Жолоб для укладення кабелів

1 – планка стикова; 2 – кришка; 3 – корпус; 4 – прокладка; 5 – кріплення; 6 – отвори для стоку рідини (вентиляція); 7 – отвори для кріплення наступної частини жолобу.

Для запобігання трас кабелів від механічних пошкоджень їх закривають кожухами (рисунок 8.45).

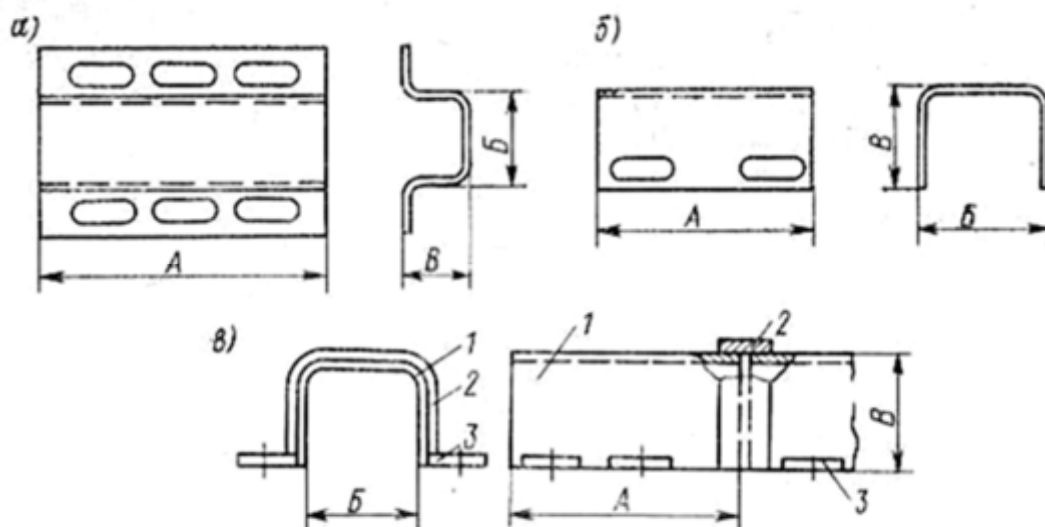


Рисунок 8.45 – Кожухи для захисту кабельних трас:
а – при прокладці на панелях; б – на скобах; в – в підвісках типів 1 і 2.
1 – кожух; 2 – планка стыкова; 3 – лапа.

Довжина кожуха залежить від ділянки, який необхідно закривати, висота і ширина - від розмірів пучка кабелів.

Для захисту одиночних кабелів або пучка кабелів від механічних пошкоджень використовують також труби різних діаметрів (1/2, 3/4, 1, 1,25, 1, 5, 2, 2,5 і 3 дюйми).

При проході одного кабелю або пучка кабелів крізь перебірки і палуби для запобігання їх оболонок від механічних пошкоджень застосовують втулки для обрамлення вирізів (рисунок 8.46). Обрамлення вирізів роблять при товщині перегородок від 1 до 6 мм включно. При великій товщині краї вирізів обпилюють по обидва боки радіусом не менше 2 мм.

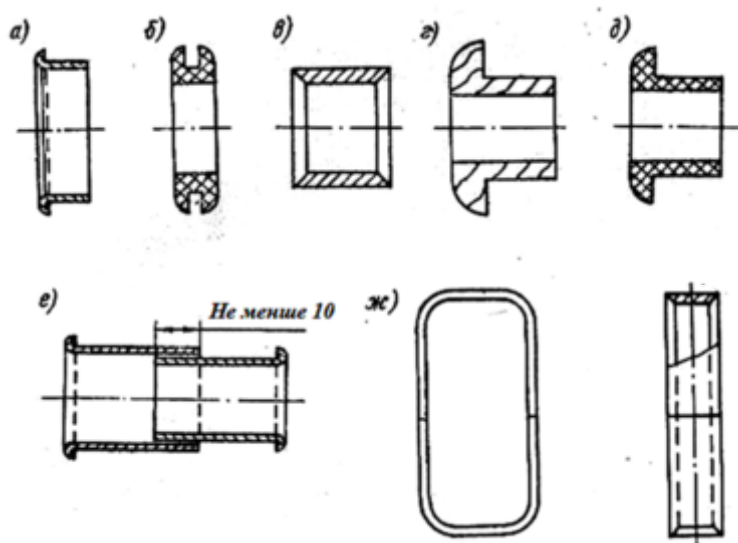


Рисунок 8.46 – Втулки для обрамлення вирізів проходу кабелів:
а – металева; б – гумова; в – трубчаста; г – дерев'яна; д – пластмасова; е – трубчаста розсувна;
ж – облицювання металеве

Металеві втулки з отбуртовкою виготовляють зі сталі товщиною 0,8 мм. Вони призначені для проходу кабелів діаметром 18-66 мм.

Гумові втулки виготовляють із різних сортів гуми. Вони призначені для проходу кабелів діаметром 13-66 мм.

Втулки трубчасті нарізають із сталевих труб, вони призначені для проходу кабелів діаметром 17-66 мм.

Довжина металевих, гумових і трубчастих втулок становить приблизно 80 мм.

Втулки дерев'яні виготовляють з дубу, ясеню або берези, а пластмасові - з поліхлорвінілу.

Дерев'яні та пластмасові втулки призначені для проходу кабелів діаметром 18-56 мм. Довжина втулок дорівнює приблизно 18 мм.

Втулки трубчасті розсувні виготовляють із сталевих труб, вони призначені для проходу кабелів діаметром 20-40 мм крізь набір судна товщиною 70-250 мм.

Металеve облицювання виготовляють із сталевго штабу завтовшки 1,6 мм з двох половин і приварюють по периметру отвору, призначеного для проходу пучка кабелів крізь перегородку або палубу. Вироби з алюмінієво-магнієвих сплавів мають товщину на 1-2 мм більшу, ніж сталеві.

Сальники (рисунок 8.47) перебіркові типу СК.П і трубні типу СКТ застосовують для ущільнення місць проходу і введення в електротехнічні пристрої одиночних кабелів діаметром від 4 до 80 мм (СК.П) і від 6 до 70 мм (СКТ); вони забезпечують надійне ущільнення при різниці тиску до 14,5-104 Па (1,5 кгс / см²). Деталі сальників типу СКП виконують зі сталі або алюмінієвих сплавів. Натискні гайки сальників типу СКТ виготовляють з латуні.

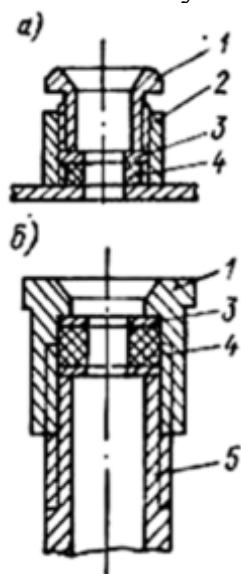


Рисунок 8.47 – Сальники для проходу одиночних кабелів:

а) приварні; б) трубні

1 – гайка; 2 – гніздо; 3 – шайба; 4 – ущільнююча маса; 5 – труба

Кабельні коробки (рисунок 8.48) застосовують для ущільнення місць проходу пучків кабелів крізь перебірки і палуби. Коробки забезпечують надійне ущільнення при різниці тиску до 19,5-10⁴ Па (2 кгс / см²). Коробки ділять на перебіркові і палубні з різною площею для кабелів (перші мають площу 48, 84, 100, 203, 220, 305, 384, 409, 435, 516, 560, 637, 690 см²; другі - 80, 190, 270 і 370 см²).

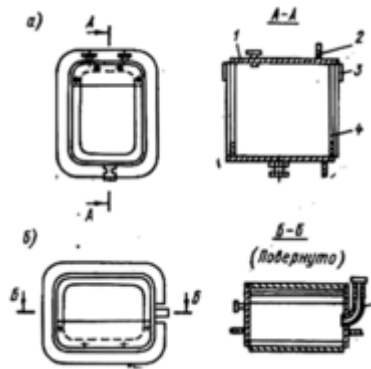


Рисунок 8.48 – Коробка для проходу пучків кабелів:
а – перебіркова; б – палубна.
1 – корпус; 2 – фланець установчий; 3 – планка; 4 – рама; 5 - штуцер

Для маркування (індексації) кабелів і жил, що входять в кабелі, використовуються бирки, які нарізають з поліхлорвінілових трубок білого, блакитного, жовтого або іншого кольору з фібрових пластин (плоскі). Фіброві пластини покриваються білою емаллю і цапонлаком. Діаметр трубок підбирається за розміром зовнішнього діаметра кабелю або жили. Довжина трубок визначається розміром шрифту і кількістю знаків, які необхідно наносити па бирці.

Вироби для кріплення кабелів виготовляють зі сталі марок СТ 2, СТ 3 або алюмінієвого сплаву. Сталеві вироби покривають залізним суриком або піддають фосфатуванню з нанесенням ґрунту ФО-ОЗ-К. Вироби з алюмінієвого сплаву оксидують з нанесенням ґрунту ФО-ОЗ-Ж. Кріпильні вироби (болти, гвинти, шайби, гайки) цинкують або кадмирують.

Кабельні конструкції призначені для прокладки кабелів в виробничих приміщеннях, тунелях, каналах та інших кабельних спорудах, збираються зі стандартних елементів - стійок і полиць (рисунок 8.49).

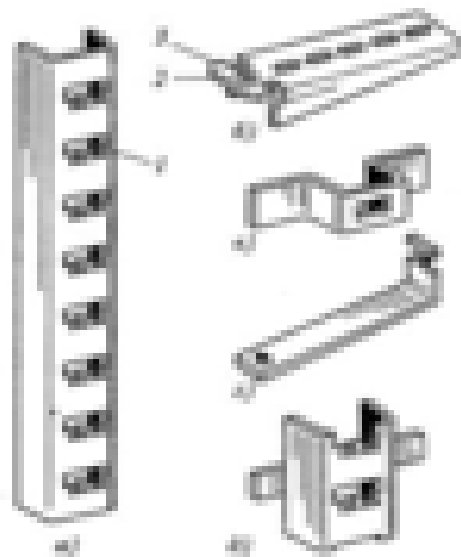


Рисунок 8.49 – Кабельні конструкції: а - стойка; б - полку; в - скоба; г - підвіска;
д - підстава; 1 - язичок; 2 - хвостовик; 3 - овальний отвір у хвостовику

Стойки, укомплектовані полицями, закріплюються в будівельних підставах, на полицях прокладають кабелі і горизонтальними рядами. При складанні кабельних конструкцій хвостовик 2 полки вставляється в отвір стойці так, щоб язичок 1, наявний на стойці, увійшов в овальний отвір 3 хвостовика полки.

Потім спеціальним ключем 2 (рис. 8.50) язичок повертається на 90° , в результаті чого утворюється нероз'ємне з'єднання полки зі стійкою, а також необхідний електричний контакт. Стойки можуть бути заввишки 400, 600, 800, 1200 і 1800 мм з числом овальних отворів для установки полиць відповідно 8, 12, 16, 24 і 36. Довжина полиць 160, 250, 350 і 450 мм.

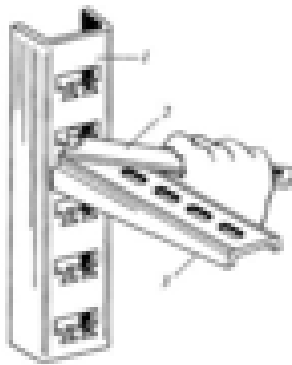


Рисунок 8.50 – Кріплення полки до стойці: 1 - стойка; 2 - ключ; 3 – полку

Кабелі укладають безпосередньо на полицях або в лотках, що встановлюються на них (рисунок 8.51). Сучасні кабельні конструкції виготовляється з оцинкованої сталі.

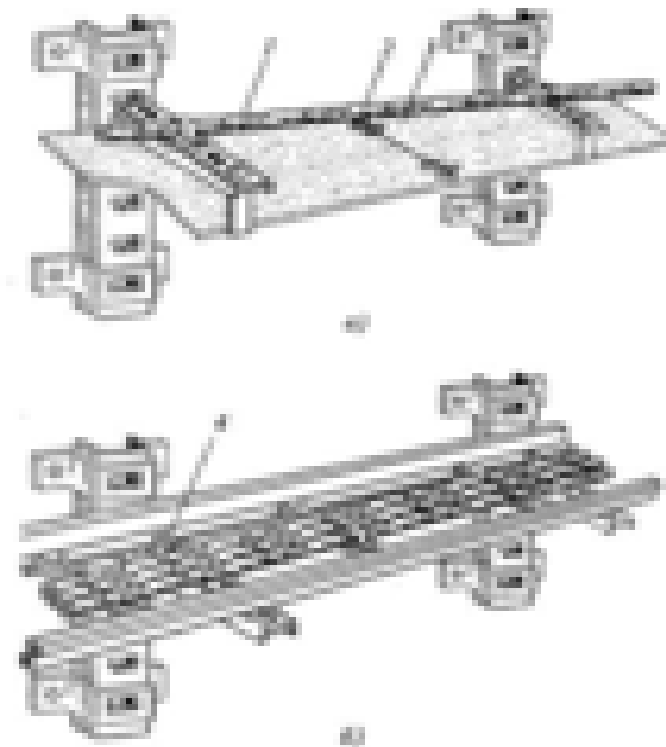


Рисунок 8.51 – Прокладка кабелів на полицях (а) і в лотках (б): 1 - кабель; 2 - з'єднувач перегородок; 3 - перегородка з азбоцементної плити; 4 – притиск

Різновидом збірних кабельних конструкцій є стойки із заставними підвісками для прокладки кабелів рядами у вертикальній площині. Додатково до цих основних виробів для прокладки кабелів випускаються деякі комплектуючі деталі: скоби для кріплення кабельних стійок пристрілкою; лотки для укладання з'єднувальних муфт на збірних кабельних конструкціях; підстави для установки однієї полиці і для укладання і з'єднання азбестоцементних розділових перегородок; підвіски і з'єднувачі.

З'єднання і відгалуження проводів виконуються в сталевих і пластмасових коробках різних розмірів для різних видів електропроводок. Коробки для тросової електропроводки і для проводки в трубах розглядаються далі.

8.7.2 Монтажні профілі і смуги з перфорованої сталі

Підприємствами випускаються вироби з перфорованої сталі - смуги, пінти, швелери, рейки та інші монтажні профілі з перфорацією забезпечують виготовлення різних опорних і кріпильних конструкцій з мінімальними трудовими затратами в майстернях і при монтажі. З них отримують рами і каркаси для збірки блоків щитків і пускових пристроїв, їх використовують для підвіски зібраних в блоки світильників і кріплення труб, проводів і кабелів.

Застосування монтажного профілю з заставної гайкою дозволяє кріпити труби, кабелі, апарати без підготовки нових отворів при зміні місць кріплення. З перфорованої смуги легко виготовити планки, скоби, траверси. Смуги з пряжками полегшують закріплення труб або кабелів прив'язкою. Ці пряжки мають вирізи для закріплення в перфорації смуги і прямокутні отвори для смужок, що кріплять кабелі або труби.

8.7.3 Вироби для монтажу шин

Виробами для монтажу шин є утримувачі шин, перехідні пластини, шинні компенсатори, прокладки між шинами, ізоляційні вставки, шайби і ін. Утримувачі шин серій ШП і ШР для кріплення плоских шин (одиначних і по 2-3 штуки в пакеті з різними перетинами, шириною від 40 до 120 мм і товщиною від 4 до 12 мм) на площину і ребро, а також утримувачі шин для кріплення профільних шин (з коробчастим перетином) показані на рисунку 8.52.



Рисунок 8.52 – Утримувачі шин для кріплення плоских шин на площину (а) і ребро (б) і для кріплення профільних шин (в)

Для приєднання алюмінієвих шин до мідних плоским стрижневим висновків електричних апаратів та машин застосовують перехідні мідно-алюмінієві пластини серії МА і пластини серії АП зі сплаву марки АД31Т1.

При розмірах шин від 4 x 40 до 10 x 120 мм довжина пластин повинна бути від 100 до 190 мм, з'єднання їх зварювальне.

Для компенсації температурних подовжень протяжних ділянок алюмінієвої ошиновки використовують шинні компенсатори шириною 50 ... 120 мм і товщиною 6 ... 10 мм.

З'єднання їх з шиною зварне.

Утримувачі шин для кріплення плоских шин на площину (а) і ребро (б) і для кріплення профільних шин (в).

Для фіксації зазорів в пакеті плоских мідних і алюмінієвих шин служать прокладки між шиною розміром 110x28x8 і 150x22x10 мм, для секціонування шинних магістралей з плоских шин - ізоляційні вставки.

Для болтових з'єднань алюмінієвих шин застосовують спеціальні сталеві шайби серій А8, А10 і А12 товщиною 3 ... 4 мм і діаметром 18, 22, 28 мм, а також серій АС-12 і АС-16 товщиною 4 і 6 мм і діаметром 34, 38 мм.

Складальні затискачі (рисунок 8.53) служать для з'єднання проводів вторинних кіл, прокладених по панелям, з контрольними кабелями.

За конструкцією розрізняють:

- нормальні затискачі серії КНБ, що служать для втичного без кілець з'єднання жил проводів і кабелів перетином 1,5 ... 6 мм²;
- нормальні затискачі серії КН, призначені для з'єднання двох проводів різних ділянок кола перетином 1,5 ... 6 мм². Кінці проводів і жил кабелів в цьому випадку зігнуті в кільце;

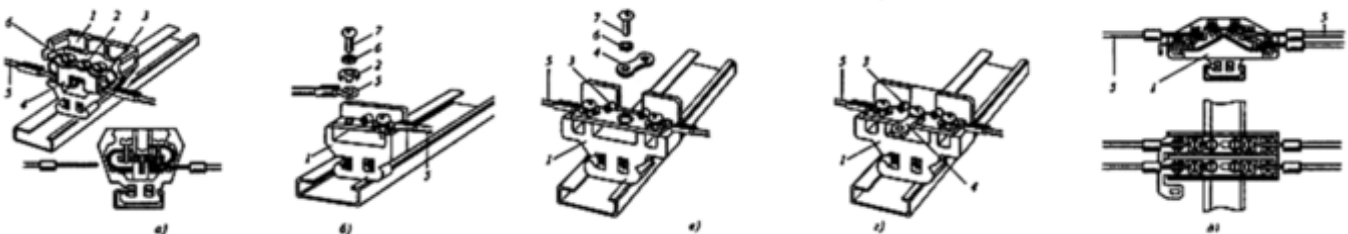


Рисунок 8.53 – Складальні затискачі: а - нормальний серії КНБ; б - нормальний серії КН; в - спеціальної серії КСК-ЗМ; г - спеціальної кінцевої серії КС-ЗМ; д - випробувальної серії ЗЩІ; 1 - корпус; 2, 6 - відповідно пружинна і обмежувальна шайби; 3 - контактна пружина; 4 - вкладиш для торцевого без кілець підключення проводів; 5 - провід вторинних кіл; 7 - гвинт.

- спеціальні затиски серії КС-ЗМ, службовці для підключення двох проводів і з'єднання їх з сусідніми аналогічними затисками, а також для підключення жил проводів, вигнутих в кільце. Їх різновидом є спеціальний кінцевий затискач серії КСК-ЗМ, призначений для установки перемички зі складальними затисками КС-ЗМ при відсутності приладів в колі трансформатора струму (в кінцевому затиску перемичка встановлюється тільки з одного боку; конструкція такого затиску передбачає підключення жили проводу перетином 1,5 ... 6 мм², зігнутого в кільце);
- щитові випробувальні затискачі серії ЗЩІ, призначені для перевірки та випробування вторинних кіл. Конструкція затиску дозволяє з'єднувати кілька проводів одного призначення (під кожен контактний гвинт - один провід).

Випробувальний затиск являє собою пластмасову підставу з укріпленою на ньому латунною контактною частиною, що складається з двох вигнутих контактних планок, з'єднаних містком. Ці затиски закріплюють на рейках серії К109 за допомогою хвостовика пластмасової підстави і пружинки. Така конструкція дозволяє встановлювати і замінювати затискачі в будь-якому місці рейки - з торця і в середині. Фіксація та маркування груп набраних затискачів виконується за допомогою маркувальних колодок серії КМ-5. Для монтажу проводки вторинних кіл випускають і інші вироби: шайби-зірочки для приєднання алюмінієвих жил контрольних кабелів, бирки-наконечники та пластмасові маркувальні бирки, втулки, наконечники, трубки та ін.

Питання до розділу 8

1. Як поділяються електротехнічні матеріали?
2. Для чого призначені з'єднувачі та наконечники кабелів і проводів?
3. Які види електроізоляційних матеріалів вам відомі?
4. Для чого в електротехніці використовуються процеси зварювання і пайки?
5. Які матеріали використовуються для зварювання і пайки?
6. Чим гвинт відрізняється від болта?
7. Чим кабельний короб відрізняється від кабельного лотка? Переваги того й іншого.

9 ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ ТЕХНОЛОГІЇ

9.1 ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ

Діяльність будь-якого підприємства визначається характером і видом виробничого процесу, який в загальному понятті представляють собою сукупність всіх дій, спрямованих на перетворення вихідних матеріалів і напівфабрикатів в закінчену продукцію - предмет виробництва.

Всякий виробничий процес включає в себе два процеси: технологічний і нетехнологічний (допоміжний).

Технологічний процес - це сукупність трудових дій і природних процесів, в результаті яких відбувається зміна складу, форми, розмірів, зовнішнього вигляду або внутрішніх властивостей предметів праці.

В залежності від характеру виконуваних робіт технологічні процеси судна підрозділяються на процеси зварювання, монтажу, фарбування та ін.

Нетехнологічні процеси забезпечують виконання технологічних. До них відносяться процеси комплектування, складування, транспортування, контролю та ін.

Залежно від обсягу та характеру дій над предметом праці виробничі процеси поділяються на операції, що виконуються у встановленій послідовності.

Операцією називається закінчена частина виробничого процесу, виконувана певним складом виконавців на одному робочому місці (в одній робочій зоні) незмінним набором інструменту або інших засобів технічного оснащення. Кожна операція включає в себе все дії виконавця, що послідовно виконуються над предметом праці при обробці, збірці або транспортуванні.

Аналогічно процесам операції підрозділяються на технологічні і нетехнологічні.

До числа технологічних відносяться, наприклад, розмітка заготівлі, приварка конструкції, зняття на певній ділянці захисної оболонки кабелю і т. п. Операція є основною одиницею при плануванні, нормуванні, організації та обліку процесів виробництва на робочих місцях, а також при вивченні трудових процесів.

Операції, в свою чергу, поділяються на переходи.

Перехід - це частина операції, яка виконується одним і тим же інструментом у визначеному положенні (або стані) виробу.

Наприклад, в операції зняття захисної оболонки кабелю переходами є: вимір ділянки, що видаляється, круговий надріз оболонки, поздовжній розріз, відгинання і відламування розрізаної частини оболонки.

Переходи складаються з **технологічних комплексів прийомів** (ТКП), що представляють собою об'єднання декількох послідовно виконуваних прийомів, дій та рухів виконавця, які забезпечують досягнення певної технологічної мети (наприклад, встановити, закріпити, зачистити і т. п.).

Основним фактором підвищення економічних показників є вдосконалення технологічних процесів. Технологічні процеси ділять на

- принципові,
- типові
- робочі.

Принциповий технологічний процес являє собою сукупність основних технологічних процесів споруди судна в цілому. Він визначає метод (принципову технологію) споруди судна, спосіб формування корпусу, основні положення виконання монтажних робіт, загальні для різних судів.

Під **типовими технологічними процесами** розуміють конкретні приватні виробничі процеси. Вони визначають оптимальні способи виготовлення окремих елементів судна і виконання монтажних робіт, характерних для різних судів, незалежно від способу їх побудови.

Робочі технологічні процеси визначають способи виконання окремих видів робіт. Вони ґрунтуються на типових технологічних процесах і характеризуються повним урахуванням технічної оснащеності заводу-будівельника, рівня виробничої підготовки кадрів, а також детальним описом операцій з вказівками переходів і ТКП.

9.2 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА СУДНОВИХ ЕЛЕКТРОМОНТАЖНИХ РОБІТ (ЕМР)

Під ЕМР розуміють сукупність виробничих процесів і операцій, які виконуються в цехах, на будівельних майданчиках і на судні і забезпечують підготовку, установку і монтаж всього судового електрообладнання. ЕМР поділяють на етапи, основними з яких є наступні:

- підготовчі роботи на березі,
- електромонтаж в цеху,
- підготовчі роботи на судні,
- електромонтаж на судні.

Підготовчі роботи на березі включають в себе роботи, що забезпечують комплектацію та підготовку до електромонтажу електрообладнання, матеріалів, кабельних і монтажних виробів.

Електромонтаж в цеху включає в себе роботи, пов'язані зі складанням і електричним з'єднанням елементів у складі складально-монтажні елементи (СМЕ) різного рівня, які виконуються в електромонтажних та складальних цехах, на спеціалізованих ділянках і будівельних майданчиках.

Підготовчі роботи на судні включають в себе роботи, пов'язані з установкою електромонтажних виробів і електрообладнання та підготовкою до затягування кабелів.

Електромонтаж на судні виконується в два етапи: зовнішній монтаж, або монтаж кабелів, і внутрішній монтаж, або підключення кабелів до електроустаткування.

Під настроювальними роботами розуміють сукупність виробничих процесів і операцій з підготовки та проведення здавальних випробувань електрообладнання.

Суднові ЕМР характеризуються об'єктами їх застосування (об'єктами електромонтажу). Залежно від прийнятого методу ЕМР такими об'єктами можуть бути окремо встановлювані елементи електрообладнання (електричні машини, апарати, пристрої розподілу струму і т. п.), СМЕ, електромонтажні райони, технологічні райони монтажу і судно в цілому.

СМЕ є об'єктами електромонтажу, якщо в їх склад входять елементи електрообладнання або кабелі (проводи). За рівнем вони поділяються на панелі, монтажні вузли, агрегати, монтажні та зональні блоки і блок-модулі.

Кабельна панель являє собою несучу конструкцію типу панелі, на якій укладаються і закріплюються відрізки оконечених кабелів, що складають окрему ділянку кабельної траси. Кабельні панелі можуть входити до складу СМЕ вищого рівня або встановлюватися безпосередньо на судні при формуванні кабельних трас.

Монтажний вузол складається з малогабаритних технічних засобів однієї або декількох конструктивних груп (елементів механічного, пневматичного, гідравлічного та електричного обладнання, ділянок трубопроводів, кабелів і т. п.), об'єднаних за ознакою функціонально-територіальної спільності і змонтований на спеціально розробленій конструкції або на одному з тих, що входять до складу вузла технічних засобів. Прикладами широко застосовуваних найпростіших монтажних вузлів можуть служити відрізки кабелів, оконечені з однієї або обох сторін (кабельні вузли), або відрізки кабелів, оконечені і увезення в пучки (кабельні збірки).

Агрегат складається з технічних і спеціальних засоби від різних конструктивних груп, об'єднаних за ознакою функціональної спільності. Як правило, агрегат має в своєму складі один або кілька основних механізмів або пристроїв, що визначають його функціональне призначення, і обслуговуючі технічні засоби, встановлені на спеціально розробленої несучій конструкції або в загальному корпусі. Відмінною особливістю агрегату є виконання ним на судні самостійної функції. Стандартизовані агрегати, що входять до складу різних систем, називають **функціональними модулями**.

Монтажний і зональний блоки складаються з технічних і спеціальних засобів різних конструктивних груп, об'єднаних за ознакою територіальної спільності. Елементи монтажного блоку кріпляться на спеціально розробленої несучій конструкції, а зонального - на штатній корпусних конструкції (секції палуби, перебірці, вигородці і т. п.).

Технологічний район монтажу являє собою частину судна, що характеризується одночасністю формування і підготовки до ЕМР всіх вхідних в її склад приміщень. склад технологічних районів монтажу встановлюють в основному за територіальним принципом, коли їх межі відповідають кордонам одного або декількох суміжних будівельних районів судна. В окремі технологічні райони монтажу можуть також виділятися приміщення, що становлять зони розміщення основних кабельних трас. При наявності на судні складних електротехнічних систем і комплексів з підвищеним ступенем трудомісткості ЕМР окремі технологічні райони монтажу можуть формуватися за схемним принципом. В один такий район можуть входити приміщення, розташовані в різних частинах судна. При будівництві судна блоковим методом кожен блок судна є окремим технологічним районом монтажу.

Для забезпечення доцільної організації ЕМР в технологічних районах монтажу останні розбивають на електромонтажні райони (ЕР), територіально і за обсягом робіт відповідають бригадним ділянкам.

ЕР характеризуються відносною функціональною автономністю розташованого в них електрообладнання і ізолюваністю корпусних конструкції, що забезпечується в процесі проектування судна.

При формуванні ЕР за територіальним принципом в них включаються суміжні приміщення, розташовані на одній палубі, з проходами між ними і приміщення, розташовані на двох або декількох суміжних палубах в районі одних і тих же шпангоутів.

При формуванні ЕР за схемним принципом в них включаються і не суміжні посади і рубки, в яких встановлюється електрообладнання, що входить до складу одної системи.

На кожен ЕР складається технологічний комплект, що включає перелік і характеристики всіх виробничих операцій і переходів ЕМР, технологічно-нормувальні карти по етапах ЕМР і робочі креслення по установці електроустаткування і прокладці кабелів, а також електричні схеми з'єднань і підключення.

Об'єктами настрою вальних робіт є ті, що мають в своєму складі елементи електрообладнання пристрої, комплекси і системи, а також їх складові частини, які підлягають налаштуванню і випробуванню.

ЕМР характеризуються об'ємом і складністю.

Об'єм ЕМР визначається сумарною довжиною усіх прокладених кабелів.

За цим показником судна поділяють умовно на шість електромонтажних величин, як показано в таблиці 9.1.

Таблиця 9.1 – Електромонтажні величини суден (ЕВС)

ЕВС	Група суден по ЕВС	Загальна довжина кабелів, км
1	Катери	Менше 20
2	Дрібні судна	20-60
3	Малі судна	60-150
4	Середні судна	150-250
5	Великі судна	250-350
6	Крупні судна	Більше 350 км

Складність ЕМР визначається величинами коефіцієнтів:

$$E_1 = \frac{L_{\Sigma}}{V_B};$$

$$E_2 = \frac{n}{V_B},$$

де L_{Σ} - сумарна довжина всіх кабелів, м;

n - кількість відрізків кабелів,

V_B - вільний об'єм приміщень (не зайнятий обладнанням, трубопроводами та іншими пристроями), м³.

По цих коефіцієнтах ЕМР в цілому по судну або окремим його районам підрозділяються на шість категорій складності у відповідності з табл. 9.2.

Таблиця 9.2 – Характеристики ЕМР за складністю

Категорія складності ЕМР	Характер ЕМР	E_1 , м ⁻²	E_2 , м ⁻³
1	Прості	Менше 8	Менше 1
2	Малої складності	8-20	1-3
3	Середньої складності	20-60	3-6
4	Складні	60-150	6-9
5	Насичені	150-250	9-12
6	Дуже насичені	Більше 250	Більше 12

Електромонтажні і настроювальні роботи на суднах організують за принципом монтажного потоку. Основні положення поточної організації робіт складаються в наступному:

- чітке ділення всього обсягу робіт на етапи;
- ділення робіт кожного етапу на ряд закінчених обсягів і видів робіт – технологічних комплектів, що незмінні для всіх суден однієї серії,
- постійне закріплення за кожною бригадою визначених технологічних комплектів на всіх суднах серії і їх послідовне виконання.

9.3 МЕТОДИ ВИКОНАННЯ ЕЛЕКТРОМОНТАЖНИХ І НАСТРОЮВАЛЬНИХ РОБІТ

Технологічні та організаційні засади, покладені в основу проведення цих робіт на судах, визначають основні техніко-економічні показники електромонтажного виробництва:

- продуктивність праці,
- трудомісткість і
- тривалість виконання робіт.

Тому їх розробка є однією з найважливіших задач, розв'язуваних в процесі проектування судна і технологічній підготовці виробництва. Практичне розв'язання зазначеного завдання зводиться до вибору й обґрунтування методу виконання (принципової технології) робіт, розрахунку основних показників монтажного потоку і до розробки структурної схеми організації виробництва.

Під **методом виконання** робіт розуміється сукупність принципів організації електромонтажного виробництва і технологічний план, який визначає кількість і склад об'єктів електромонтажу, обсяг, послідовність і тривалість робіт в них, організацію виконання робіт і їх взаємозв'язок із загальним виробничим процесом побудови судна.

Обраний метод повинен забезпечувати мінімізацію трудових і матеріальних витрат і скорочення тривалості побудови суден з урахуванням їх характеристик, серійності споруди і виробничих можливостей суднобудівного заводу і електромонтажного підприємства. В даний час в суднобудуванні застосовують три основних (базових) методу виконання робіт: паралельний, автономно-районний та агрегатно-блоковий.

9.3.1 Паралельний метод електромонтажу

Паралельний метод (паралельна технологія) електромонтажу заснований на виконанні електромонтажу одночасно у всіх приміщеннях судна, що утворюють єдиний технологічний район монтажу, в якому кабелі відразу прокладаються на всю довжину (від апарату до апарату) без проміжної бухтовки. При цьому в загальному технологічному графіку будівництва судна виділяють чітко регламентований етап виконання робіт в основному з електромонтажу. До початку етапу електромонтажу в усіх приміщеннях судна повинні бути завершені всі підготовчі роботи. Електромонтаж починається з затяжки магістральних кабелів, місцеві кабелі затягують пізніше або під час технологічних пауз. Підключення кабелів роблять у міру завершення прокладки відповідних пучків і введення їх в електрообладнання. НСР починаються відразу ж після закінчення електромонтажу окремих систем і пристроїв. Паралельний метод дозволяє виконувати електромонтаж на судні в стислі терміни з високою продуктивністю праці і доброю якістю. Він допускає зміну тривалості етапу електромонтажу в широких межах шляхом варіювання кількості робочих, що полегшує організацію ЕМР за принципом монтажного потоку. Його застосування доцільно при серійній будівлі суден з коротким циклом будівлі та відносно невисокою ступеню їх насиченості електрообладнанням. Це зазвичай судна з загальною довжиною кабелів, що прокладаються до 150 км простий, малої та середньої складності ЕМР.

Паралельний метод виконання ЕМР і НСР застосовується в основному при будівництві судів секційним методом. При будівництві суден блоковим методом паралельний метод виконання ЕМР застосовується лише у випадках, коли за умовами технології побудови судна не передбачено значне насичення обладнанням блоків і виконання в них електромонтажних робіт, а час, що виділяється в технологічному графіку будівництва судна на проведення електромонтажу на судні, виявляється достатнім для його завершення.

9.3.2 Автономне-районний метод електромонтажу

Автономне-районний метод (автономне-районна технологія) електромонтажу заснований на виконанні більшої частини обсягу робіт переважно в окремих автономне-монтажних районах (АМР) судна, що подаються під монтаж в певній, установленій проектом послідовності.

АМР представляє собою технологічні райони монтажу, характеризується високим ступенем функціональної і електромонтажної автономності, яка забезпечується при проектуванні судна. Послідовність подачі їх під монтаж повинна відповідати порядку формування корпусу судна з урахуванням вимоги першочергового відкриття фронту електромонтажу в районах з підвищеним ступенем складності ЕМР.

Автономне-районний метод передбачає проведення електромонтажу на судні в кілька етапів за наступними варіантами.

1. На першому етапі прокладають кабелі всередині районів в АМР, що подається під монтаж першим. На другому етапі прокладають кабелі всередині районів в АМР, що подається під монтаж другим, і міжрайонні кабелі першого і другого АМР. На третьому етапі прокладають кабелі всередині районів в АМР, що подається під монтаж третім, і міжрайонні кабелі, які проходять через ці три АМР, і т. д. до

прокладки на завершальному етапі кабелів АМР, що подається під монтаж останнім, і кабелів, що підводяться до нього з інших районів.

2. Прокладка кабелів проводиться поетапно всередині кожного АМР у міру подачі їх під монтаж. При цьому міжрайонні кабелі розрізають на кордонах АМР з подальшим їх зрощенням в міру готовності суміжних районів.

3. Те ж, але із застосуванням спеціальних кабельних з'єднувачів.

На кожному етапі електромонтаж проводиться за принципом паралельного методу. Настроювання здійснюється по мірі завершення монтажу окремих систем і пристроїв.

При використанні автономне-районного методу обсяг ЕМР на судні в порівнянні з паралельним методом зростає, але зате суттєве скорочується тривалість стапельного етапу і загального циклу будівництва суден за рахунок більш раннього початку ЕМР і НСР. При цьому забезпечується рівномірне завантаження електромонтажного цеху і скорочення чисельності робітників внаслідок збільшення тривалості загального етапу електромонтажу на судні.

Автономне-районний метод ЕМР і НСР рекомендується до змін на великих судах з тривалим циклом будівництва, а також на суднах з високими категоріями складності ЕМР, особливо при їх будівництві блоковим методом. необхідною умовою його реалізації є розробка проектної і робочої документації відповідно до встановлених для цього методу вимогами по раціональному плануванні судових приміщень, розміщенню електрообладнання та кабельних трас з умови формування АМР.

9.3.3 Агрегатно-блоковий метод електромонтажу

Агрегатно-блоковий метод (агрегатно-блокова технологія) електромонтажу заснований на виконанні більшої частини обсягу робіт в СМЕ поза стапелем і індустріалізації цих робіт шляхом виконання найбільш масових і трудомістких виробничих операцій на спеціалізованих ділянках і підприємствах. Електромонтаж проводиться одночасно з формуванням і насиченням корпусу судна шляхом послідовної зборки і укрупнення СМЕ. При цьому можна виділити три етапи:

1) складання і електромонтаж в процесі укрупнення СМЕ до монтажного або зонального блоку включно в цеху або на ділянці агрегатних збірок;

2) електромонтаж в блок-модулях і блоках судна в цеху блоків або на будівельних майданчиках;

3) електромонтаж в цілому корпусі після завершення його формування на стапелі.

Настроювальні роботи починаються в СМЕ в міру завершення монтажу окремих електричних систем або їх функціонально-автономних частин. У процесі формування СМЕ широко використовуються кабельні з'єднувачі міжблокових кабельних зв'язків.

Агрегатно-блоковий метод електромонтажних і настроювальних робіт дозволяє підвищити продуктивність і якість виконання робіт, а також поліпшити умови праці електромонтажників за рахунок перенесення значної частини робіт в цехові умови і застосування спеціального оснащення і засобів механізації. Цей метод сприяє суттєвому скороченню стапельного етапу і загального циклу будівництва судна, забезпечує постійне рівномірне завантаження електромонтажного цеху, а також створює хороші передумови для зниження трудомісткості наступних ремонтних і модернізаційних робіт. він рекомендованих

при будівництві судів з підвищеним рівнем автоматизації і насичення електротехнічними і радіоелектронними комплексами і системами особливо за умови використання модульне-агрегатного методу їх проектування і збірки. Він передбачає високий ступінь уніфікації і агрегування встановлюваного на судні електрообладнання, основна маса якого повинна входити до складу стандартних СМЕ (модулів), що виготовляються на спеціалізованих підприємствах.

9.4 СКЛАД СУДНОВИХ ЕЛЕКТРОМОНТАЖНИХ РОБІТ

9.4.1 Електромонтажні роботи, що виконуються поза стапелем

Поза стапелем виконуються ЕМР, що відповідають етапам підготовчих робіт на березі та електромонтажу в цеху.

Підготовчі роботи включають

- вхідний контроль,
- кількісну і технологічну комплектацію електрообладнання, кабелів, матеріалів і електромонтажних виробів,
- підготовку електрообладнання та кабелів до монтажу,
- складання електромонтажних заготовок і СМЕ.

Вхідний контроль здійснюється на складах електромонтажного підприємства або судна. При цьому відбувається розпакування електрообладнання і перевірка на предмет справності (зовнішнім оглядом), комплектності, наявності та якості консервації, відповідності паспортним даним та замовних відомостям. У кабелів перевіряють марку, кількість жил і їх перетин, цілісність верхнього шару і надійності закріплення кінця на барабані. За матеріалами перевіряють відповідність сертифікатним даними, дату випуску, терміни зберігання. Вхідний контроль інших масових виробів здійснюється шляхом їх зовнішнього огляду і вибіркової перевірки на відповідність стандартам і технічним умовам.

Кількісна комплектація полягає в накопиченні і підборі обладнання, кабелів і матеріалів по кожному судну у відповідності до проектної специфікації. кількісну комплектацію електрообладнання проводять за призначенням і по схемній придатності. За призначенням комплектується електрообладнання, що входить до складу загальне суднових мереж і систем: розподільні устрої, електронагрівальні прилади, електротехнічна арматура, світильники, вимикачі та інші масові вироби.

За належністю комплектується електрообладнання, що входить до складу окремих електричних пристроїв і спеціальних систем: апаратура автоматичного управління, прилади та апарати систем зв'язку, управління, контролю, сигналізації, електричні приводи і т. п.

Підготовка електрообладнання до монтажу полягає в підготовці електрообладнання, яке надходить із центрального складу до його встановлення та монтажу безпосередньо на судні або в СМЕ.

При цьому виконуються наступні основні операції:

- перевірка комплектності, відповідності типів і заводських номерів даним технічних паспортів, формулярів та проектних документів, перевірка наявності штатних схем;
- розконсервування (при необхідності);

- перевірка або нанесення штатної проектної маркування і відмітного забарвлення;
- виконання монтажної маркування (фарбою на задній стінці приладу або за допомогою тимчасових прив'язних бирок із зазначенням місця установки);
- перевірка стану сальників і наявності в них заглушок;
- перевірка якості рознімних з'єднань;
- тимчасовий демонтаж виробів, що легко знімаються і пошкоджуються (вимірювальних приладів, запобіжників, сигнальних ламп і т.п.);
- перевірка відповідності наконечників і клем проектним перетинам жил кабелів, що підключаються;
- нанесення антикорозійного змащення на хромовані і нікельовані поверхні;
- підготовка контактних поверхонь, призначених для заземлення електрообладнання (зачистка і змазування технічним вазеліном);
- захист від механічних пошкоджень при транспортуванні і установці.

Підготовка (заготівля) кабелів до монтажу включає до себе наступні операції:

- відрізка кабелю на потрібну довжину;
- захист кінців кабелів з гумовою ізоляцією від проникнення вологи;
- монтажне маркування (за допомогою штатних пояскових або монтажних прив'язних бирок з нанесеним індексом кабелю);
- нанесення стоп-марки (позначки фарбою або липкою стрічкою місця проходження кабелю через контрольну перегородку при завершенні його затягування);
- намотування в необхідній послідовності на технологічні заготівельні барабани, технологічні котушки або в бухти.

На заготівельні барабани зазвичай намотують магістральні кабелі, на технологічні котушки і в бухти - місцеві.

Магістральними вважаються кабелі, що проходять на судні не менше ніж через одну палубу або водогазонепроникну перегородку або ті, що виходять за межі міцного корпусу. **Місцеві** - всі інші.

Використовувані на судах електромонтажні вироби, що забезпечують кріплення і заземлення електрообладнання та кабелів, а також прохід кабелів через палуби і перебірки. Вони, як правило, не вимагають додаткової обробки перед установкою і не мають самостійного функціонального призначення.

За сформованою практикою електромонтажні вироби підрозділяють на групи:

- конструкції,
- власне вироби та
- ущільнювальні пристрої.

Електромонтажні конструкції кріпляться безпосередньо до корпусних конструкцій або несучих конструкцій СМЕ і служать для установки, кріплення і заземлення електрообладнання і кабелів. До них відносяться: рами-фундаменти, каркаси, кронштейни, жолоби, лапки, мости (скоб-мости), стойки, трубні підвіски, консолі, бонки, шпильки, планки, стойки заземлення.

До безпосередньо електромонтажних виробів відносять звичайні деталі і вузли, призначені для кріплення електрообладнання і кабелів до електромонтажних конструкцій, для заземлення електрообладнання та кабелів, для прокладки,

маркування, окінцевання і захисту кабелів. У цю групу входять: амортизатори, кабельні підвіски, накладки і скоби, панелі, жолоби, труби, кожухи, втулки, облицювання та оздоблення, перемички заземлення, маркірувальні бирки, кабельні наконечники.

Ущільнювальні пристрої призначені для герметизації місць проходу кабелів через палуби і непроникні перегородки, а також місць введення їх в труби. До них відносять: кабельні ущільнювальні коробки (прохідні і фланцеві), ущільнювальні патрубки, сальники (групові та індивідуальні).

Електромонтажні вироби надходять з спеціалізованих підприємств або (як правило, неуніфіковані вироби) виготовляються в цехах суднобудівного заводу. У електромонтажному цеху при необхідності виготовляють в невеликих кількостях такі вироби, як мости, кабельні скоби, перемички заземлення, а також виводять підгонку кабельних панелей і наносять маркування на маркірувальних бирках.

Електромонтажними заготовками називають підготовлені до установки на судні або в СМЕ комплекти, що складаються з тих, що пройшли підготовку перед монтажем електрообладнання, електромонтажних виробів (амортизаторів, перемичок заземлення і т. п.) і кріплення.

Технологічна комплектація полягає в накопиченні в проміжних (цехових) складах електрообладнання, що пройшло підготовку перед монтажем, електромонтажних заготовок, СМЕ, кабелів, матеріалів, кріпильних виробів.

Технологічна комплектація електрообладнання, матеріалів і місцевих кабелів відбувається по ЕР, окремих приміщень судна і великим СМЕ.

Для цих цілей використовуються стелажі, осередки або спеціальні контейнери з відповідним маркуванням. Технологічна комплектація магістральних кабелів, намотаних на заготівельні барабани, що проводиться по етапах їх затягування, чергам і пучкам.

У цехових умовах виконуються також роботи по безпосередньому електромонтажу, такі як обробка та обробка кінців кабелів, збірка монтажних вузлів, електромонтаж в СМЕ і блоках судна. Їх обсяг визначається реалізованим для споруджуваного судна методом виконання електромонтажних і налаштувальних робіт, проектним рівнем агрегування і можливостями електромонтажного цеху і суднобудівного заводу.

Виконання цехових робіт організоване за поточним методом. Для цього в складі електромонтажного цеху створюються спеціалізовані ділянки: заготовки кабелів, технологічної комплектації, збірки СМЕ низького рівня, монтажу агрегатів, зональних блоків, блок-модулів і ін.

Електрообладнання і СМЕ масою понад 15 кг після підготовки перед монтажем передаються на склад суднобудівного цеху для подальшої установки на судні

9.4.2 Підготовчі роботи на судні

Підготовчі роботи на судні мають на меті забезпечення умов виконання електромонтажу з урахуванням вимог технології, охорони праці та техніки безпеки, а також виконання виробничих операцій, пов'язаних з установкою електромонтажних виробів і електроустаткування. Залежно від призначення підготовчі роботи можна розділити по групах:

- 1) монтаж тимчасових електричних мереж освітлення, живлення інструментів, припливної та витяжної вентиляції, опалення, гучномовного зв'язку;
- 2) розмітка, виконання вирізів, установка електромонтажних конструкцій, виробів і матеріалів ущільнювачів пристроїв (слюсарне насичення);
- 3) установка і заземлення більшої частини електрообладнання;
- 4) установка макет-шаблонів і монтажних модулів;
- 5) установка лісів, риштування, огорож, настилів;
- 6) тимчасовий демонтаж обладнання і елементів систем, мішає установці електроустаткування і прокладання кабелів;
- 7) установка технологічного оснащення для забезпечення затяжки кабелів (дерев'яні жолоби, рольганги, прохідники, транспортири і т. п.);
- 8) доставка на судно і розміщення в пунктах подачі і затягування магістральних і місцевих кабелів.

Підготовчі роботи зазвичай виконують в два етапи:

- До початку облаштування теплової та акустичної ізоляції суднових приміщень.
- Після завершення ізолювальних робіт.

До ізоляції робітники корпусних цехів виконують розмічальні і зварювальні роботи, пов'язані з установкою слюсарного насичення на «чистому» корпусі. Робочі судномонтажного цеху виводять установку великовагового електрообладнання і великих СМЕ.

Електромонтажники беруть участь в розмітці слюсарного насичення на головних судах серії і здійснюють загальний контроль.

Для цього зі складу електромонтажних бригад виділяють по одному представнику, для здійснення контролю в закріплених за бригадами ЕР.

Максимальне можливий обсяг перерахованих робіт слід планувати на заготівельному і блоковому етапах побудови судна.

На етапі після ізоляції основний обсяг робіт, що виконують електромонтажниками, полягає в установці електрообладнання і СМЕ масою до 15 кг, установці панелей, кабельних скоб (на одну лапку) і натискних гайок в сальники, підготовці прохідних кабельних коробок, підгонці захисних кожухів та заземлення електрообладнання. Установка технологічного оснащення, лісів, підмостків і т. п., а також доставка кабелів на судно здійснюється заздалегідь спільно з цехами суднобудівного заводу.

Кабелі доставляють на судно за один-два дні до початку етапу електромонтажу, причому технологічні заготівельні барабани з магістральними кабелями встановлюють в черговості, що визначається планом затяжки, в районах пунктів подачі. Місцеві кабелі в бухтах і технологічних котушках доставляють безпосередньо до місць їх прокладки.

Тимчасові електричні мережі зазвичай прокладають на судні у міру формування будівельних районів. на підготовчому етапі до ізоляції їх доповнюють з урахуванням забезпечення умов для проведення електромонтажу. Живлення тимчасових електромереж здійснюється від берегової мережі по одній або декільком кабельним лініям. Кабелі підвішують на стойках і вводять у внутрішні приміщення судна через штатні отвори: шахти, люки, ілюмінатори, дверні отвори і т. п. При цьому кришки люків, двері надійно закріплюють у відкритому положенні.

Усередині суднових приміщень кабелі прив'язують до корпусних і монтажних конструкцій.

Світильники, відгалужувальні коробки, вимикачі і штепсельні розетки кріплять за допомогою струбцин або прив'язують до деталей корпусних конструкцій, виключаючи можливість їх переміщення.

Для забезпечення електробезпеки корпус судна повинен бути з'єднаний окремим кабелем з нульовим проводом мережі (при живленні від загальної заводської мережі) або з береговим устроєм заземлення (при живленні від розділового трансформатора).

Після виконання всіх підготовчих робіт і усунення зауважень з боку контрольного майстра електромонтажного цеху складається акт про готовність судна або технологічного району монтажу до електромонтажу. Акт підписується старшим будівельником судна і начальниками ВТК суднобудівного заводу і електромонтажного цеху.

Питання до розділу 9

1. Які характеристики технологічних процесів вам відомі? Надайте їх визначення.
2. Як визначається обсяг і складність електромонтажних робіт на судні?
3. Чим відрізняються паралельний, автономне-районний та агрегатно-блоковий методи виконання електромонтажних і налаштувальних робіт?
4. Які роботи виконуються поза стапелем?

10 ТЕХНОЛОГІЧНІ ОПЕРАЦІЇ, ЩО ЧАСТО ЗУСТРІЧАЮТЬСЯ ПРИ ТЕХНІЧНІЙ ЕКСПЛУАТАЦІЇ СУДНОВОГО ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ

10.1 ВИПРОБУВАННЯ ІЗОЛЯЦІЇ

10.1.1 Загальні положення

Під дією електричного поля в ізоляції відбуваються складні процеси.

По-перше, завдяки присутності в діелектриках вільних зарядів, що обумовлені домішками і дефектами побудови, в ізоляції виникає струм наскрізної провідності i_{IZ} ,

По-друге, відбувається повільна поляризація, тобто зміщення і поворот пов'язаних дипольних молекул, що створюють струм абсорбції i_{AB} .

По-третє, відбувається миттєва поляризація, що представляє собою пружне зміщення і деформацію електронних оболонок атомів і іонів, яка створює струм зміщення $i_{ЗМ}$.

Для вивчення перерахованих процесів використовують схему заміщення ізоляції, показану на рисунку 10.1, а. Резистор R_{IZ} характеризує опір наскрізному струму; конденсатор C_{AB} - ємність, обумовлену дипольною поляризацією; конденсатор C_I - ємність електронної поляризації (геометрична ємність); резистор R_{AB} - еквівалентні втрати при дипольній поляризації.

На рисунку 10.1, б показані залежності струмів, що протікають по ізоляції, від часу перебування під постійною напругою. Як видно, струм абсорбції загасає в міру завершення процесів сповільненій поляризації, а струм наскрізної провідності зберігається незмінним. Струми зміщення настільки короткотривалі, що зазвичай їх не враховують. Сумарний струм має затухаючий характер.

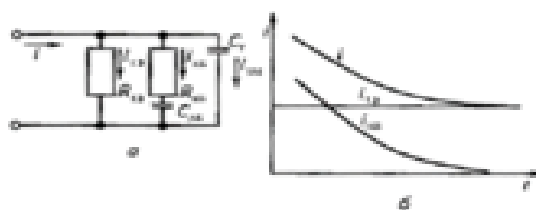


Рисунок 10.1 – Схема заміщення ізоляції (а) і діаграма струмів (б)

Істинний опір ізоляції залежить від наскрізного струму і його визначають за формулою

$$R_{IZ} = \frac{U}{i - i_{AB}},$$

де U - прикладена напруга, В; i - сумарний струм, А; i_{AB} - струм абсорбції, А.

Оскільки вимірювання i_{AB} пов'язано з певними труднощами, опір ізоляції розраховують як частку від ділення напруги на значення струму, встановленого

через хвилину після включення напруги. До цього моменту струм i_{AB} загасає і не вносить похибку. Якщо ж вимір проводити при меншій витримці часу, то може створитися неправильне уявлення про опір ізоляції.

Для справної ізоляції в ПУЕ та ПТЕ встановлені нормативи, що характеризують параметри схеми заміщення. Наприклад, найменше припустимий опір (МОм) ізоляції електродвигуна номінальною потужністю P_H (кВт) і напругою вище 1000 В при робочій температурі визначають за виразом

$$R_{I3} = \frac{U_H}{1000 + 0,01P_H},$$

де U_H - номінальна лінійна напруга, В.

При експлуатації електрообладнання його ізоляція знаходиться під впливом робочої напруги, короточасних перенапружень від грозових розрядів і комутаційних операцій, механічних і теплових навантажень, забруднення, зволоження і інших несприятливих впливів. В результаті цього властивості ізоляції безперервно погіршуються.

Зі схеми заміщення видно, що від якості ізоляції залежать значення струмів витоку, абсорбції, зміщення і потужності втрат: в колі $R_{AB}C_{AB}$. Тому їх приймають за діагностичні параметри ізоляції. Додатково використовують характеристики електричної міцності. Завдання діагностування полягає в тому, щоб визначити фактичні значення параметрів і зрівняти їх з відповідними нормами.

Основні способи діагностування ізоляції - вимір опорів ізоляції, вимірювання ємності ізоляції, вимірювання діелектричних втрат, випробування підвищеною напругою змінного або постійного струму.

10.1.2 Огляд ізоляції устаткування

Ізоляція в електроенергетиці - це невід'ємний елемент конструкції практично всього електричного обладнання. У разі порушення цілісності ізоляційних матеріалів або погіршення їх діелектричних властивостей можливе виникнення аварійних ситуацій, а також виникає небезпека впливу струму на людей, які обслуговують електроустановки або знаходяться в безпосередній близькості до них. Тому одним з основних етапів проведення візуального контролю в електроенергетиці є огляд ізоляційних матеріалів.

В даному випадку йдеться про огляд ізоляторів (прохідних, опорних, підвісних, тягових, лінійних, такелажні) обладнання розподільчих пристроїв і повітряних ліній електропередач.

Візуальний контроль ізоляторів зводиться до своєчасного виявлення відколів і тріщин, площа яких перевищує допустимі значення для того чи іншого типу ізоляторів. Також звертають увагу на забруднення ізоляції, яке може привести до перекриття і виникнення аварійної ситуації, зокрема пошкодження обладнання та ураження людей електричним струмом.

Що стосується кабельних ліній, то в більшості випадків вони прокладаються в місцях, де відсутня можливість проведення огляду, тому погіршення якості ізоляції кабелю можна виявити тільки при проведенні відповідних випробувань підвищеною напругою.

10.1.3 Виконання перевірки опору ізоляції кабелю

Якість ізоляційного шару кабелю дуже сильно впливає на надійність роботи електроустановки в цілому. Вона може змінюватися як при виготовленні на заводі, так і під час зберігання, транспортування, монтажу схеми, і, особливо, при її експлуатації.

Наприклад, якщо всередину ізоляції потрапила волога, то при негативних температурах вода замерзне і змінить свої електропровідні властивості. Визначити її наявність в цій ситуації досить проблематично.

Види перевірок.

Якості ізоляції приділяється постійна увага, яка комплексно реалізується:

- періодичними обов'язковими перевітками навченим персоналом;
- автоматичним відстеженням спеціальними приладами контролю під час виконання постійного технологічного циклу.

Під час оцінки кабелю персоналом визначається його механічний стан і перевіряються електричні характеристики.

При зовнішньому огляді, який є обов'язковим під час будь-якої перевірки, досить часто можна побачити тільки виведені для підключення кінці кабелю, а інша його частина прихована від огляду. Але навіть при повному доступі визначити якість ізоляційного шару неможливо.

Електричні перевірки дозволяють виявити всі дефекти ізоляції, що дозволяє зробити висновок про придатність кабелю до подальшої експлуатації і дати гарантії на його використання. Вони за ступенем складності поділяються на:

1. вимірювання;
2. випробування.

Перший спосіб застосовується для оцінки якості в наступних випадках:

- після придбання до початку укладання в електросхему, щоб не витратити час на прокладку і подальший демонтаж несправного кабелю;
- після виконання монтажних робіт для оцінки їх якості;
- коли закінчені випробування. Це дозволяє оцінити справність ізоляції, що зазнала дії підвищеної напруги;
- періодично в процесі експлуатації для контролю збереження технічних характеристик під впливом робочих струмових навантажень або факторів навколишнього середовища.

Випробування ізоляції кабелю проводяться після його монтажу до підключення в роботу або періодично при експлуатації в міру необхідності.

10.1.3.1 Устрій кабелю.

Для пояснення принципу електричних перевірок розглянемо структуру простого, часто зустрічається кабелю марки ВВГнг (рисунок 10.2).

Кожна з його струмопровідних жил забезпечена власним шаром діелектричного покриття, яке ізолює її від сусідніх жил і витоків на землю. Струмопровідні проводи поміщені в заповнювач і захищені оболонкою.

Іншими словами, будь-який електричний кабель складається з металевих дротів, найчастіше на основі міді або алюмінію і шару ізоляції, що оберігає жили від виникнення струмів витоків і коротких замикань між усіма фазами та землею.

Кожен кабель призначений для передачі певного виду енергії при різних умовах експлуатації.

До нього пред'являються певні, специфічні вимоги, обумовлені ПУЕ. З ними необхідно ознайомитися до проведення електричних вимірювань.

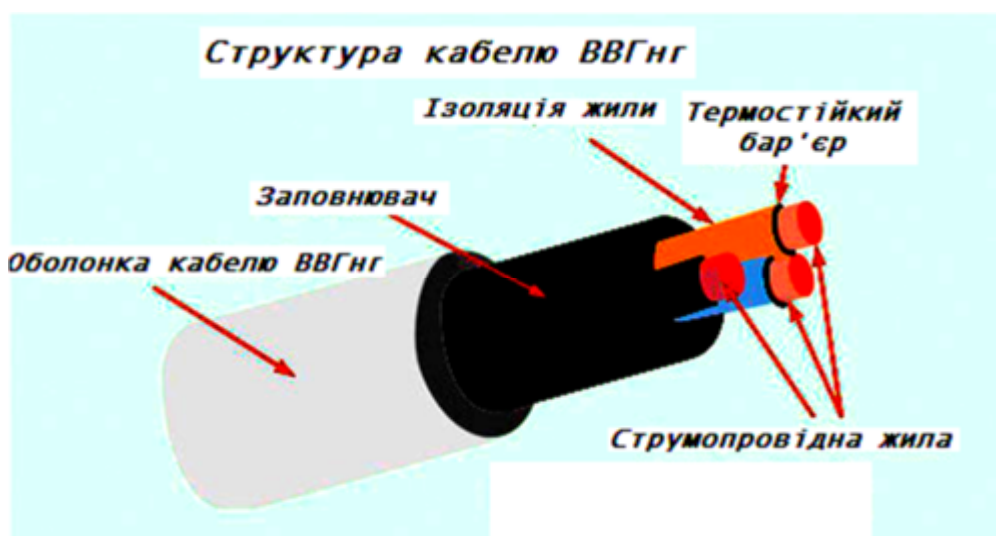


Рисунок 10.2 – Структура кабелю марки ВВГнг

10.1.3.2 Прилади для перевірок

Іноді електрики початківці для виміру ізоляції кабелю або електропроводки користуються тестерами або мультиметрами, на яких нанесена шкала виміру опорів в кілоомах і мегомах. Це є грубою помилкою. Такі прилади призначені для оцінки параметрів радіодеталей, працюють від малопотужних елементів живлення. Вони не здатні створити необхідне навантаження на ізоляцію кабельних ліній.

Цим цілям служать спеціальні прилади - мегомметри, звані на жаргоні електриків «Мегометр». Вони мають багато конструктивних виконань і модифікацій (рисунок 10.3).



Рисунок 10.3 - Мегомметри

До початку користування будь-яким приладом необхідно кожен раз перевіряти його справність зовнішнім оглядом;

- оцінкою термінів проходження перевірок метрологічної лабораторією станом її клейма на корпусі. Правила безпеки не дозволяють користуватися вимірювальним приладом з порушеним клеймом навіть коли є паспорт про проведену перевірку до закінчення її дії;
- перевіркою термінів періодичних випробувань ізоляції у високовольтної частини приладу електротехнічною лабораторією. Несправний мегомметр або пошкоджені з'єднувальні дроти можуть бути причиною поразки персоналу електричним струмом.
- контрольним виміром відомого опору.

Увага! Всі роботи з мегомметром відносяться до категорії небезпечних! Їх має право виконувати тільки навчений, що пройшов перевірку і допущений комісією персонал з групою з електробезпеки III і вище.

10.1.3.3 Технічні питання підготовки кабелю до виміру ізоляції і випробувань

Зверніть увагу на те, що організаційна частина тут розглядається дуже коротко і не повністю. Це велика, важлива тема для іншого курсу.

1. Всі роботи по вимірюванню повинні проводитися на кабелі зі знятою з нього напругою і, як правило, навколишнього обладнання. Дія наведених електричних полів на схему виміру має бути виключена. Це диктується не тільки безпекою, але і принципом роботи приладу, який заснований на подачі каліброваної напруги в схему від власного генератора і вимірі виникаючих в ній струмів. Ділення шкали аналогових приладів і відліки цифрових моделей в Омах пропорційні величині виникаючих струмів витоків.
2. Кабель, підключений до обладнання, необхідно відключати з усіх боків. Інакше буде замірятися опір ізоляції не тільки його жил, а всієї решти підключеної схеми. Іноді цим прийомом користуються для прискорення роботи. Але, в будь-якому випадку, для отримання достовірних відомостей схему підключення обладнання необхідно враховувати (рисунок 10.4). Для відключення кабелю виконується розшиновка його кінців або відключаються комутаційні апарати, до яких він підключений. В останньому випадку при отриманні негативних результатів необхідно перевіряти ізоляцію кіл цих апаратів.
3. Довжина кабелю може досягати великої величини порядку кілометра. На віддаленому кінці в найнесподіваніший момент можуть з'явитися люди і своїми діями вплинути на результат вимірювання або постраждати від високої напруги, прикладеної до кабелю від мегомметра. Це необхідно запобігти виконанням організаційних заходів.

10.1.3.4 Особливості безпечного використання мегомметра і технологія запрограмованого відліку.

Довгі кабелі, прокладені в електричних мережах поблизу працюючого високовольтного обладнання, можуть знаходитися під наведеною напругою, а при відключенні від контуру заземлення мати залишковий заряд, енергія якого здатна завдати шкоди організму людини. Мегомметр виробляє підвищену напругу, що прикладається до жил кабелю, ізольованих від землі. При цьому теж створюється емнісний заряд: кожна жила працює як обкладка конденсатора.

Обидва ці фактори разом накладають умова безпеки - застосовувати при замірах опору кожної жили, як окремо, так і в комплексі, переносне заземлення. Без

нього доторкатися до металевих частин кабелю без застосування захисних електротехнічних засобів категорично заборонено.

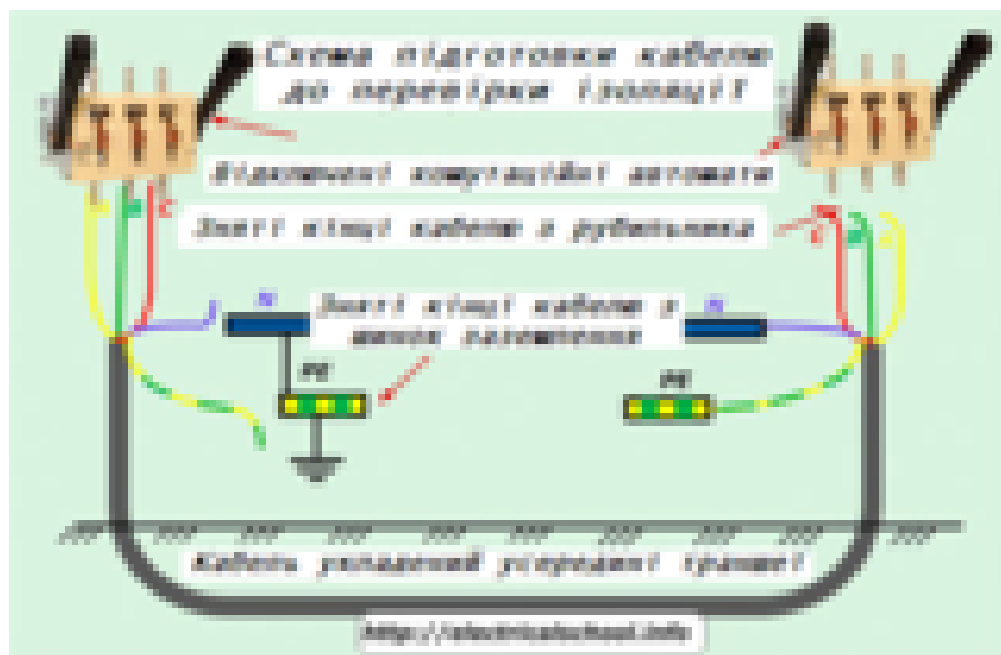


Рисунок 10.4 – Підготовка кабелю до виміру опору ізоляції

10.1.3.5 Вимірювання опору ізоляції жил щодо землі

Розглянемо як приклад перевірку опору ізоляції однієї жили щодо землі (рисунок 10.5).

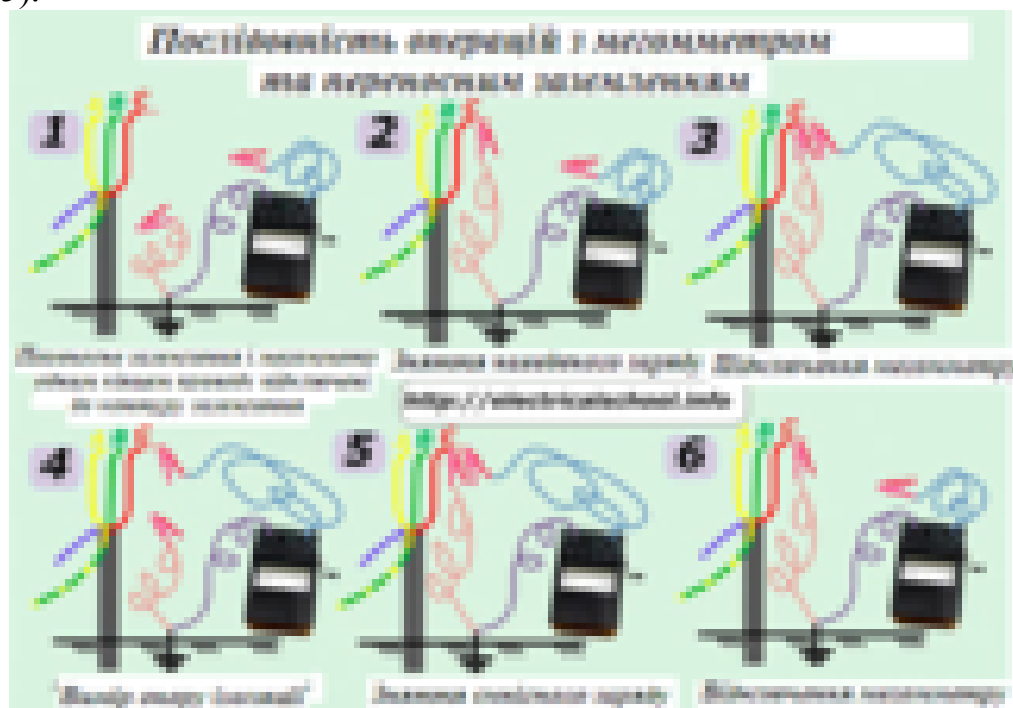


Рисунок 10.5 – Послідовність операцій з мегомметром та переносним заземленням при вимірі опору ізоляції

Перший кінець переносного заземлення спочатку надійно кріпиться до контуру землі і більше не знімається до повного закінчення електричних перевірок. Сюди ж підключається один з двох проводів мегометра.

Другий кінець заземлення, обладнаний ізольованим наконечником із запобіжним кільцем і затиском для швидкого підключення типу «Крокодил» з дотриманням правил безпеки підключають на металеву жилу кабелю для зняття з неї ємнісного заряду. Потім, без зняття заземлення, сюди ж комутується вивід другого проводу від мегомметра.

Тільки після цього «крокодил» заземлення дозволяється зняти для проведення замірів подачею напруги на підготовлене електричне коло. Час вимірювання має становити не менше однієї хвилини. Це необхідно для стабілізації перехідних процесів в схемі і отримання точних результатів.

Коли генератор мегомметра зупинений відключати прилад від схеми не можна через присутність на ній ємнісного заряду. Для його відводу необхідно повторно використовувати другий кінець переносного заземлення, накласти його на жилу, що перевіряється.

Провідник, що йде від мегомметра, знімається з жили після підключення на неї переносного заземлення. Таким чином, кола вимірювального приладу завжди комутуються до випробувальної схеми тільки при встановленому заземленні, яке забирається на момент проведення заміру.

В наведеному прикладі для спрощення технології не описані дії з іншими жилами, що залишились під наведеною напругою, яка повинна зніматися установкою закоротки з додатковим переносним заземленням, що значно ускладнює схему і виконання вимірів.

На практиці з метою прискорення роботи по перевірці ізоляції фаз відносно землі всі жили кабелю підключають до закоротки. Цю операцію повинен виконувати персонал допущений до роботи під напругою. Вона небезпечна.

В розглянутому на рисунки 10.6 прикладі це фази РЕ, N, А, В, С. Далі виконують виміри по наведеній вище технології для всіх паралельно включених жил відразу.

Зазвичай кабелі експлуатуються в справному стані, тому такої перевірки буває достатньо. Якщо отриманий незадовільний результат, то прийдеться здійснити заміри по всіх фазах окремо.



Рисунок 10.6 – Підготовка до виміру опору ізоляції всіх жил відносно землі

10.1.3.6 Вимірювання опору ізоляції між жилами кабелю.

З метою поліпшення розуміння процесу зробимо спрощення, що кабель не знаходиться під впливом наведеної напруги і має коротку довжину, яка не створює значних ємнісних зарядів.

Це дозволить не описувати дії з переносним заземленням, які необхідно виконувати по вже розглянутій технології.

Перед вимірюванням обов'язковий огляд зібраної схеми і перевірка за допомогою індикатора відсутності напруги на жилах. Їх необхідно розвести в сторони без торкання один одного і будь-яких навколишніх предметів.

Мегомметр підключають одним кінцем до фази, щодо якої буде виконуватися вимір, а другим проводом по чергово комутуються інші фази для проведення вимірювань (рисунок 10.7).

У нашому прикладі виконується вимір опору ізоляції всіх жил по черзі щодо фази РЕ. Коли він закінчиться, то вибираємо за загальну чергову фазу, наприклад, N. Аналогічним чином здійснюємо виміри щодо її, але з попередньою фазою вже не працюємо. Її ізоляція між усіма жилами перевірена.

Потім вибираємо чергову фазу в якості загальної та продовжуємо виміри з іншими жилами. Таким способом перебираємо всі можливі комбінації з'єднання жил між собою для аналізу стан їх ізоляції.

Ще раз хочеться звернути увагу, що ця перевірка описана для кабелю, що не піддається наведеній напрузі і не володіє великим ємнісним зарядом. Сліпо копіювати її на всі можливі випадки не можна.



Рисунок 10.7 – Вимір опору ізоляції фази РЕ відносно інших жил

10.1.3.7 Документальне оформлення результатів вимірювань

Дату і обсяг перевірки, відомості про склад бригади, застосовані вимірювальні прилади, схему підключення, температурний режим, умови виконання роботи, всі отримані електричні характеристики необхідно зберегти у запису. Вони можуть

знадобитися в майбутньому для справного кабелю і служити доказом несправності забракованих виробів.

Тому на проведені вимірювання складається протокол, завірений підписом виконавця робіт. Для його оформлення можна використовувати звичайний блокнот, але більш зручно застосувати заздалегідь підготовлений бланк, який містить відомості про послідовність операцій, нагадування щодо заходів безпеки, основні технічні нормативи і таблиці, підготовлені до заповнення.

Такий документ зручно скласти один раз за допомогою комп'ютера, а потім просто роздруковувати його на принтері. Цей спосіб заощаджує час на підготовку, оформлення результатів вимірювань, надає документу офіційний вид.

10.1.3.8 Особливості випробування ізоляції

Ця робота проводиться за допомогою спеціальних стендів, що містять сторонні джерела підвищеної напруги з вимірювальними приладами, відноситься до категорії небезпечних. Її виконує спеціально навчений і допущений персонал, який організаційно на підприємствах входить до складу окремої лабораторії або служби.

Технологія випробувань багато в чому нагадує процес вимірювань ізоляції, але при цьому використовуються більш потужні джерела енергії і високоточні вимірювальні прилади.

Результати випробувань, як і при вимірах, оформляються протоколом.

Автоматичної перевірки стану ізоляції електрообладнання в енергетиці приділяється багато уваги. Вона дозволяє значно підвищити надійність електропостачання споживачів. Однак це окрема велика тема, яка вимагає додаткового розкриття в іншому курсі.

10.1.3.9 Визначення зволоженості ізоляції

Зволоженість ізоляції визначають зазвичай для вирішення питання про необхідність сушіння гігроскопічної ізоляції електричних машин і трансформаторів. Методи визначення ступеня зволоженості ізоляції ґрунтуються на фізичних процесах, що відбуваються в ізоляції при додатку до неї напруги.

Ємність ізоляції може бути представлена геометричній ємністю, яка визначається геометричними розмірами ізоляції, і ємністю абсорбційної, тобто ємністю, утвореною в товщі ізоляції неоднорідністю ізоляційного матеріалу, а також різними включеннями у вигляді повітряних проміжків, вологи, забруднень та ін.

При додатку напруги через ізоляцію в перший момент проходить струм заряду геометричній ємності, який швидко припиняється у зв'язку з процесом зарядки цієї ємності.

Абсорбційна ємність проявляється не відразу після додання до ізоляції напруги, а через деякий час після заряду геометричної ємності в результаті подальшого перерозподілу зарядів в товщі ізоляції і накопичення їх на кордонах окремих шарів, що утворюють через неоднорідність як би ланцюжок послідовно включених ємностей. Наслідком заряду відповідних окремих ємностей (поляризації) є струм абсорбції в ізоляції.

Після припинення поляризації, тобто заряду абсорбційної ємності, струм абсорбції стає рівним нулю, але через ізоляцію продовжує проходити струм наскрізної провідності (струм витоку), значення якого визначається опором ізоляції постійному струму.

Визначення вологості за коефіцієнтом абсорбції базується на порівнянні показань мегомметра, знятих через різні проміжки часу після прикладення напруги.

$$K_{AB} = R_{60} / R_{15},$$

де R_{60} і R_{15} - опір ізоляції, виміряний відповідно через 60 і 15 с після прикладення напруги мегомметра.

Для незволоженої обмотки при температурі 10 - 30 ° С $K_{AB} = 1,3-2,0$, а для зволоженої обмотки коефіцієнт абсорбції близький до одиниці. Ця різниця пояснюється різною тривалістю заряду абсорбційної ємності у сухій і вологій ізоляції. Значення коефіцієнта абсорбції сильно залежить від температури ізоляції, тому для порівняння слід користуватися значеннями, виміряними або приведеними до одного температури. Коефіцієнт абсорбції вимірюється при температурі не нижче + 10 ° С. Визначення вологості по ємності і частоті проводиться головним чином при випробуванні силових трансформаторів. Воно засноване на тому, що ємність незволоженої ізоляції при зміні частоти змінюється менше (або зовсім не змінюється), ніж ємність зволоженої ізоляції.

Ємність ізоляції прийнято вимірювати при двох частотах: 2 і 50 Гц. При вимірюванні ємності ізоляції на частоті 50 Гц встигає проявитися тільки геометрична ємність, однакова у сухий і вологій ізоляції. При вимірюванні ємності ізоляції на частоті 2 Гц встигає проявитися абсорбційна ємність вологій ізоляції, в той час як у сухій ізоляції вона менше і заряджається повільно. Температура при вимірах повинна бути не нижче + 10 ° С. Ставлення ємності, яка вимірюється при частоті 2 Гц (C_2), до ємності при 50 Гц (C_{60}) для зволоженої ізоляції становить близько 2, а для незволоженої - близько 1.

Визначення вологості ізоляції силових трансформаторів по ємності і температурі.

Ізоляцію можна вважати незволоженою, якщо $(C_{70} - C_{20}) / C_{20} < 0,2$.

Ємність обмоток можна виміряти або за допомогою моста типу Р5026 одночасно з вимірюванням тангенса кута діелектричних втрат, або вольтметром - амперметром. Температуру обмоток трансформаторів вимірюють термометром, встановленим у верхніх шарах масла, або встановлюють по опорі міді обмотки.

Визначення вологості ізоляції силових трансформаторів по приросту ємності за 1 с. Заряджаючи ємність ізоляції і потім розряджаючи її, вимірюють ємність об'єкта C і приріст ємності dC протягом 1 с за рахунок абсорбційної ємності, яка встигає проявитися за 1 с у вологій ізоляції і не встигає - у сухій.

Ставлення dC / C характеризує ступінь зволоженості ізоляції обмоток трансформатора. Ставлення dC / C залежить від температури ізоляції і має вимірюватися при температурі не нижче + 10 ° С.

10.2 МЕТОДИ ЗНЯТТЯ ІЗОЛЯЦІЇ

10.2.1 Інструмент для зняття ізоляції з проводу і кабелю

Електричні кабелі та проводи призначені для надійної передачі електроенергії. Їх конструкція передбачає строго лімітований поперечний переріз металеві жили, який розрахований за тепловим навантаженням і опором. При цьому створюється баланс між збільшенням температури металу при проходженні струму через нього і навколишнім середовищем, в яку відводиться тепло.

Коли струм через провідник перевищує розрахункові номінальні значення, то цей баланс порушується. В результаті відбувається перегрів шару ізоляції або, при критичних значеннях - розплавлення металу. Принцип роботи електричних зварювальних апаратів заснований саме на цьому явищі. При зменшенні товщини провіднику зростає його електричний опір, знижуються експлуатаційні характеристики. Такий провід вже не витримує заявлені струмові навантаження (хоча при менших значеннях може довго працювати), і, крім того, додатково знижує свої механічні властивості. Особливо актуальне це питання для жил з алюмінію, які найбільш чутливі до вигинів і вимагають дуже обережного поводження.

Вплив поперечного перерізу провідника на величину струму демонструють формули закону Ома.

$$R = \frac{U}{I}; R = \frac{\rho l}{S}; I = \frac{U}{R} = \frac{US}{\rho l},$$

де R - омичний опір;

U - подана напруга;

I - струм;

ρ - питомий опір;

l - довжина проводу;

S - поперечний переріз проводу.

Якщо на ніж, прорізають шар ізоляції, докласти підвищене зусилля, то лезо увійде в метал, порушить його структуру і перетин (рисунки 10.8, 10.9).

Тому, знімаючи шар ізоляції з проводу, не можна порушувати механічний стан його металеві жили, робити подряпини і надрізи. Навіть їх незначна глибина згодом здатна сильно збільшитися під дією різних факторів середовища, що послужить причинами відмов і неправильної роботи обладнання.

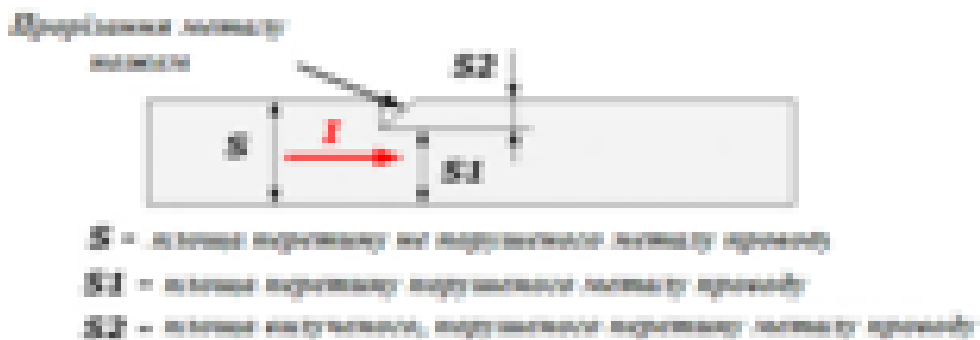


Рисунок 10.8 – Вплив закону Ома на проходження струму через порушений поперечний переріз проводу

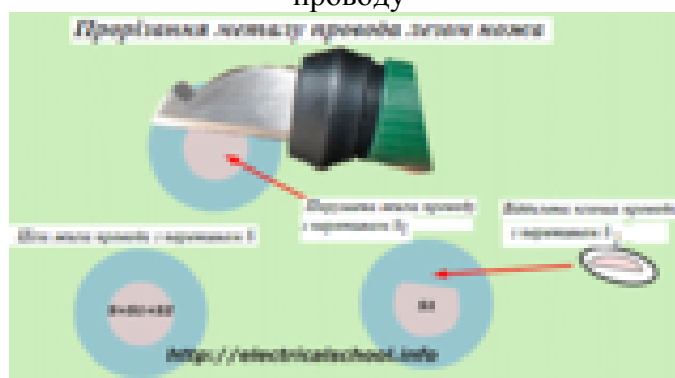


Рисунок 10.9 – Прорізання металу проводу лезом ножа

10.2.2 Способи зняття ізоляції.

Для монтажу електричних кіл необхідно обробляти кабельні кінці, знімати ізоляцію з дроту. Це здійснюють:

1. методом спалювання поверхневого шару при нагріванні;
2. механічним зрізанням.

10.2.2.1 Теплова дія

Перший спосіб заснований на використанні температури:

- розігрітого жала паяльника (трудомісткий, не надто популярний метод);
- відкритого вогню сірника, запальнички або інших джерел (рис. 10.10.).

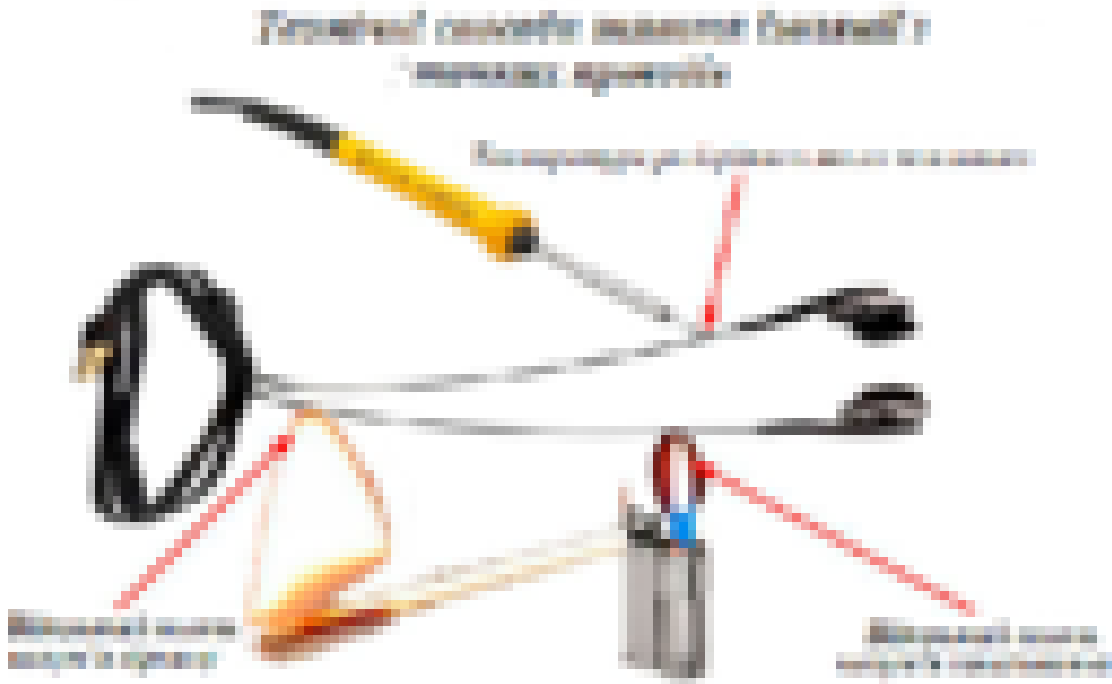


Рисунок 10.10 – Термічні способи зняття ізоляції

Ці прийоми найбільш прийнятні для тонких, малопотужних провідників, використовуваних в пристроях зв'язку, електроніки, аудіоапаратури з м'якими багатожильними провідниками, які працюють в мережах з напругою близько 5 вольт. Як приклад можна привести роботу по ремонту проводки головних навушників.

10.2.2.2 Механічна дія

Ці методи найбільш доступні і поширені. Вони засновані на видаленні ізоляційного шару ріжучими крайками спеціального інструменту.

Саморобні ножі

Електрики зрізують ізоляцію різними пристосуваннями. У старих працівників часто можна зустріти саморобний ніж з уламка пиляльного полотна від пилки по металу з коротким лезом, заточеним на наждачному верстаті в формі гострого, тонкого клину. Рукоятку роблять щільною намотуванням дроту з подальшим нанесенням декількох шарів ізоляційної стрічки.

Пружна сталь такого полотна відмінно зрізує шар полівінілхлориду, але при неправильній орієнтації легко ушкоджує сусідній метал алюмінію або міді.

Користуватися такими саморобками потрібно дуже акуратно і уважно, а площину заточення клинка направляти під дуже гострим кутом до ізоляції, щоб при торканні металевої жили він не врізався в неї, а ковзав.

Саморобні ножі з полотном з безпечних бритв або подібних заточуванням ріжучої частини ще більш небезпечні в цьому плані.

Розташовувати лезо перпендикулярно провіднику і тим більше притискати пальцем з протилежного боку неприпустимо. Подряпини і прорізи металу забезпечені.

«Канцелярський» ніж з набором змінних лез прийшов на зміну описаної саморобної конструкції, але, по ймовірності створення дефектів на струмопровідних жилах, не поступається своєму попереднику, особливо при обробці тонких багатожильних проводів.

Використання різальних крайок пасатижів, кусачок, бокорізів і подібного інструменту теж деформує шар металу, хоча багато електрики користуються цим способом, посилаючись на свої навички та вміння. Однак, досвід перевірки результатів показує, що в сотні виконаних таким чином операцій завжди зустрічається один-два дефекту у будь-якого самовпевненого майстра (рисунок 10.11).



Рис. 10.11. Ризиковані способи розрізання ізоляції жили

Порушувати цілісність і міцність провідників, в принципі, не можна ніде. Обірваний провід завжди доставить багато неприємностей. Однак, в схемах, де використовується шунтування певних ділянок, цьому питанню приділяється підвищена увага. Як приклад на рисунок 10.12 показаний невеликий фрагмент складної, розгалуженої вторинної схеми високовольтних кіл трансформаторів струму, які постійно працюють в режимі шунтування.

Якщо у такого обладнання при роботі станеться обрив провідника в будь-якому місці, то на всіх підключених до трансформатора елементах, розташованих на відстані до сотень метрів, виникає високий потенціал в кілька тисяч вольт.

Це небезпечно не тільки для життя працівників, але й справності обладнання. Тому в таких колах всі роботи виконуються дуже акуратно, а монтаж треба оглянути і перевірити багаторазово.

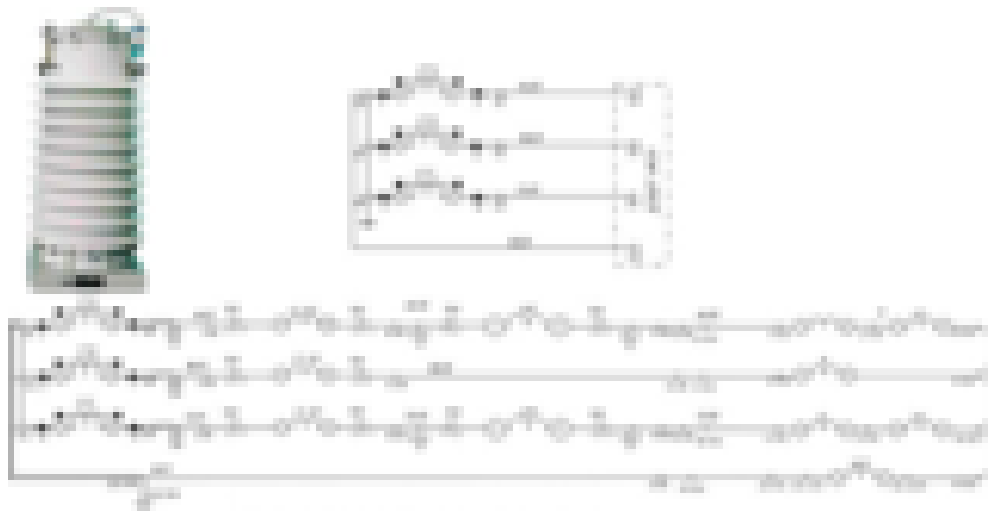


Рисунок 10.12 – Вторинні кола трансформатора струму (фрагмент)

Промислові ножі електриків

Відмітна риса їх конструкції - коротке товсте лезо довжиною до 5 см і товщиною до 3 мм із заточуванням під кутом близько 30 градусів. Її цілком вистачає для розрізу пластиків і в той же час можливість порізів зводиться до мінімуму. У окремих моделей створюється додаткове лезо, яким зручно працювати в важкодоступних місцях, наприклад, в підрозетнику. (рисунок 10.13).

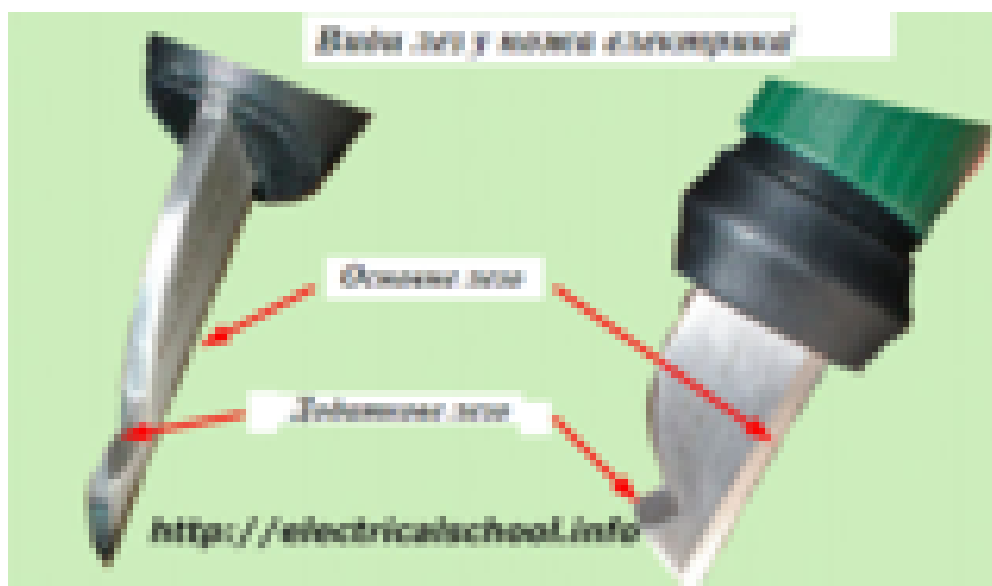


Рисунок 10.13 – Види лез у ножа електрика

Діелектрична рукоятка у них, виконана з міцного пластику, зручно лежить в руці, ніж забезпечує комфортну роботу.

10.2.2.3 Принцип роботи стриперів

Виробники електромонтажного інструменту давно випускають вироби, що дозволяють швидко, надійно і комфортно знімати ізоляцію з проводів, виготовлених за міжнародними стандартами.

Такі конструкції забезпечені двома рухомими полуножами в формі вирізаних півкіл певного калібру під діаметр металу проводу (рисунок 10.14).



Рисунок 10.14 – Види інструменту для зняття ізоляції

Вони вбудовані в єдиний корпус. Коли пластини розсунуті, в них встановлюється електричний провід.

При стисненні рукояток інструменту полуножі зсуваються, розрізають ізоляцію, але не доходять до металу - механічне блокування пристрою захищає його від пошкоджень (рисунок 10.15).

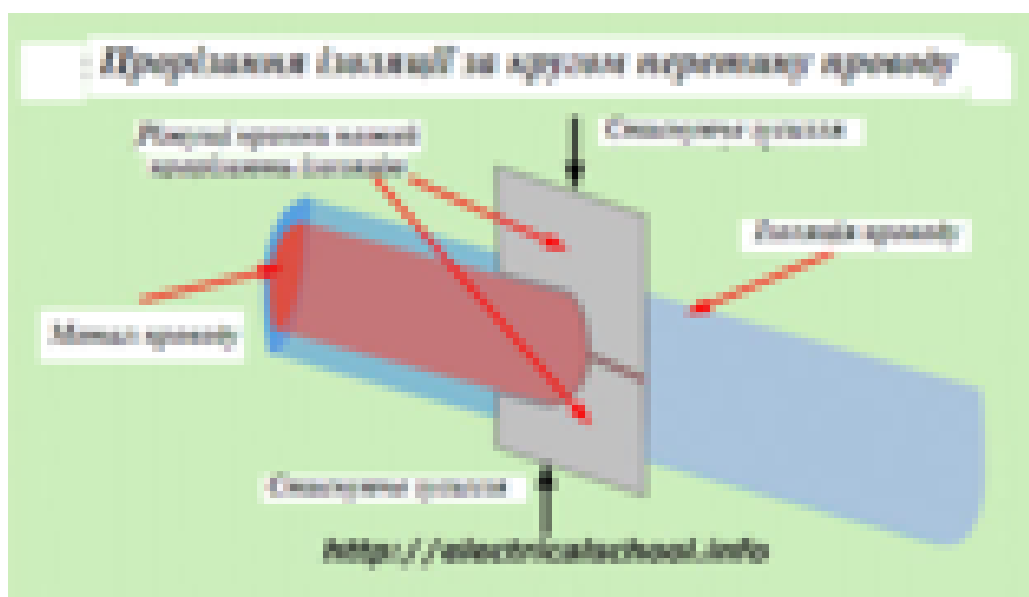


Рисунок 10.15 – Прорізання ізоляції за кругом перетину проводу

Після цього інструмент з зсунутими рукоятками переміщують по довжині дроту. Від прикладеного зусилля пластини зрушують ізоляцію, повністю оголюючи метал без будь-яких пошкоджень (рисунок 10.16).

Пристрої, що працюють за цим принципом пристрою отримали назву «стрипери».

Зазвичай їх виготовляють у формі комбінованих плоскогубців з різною кількістю функцій і певним набором каліброваних отворів під металеві дроти.

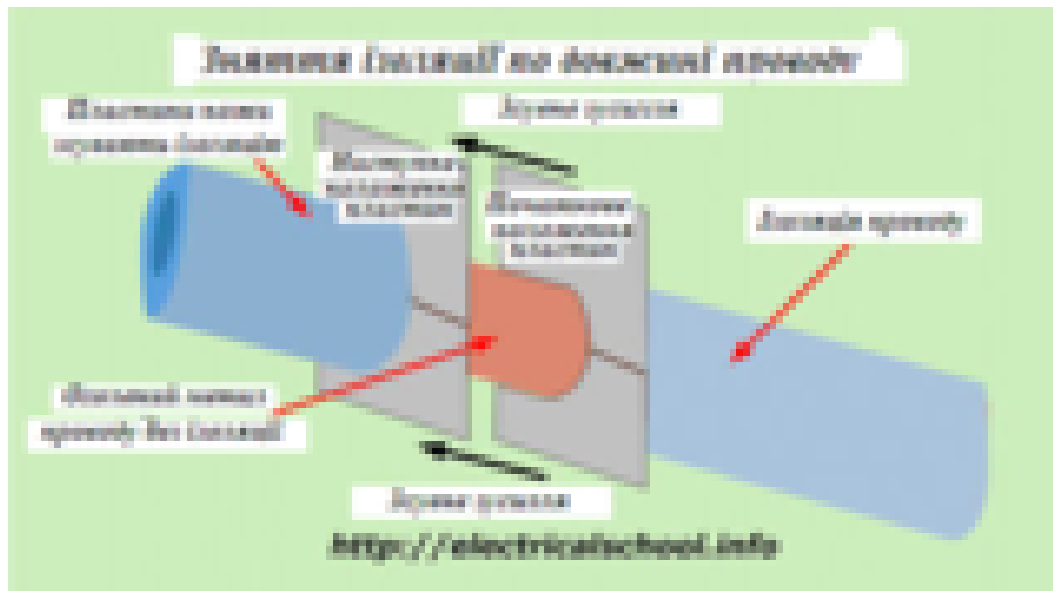


Рисунок 10.16 – Зняття ізоляції по довжині проводу

У більшості випадків вони зручні для роботи як з суцільними металевими жилами, так і з багатожильними сплетеними проводами.

Стрипери ділять на:

1. ручні;
2. напіваавтоматичні;
3. автоматичні.

Перші конструкції найбільш прості, призначені для видалення ізоляції з окремого проводу певного діаметру.

Напіваавтоматичні стрипери обладнані спеціальною робочою регульованою зоною, в яку вставляється провідник, і мають леза для розрізання ізоляції з губками, що зрушують її з жили. Оснащення робочої зони регульовальним гвинтом дозволяє змінювати довжину очищення ізоляції.

Автоматичні професійне виконані стрипери різних фірм володіють можливостями багатофункціонального інструменту:

- автоматичної настройки ножів по товщині і довжині шару, що знімається ізоляції;
- опресування втулок-наконечників;
- різання дроту;
- скручування жил у багатожильних провідників.

У цих моделей провід для оброблення вставляється в робочий простір до регульованого по глибині упору. Він забезпечує однакову довжину зняття ізоляції на будь-якій кількості оброблюваних жил кабелю.

Потім, при стисненні рукояток інструменту, леза губок прорізають ізоляцію і здійснюють поступальний рух, відриваючи її від іншої частини, утримуваної іншими губками, і зрушують з металевої жили. Різкий рух ручками забезпечує якісний розрив.

Зазвичай стрипери створюються для роботи з проводами, перетином від 0,5 до 6 мм кв. Корпуси професійних моделей виготовляють з якісних сплавів, покритих діелектричними матеріалами і оснащених зручними ручками. Пластикові корпуси

дешевших моделей легше, але здатні довго працювати при дбайливому походженні з ними.

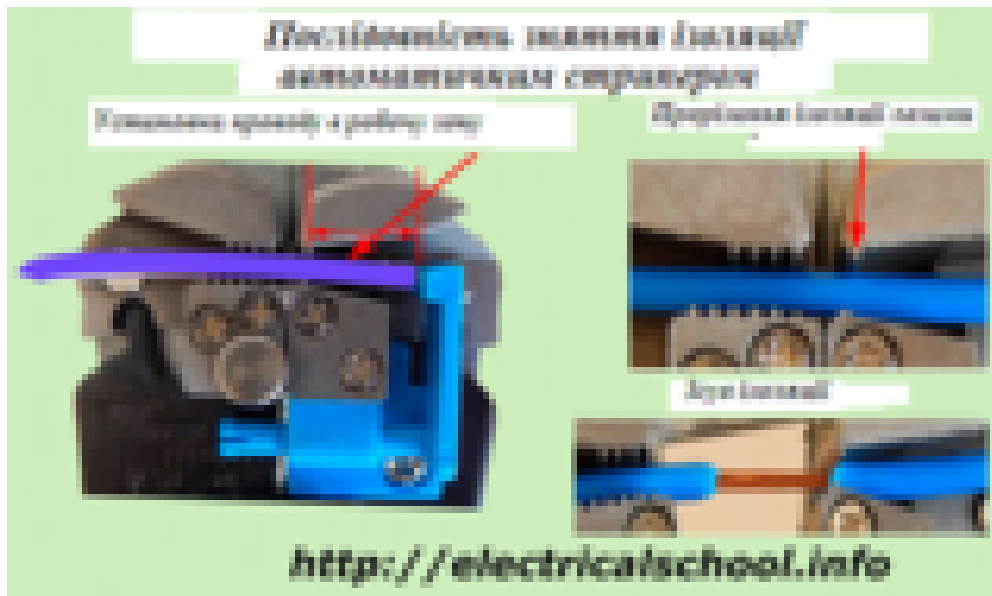


Рисунок 10.17 – Послідовність зняття ізоляції автоматичним стрипером

При роботі з будь-яким інструментом необхідно вивчити його характеристики і особливості, правильно виконувати настройки. Інакше навіть професійним інструментом можна пошкодити метал жили, що демонструє рисунок 10.18.

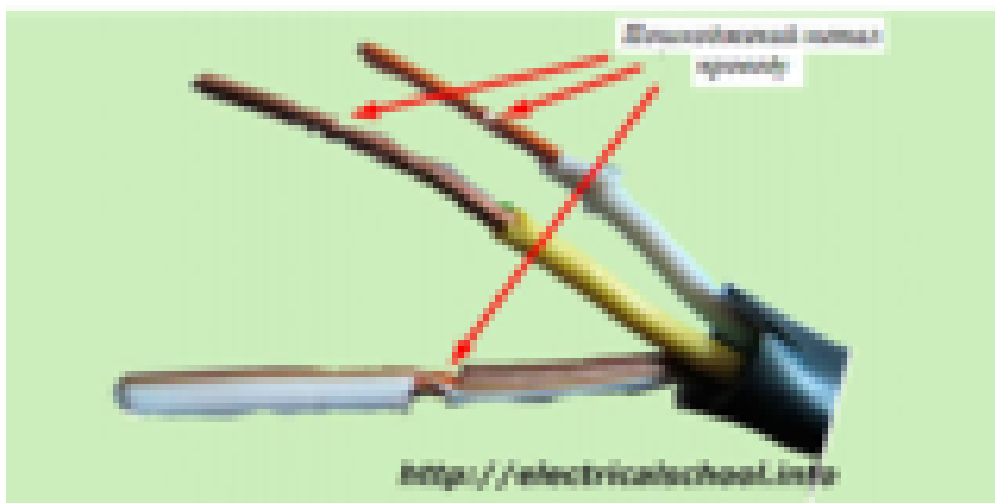


Рисунок 10.18 – Пошкодження металу проводу при неякісному регулюванні стрипера

10.2.2.4 Ножі для обробки ізоляції кабелю

Електротехнічні кабелі бувають круглого або плоского перетину. Для розрізання їх верхньої полівінілхлоридної оболонки в поздовжньому напрямку без пошкодження ізоляції струмопровідних жил використовуються два види ножів, виготовлених:

- з «п'ятачком» на кінці леза;
- у вигляді гачка. При обробленні оболонок круглих профілів зручно користуватися лезом з п'ятачком.

Його встановлюють на кромку відрізаного кінця так, щоб основа п'ятачка проникла в оболонку і повзла по зовнішній поверхні жил, а лезо не діставало до них і розрізало тільки зовнішню ізоляцію (рисунок 10.19).

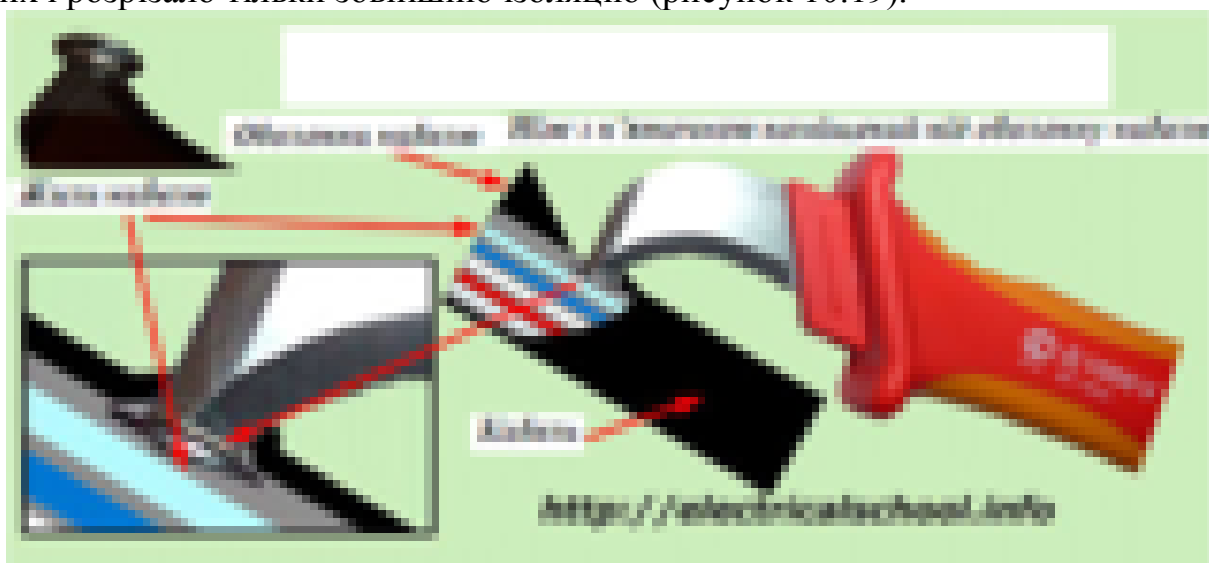


Рисунок 10.19 – Спосіб розрізання поліетиленової ізоляції кабелю без порушення покриття жил

Для плоских профілів кабелю можна використовувати клинок у вигляді гачка, який заводиться між жилами, спирається на них і не може пошкодити (рисунок 10.20).

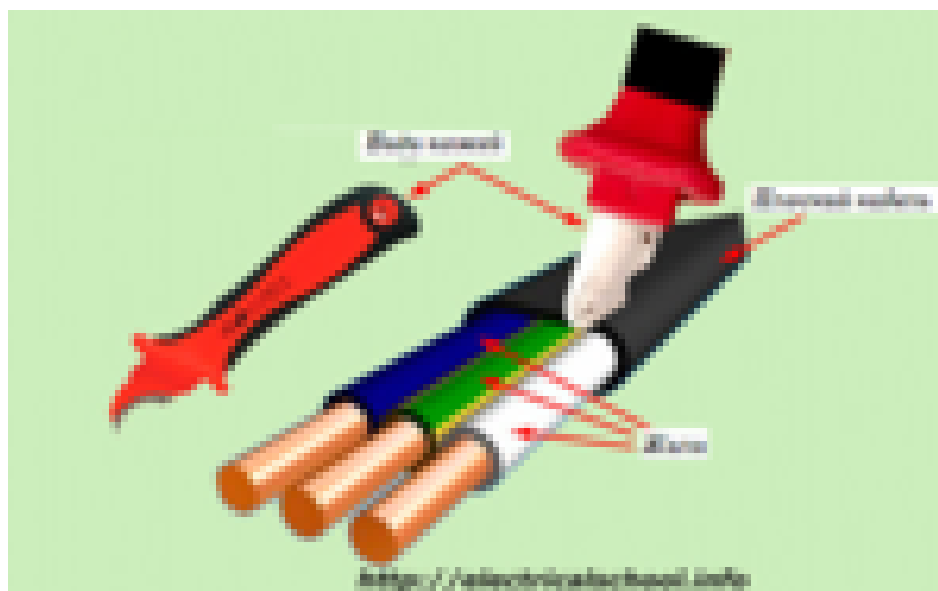


Рисунок 10.20 – Спосіб розрізання поліетиленової ізоляції плоского кабелю без порушення покриття жил

Обидва ці способи не вимагають таких «ювелірних» навичок, які необхідні при використанні звичайних ножів з гострим клинчастим заточуванням.

10.2.2.5 Верстати для розрізання ізоляції кабелю

При необхідності розбирання великої кількості кабелів використовуються спеціальні пристрої з масивним корпусом, на якому змонтовані два блоки з увігнутим круглим профілем між ними для розміщення кабелю (рисунок 10.21)..

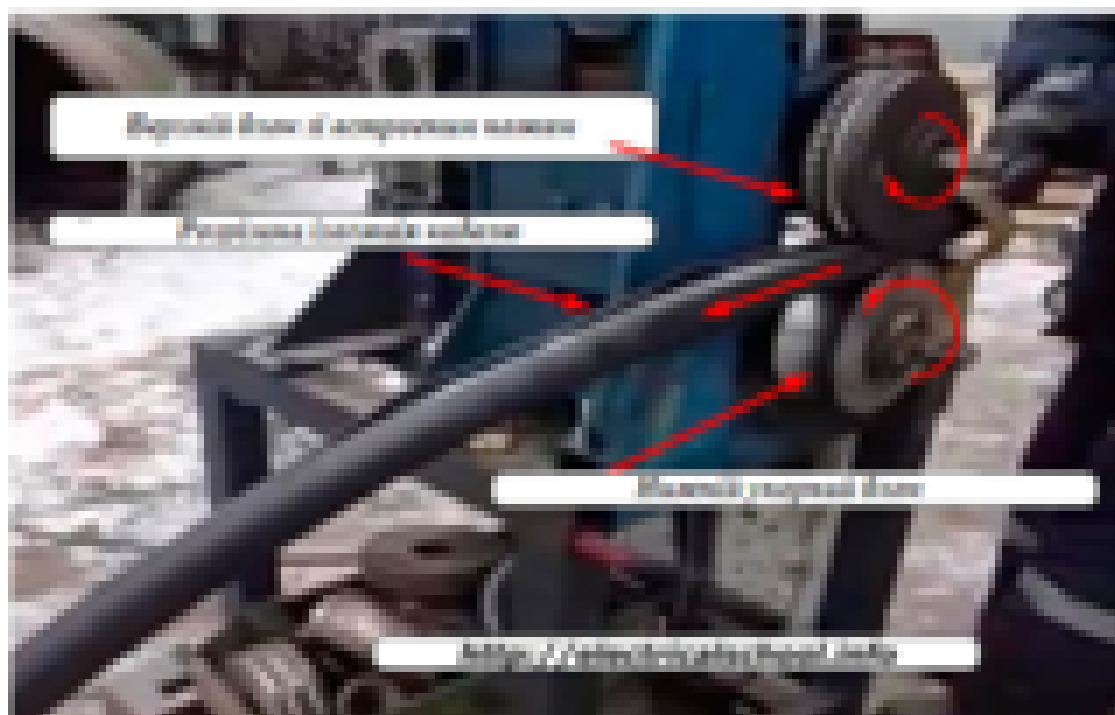


Рисунок 10.21 – Стационарний верстат для розрізання ізоляції кабелю

Нижній блок робиться упорним, а верхній - притискним і обладнується вбудованим ножом, що прорізає зовнішню оболонку. При включенні електродвигуна обертовий момент передається притискному блоку, який прошовує і розрізає кабель.

У більшості прес-кліщів лез кілька і вони взаємозамінні, це дає можливість працювати одним інструментом для зняття ізоляції кабелю з кабелями різного призначення і різних перетинів жив. Крім того, вони ж роблять операцію обрізання зайвих кінців проводів. Не потрібно брати в руки інший інструмент, кусачки, і робити це окремо. Все відрізається одним рухом.

Надрізи наносяться на відстані 10 мм, смужка оболонки між ними видаляється плоскогубцями. На відстані 10 мм робиться ще один надріз, оболонка до кінця жили видаляється повністю.

Кінці кабелів з зовнішніми металевим переплетенням перед затягуванням готують спеціальним чином - зрушують обплетення, обрізають кінець кабелю довжиною 100-150 мм, потім обплетення повертають назад і закручують на конус. Таке закручування перешкоджає зсуванню обплетення при затягуванні, крім того воно забезпечує закріплення троса при затягуванні кабелю через трубу. На кінцях оптичних кабелів перед затягуванням закріплюють спеціальні захвати.

При затягуванні через трубу кабелю, що не має зовнішньої металевої сітки, на його кінець надягають відрізок сталевго обплетення довжиною 15-20 діаметрів кабелю і закріплюють за допомогою бандажа з м'якого сталевго дроту. Вільний кінець плетінки, що відповідає половині її загальної довжини, закручують. Перед затягуванням через трубу пучка кабелів на їх кінці надягають відрізки сталевго плетінки довжиною 1,0-1,3 м, закріплюють їх і пов'язують вільні кінці бандажем з м'якого сталевго дроту.

В процесі затягування кабелів через труби виконують наступні операції:

- видаляють з кінців труби технологічні заглушки і продувають її стисненим повітрям;
- пропускають через трубу жорстку сталевий дріт діаметром 2-3 мм, що має на кінці кульку, або продувають стисненим повітрям шпегат;
- до кінця дроту (шпегату) прикріплюють м'який сталевий трос діаметром 4-5 мм і вручну протягають через трубу;
- трос з'єднують за допомогою дротяного бандажа або спеціального патрона з підготовленим кінцем кабелю або пучка кабелів;
- протягають кабелі за трос через трубу вручну або за допомогою лебідки.

Труби великої довжини або з декількома вигинами виконують з окремих частин, що з'єднуються монтажними коробками з фланцевими кришками. У цих випадках затягування кабелів в трубу виконують поетапно. Спочатку затягують кабель на ділянці від кінця труби до першого роз'єму, укладаючи його вісімкою. Потім затягують кабель на другій ділянці труби і т. д.

При затягуванні кабелю через сальник на нього попередньо надягають натискну гайку і шайбу. При затягуванні кабелів через кабельні коробки попередньо і після затягування кожного ряду з обох торців коробки встановлюють дерев'яні прокладки перетином приблизно 10x30 мм². Для полегшення проходження кабелів рекомендується пересипати їх графітовим порошком або тальком, а також легко бити молотком в місцях вигину труби. Після затяжки кабелів через трубу перевіряють цілісність їх жил і вимірюють опір ізоляції щодо корпусу.

10.3 З'ЄДНАННЯ ЖИЛ КАБЕЛІВ

10.3.1 Технологія з'єднання проводів обпресування

Оброблення кінців і з'єднання жил проводів і кабелів, контактні з'єднання шин і приєднання шин до контактних виводів електрообладнання є відповідальними технологічними операціями, в результаті яких забезпечуються надійний електричний контакт і механічна міцність. Від якості їх виконання в значній мірі залежить надійність роботи електроустановок. Оброблення кінців і з'єднання жил алюмінієвих ізольованих проводів і кабелів виробляють обпресуванням, зварюванням, пайкою або болтовими і гвинтовими стисками; мідних жил - обпресуванням, пайкою або стисками. Область застосування різних способів оброблення кінців та з'єднання алюмінієвих і мідних жил проводів і кабелів, контактних з'єднань і приєднань шин визначена стандартами, нормами, правилами та інструкціями. Обпресування виконують ручними кліщами, механічним, піротехнічним або гідравлічним пресом за допомогою змінних пуансонів і матриць. Пуансони і матриці підбирають за діаметром трубчастої частини наконечника або сполучної гільзи.

Розрізняють два способи обпресування:

- місцевого вдавнення і
- суцільного обтиску.

При місцевому вдавненні стежать за тим, щоб лунки були розташовані співвісно з жилою та один одному. При оброблянні кінців лунки роблять на лицьовій стороні наконечника. Для контролю якості глибини вдавнення (лунки) при місцевому

вдавленні або ступінь суцільного обтиску перевіряють вибірково не менше ніж у 1% наконечників і гільз.

При застосуванні гідропреса з автоматичним контролем глибини вдавлення або обтиску відпадає необхідність в операції вибіркового контролю якості обпресування.

Розглянемо послідовність операції обпресування.

Алюмінієві жили. Однодротові 2,5-10 мм². Обпресування виробляють в гільзах ГАО. Гільзу вибирають відповідно до кількості і перетином жил, що з'єднуються.

Обпресування виконують в певній технологічній послідовності (рисунок 10.22):

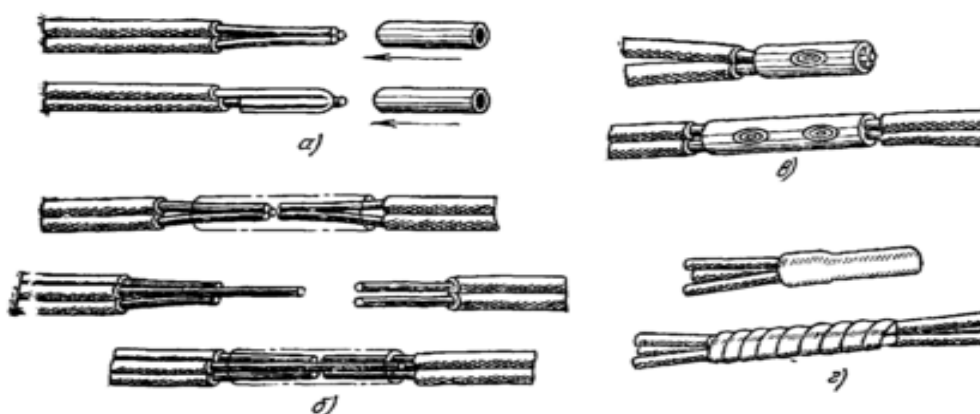


Рисунок 10.22 – Обпресування алюмінієвих проводів в гільзах ГАО

а - підготовка проводів для одностороннього обпресування; б - те ж для двостороннього обпресування; в - вид з'єднань після обпресування; г - вид з'єднання після ізолювання

Вибирають гільзу, інструменти і механізми, пуансони і матриці, зачищають кінці жил (на довжині 20, 25 і 30 мм для гільз ГАО-4, ГАО-5, ГАО-6 і ГАО-8 відповідно) і внутрішню поверхню гільзи до металевому блиску і відразу ж змащують їх кварцевазеліноювастою (зачистка і змащення гільз виконуються в разі, якщо це не було виконано на заводі-виробнику); вставляють жили в гільзу.

При сумарному перетині жил менше діаметра внутрішнього отвору гільзи слід ввести додаткові дроти жил для ущільнення місця з'єднання.

Проводять обпресування до зіткнення пуансона з матрицею, як показано на рис. 10.22, в. Після обпресування залишкова товщина матеріалу h (рисунок 10.23) повинна бути при гільзах ГАО-4 - 3,5 мм; ГАО-5 і ГАО-6 4,5 мм; ГАО-8-6,5 мм. Перед ізолюванням виконане контактне з'єднання протирають ганчір'ям, змоченим в бензині. Ізолюють місце обпресування ізоляційною стрічкою.

При односторонньому введенні жил в гільзу (рисунок 10.22, а) і діаметрах гільз 7 і 9 мм замість ізоляційної стрічки застосовують поліетиленові ковпачки (рисунок 10.22, г).

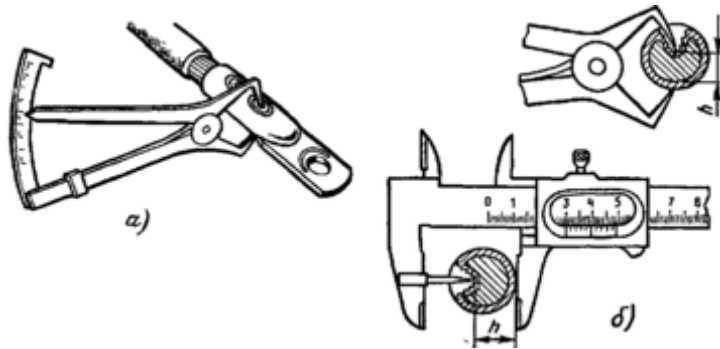


Рисунок 10.23 – Вимірювання залишкової товщини матеріалу h при обпресуванні з'єднань:

а - спеціальним вимірником; б - штангенциркулем з насадкою

Однодротові і багатодровові 16-240 мм². Обпресування оброблених кінців виробляють в алюмінієвих і мідно-алюмінієвих наконечниках по ГОСТ 9581-80 * і штифтових наконечниках по ГОСТ 23598-79 *; обпресування з'єднань - в алюмінієвих гільзах по ГОСТ 23469.2-79 *.

Роботу виконують в такій послідовності (рисунок 10.24):

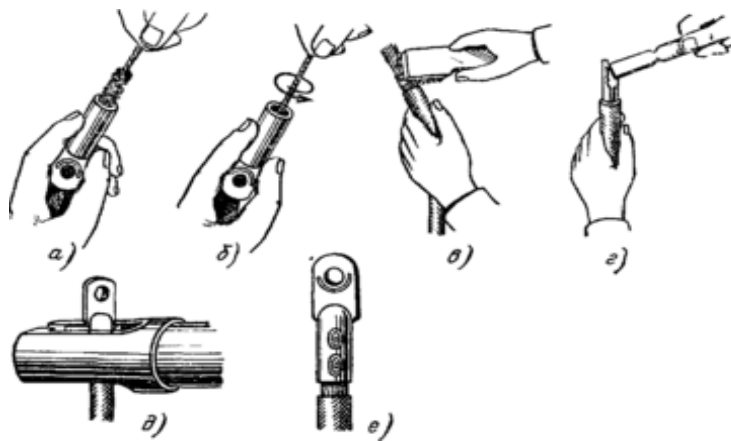


Рисунок 10.24 – Оброблення кінців алюмінієвих жил обпресуванням:

а - зачистка внутрішньої поверхні наконечника; б - змащення усередині наконечника кварцевазеліновою пастою; в - зачистка жил; г - змащення жил кварцевазеліновою пастою; д - обпресування; е - вид після обпресування

Вибирають наконечник або сполучну гільзу, пуансон, матрицю і механізм для обпресування. Потім перевіряють наявність шару кварцевазелінової пасти на їх внутрішній поверхні. Якщо наконечники або гільзи отримані з заводу незмащеними, то очищують внутрішню поверхню дрантям, змоченим в бензині, і змащують її пастою.

Потім знімають з кінців жил ізоляцію: при обробленні кінців - на довжині, що дорівнює довжині трубчастої частини наконечника, а при з'єднанні - на довжині, що дорівнює половині довжини гільзи.

Очищену від ізоляції жилу зачищають щіткою з кардострічки до металевого блиску і відразу ж змащують кварцевазеліновою пастою.

Перед зачисткою жил з паперовою просоченою ізоляцією їх необхідно протерти ганчіркою, змоченою в бензині.

Якщо жили секторні, то їх перед зачисткою округлюють. Операцію округлення багатодрових жил виконують плоскогубцями, а однодротових - за допомогою механічного або гідравлічного преса, в який встановлюють замість пуансона і матриці спеціальний інструмент.

Після того як жили підготовлені до обпресування, на них надягають наконечник або гільзу. При обробленні кінців жилу вводять в наконечник до упору, а при з'єднанні - так, щоб торці з'єднуються жил стикалися між собою в середині гільзи.

Трубчасту частину наконечника або гільзу встановлюють в матриці і виробляють обпресування.

Якщо при цьому опресовування виконують однозубим пуансоном, то на наконечнику роблять два вдавнення (рисунок 10.24, е), а на гільзі - чотири (по два на кожен кінець жил).

Якщо обпресовують двозубим пуансоном, то на наконечнику роблять одне вдавнення, а на гільзі-два. Вдавлювання виробляють до упора шайби пуансона в торець матриці.

Правильність глибини вдавнення перевіряють згідно штангенциркулем з насадкою або спеціальним вимірником (рисунок 10.23). Після опресування залишкова товщина матеріалу h повинна бути: при перетині жил $16-35 \text{ мм}^2$ - 5,5 мм, при перетині 50 мм^2 - 7,5 мм, при перетині 70 і 95 мм^2 - 9,5 мм, при перетині 120 і 150 мм^2 - 11,5 мм, при перетині 185 мм^2 - 13 мм, при перетині 240 мм^2 - 14 мм.

При обпресуванні за допомогою преса, що має автоматичний контроль якості обпресування (глибини вдавнення), відпадає потреба у зазначеній перевірці.

Перед накладенням ізоляції гострі краї гільзи обпилюють, закругляють і зачищають дрібним наждачним папером.

При обпресуванні з'єднань жил кабелів 6-10 кВ вживають заходів для вирівнювання електричного поля, симетрія якого порушується проти місць вдавнення.

Зони згущення ліній електричного поля можуть з'явитися вогнищами виникнення місцевих розрядів, що призводять до пробоя ізоляції. Щоб уникнути цих явищ безпосередньо на гільзу накладають екран з одного шару напівпровідного паперу.

Перед накладенням екрану лунки заповнюють масою МП-І з банки з комплектом кабельних роликів і рулонів.

Необхідно пам'ятати, що не можна застосовувати наконечники і гільзи, які не відповідають перетину і типу жили, а також застосовувати не відповідні пуансони і матриці.

Не можна також «викусити» проволочи для полегшення введення жили в наконечник або гільзу і виробляти опресовування без змащення жил і гільзи кварцевазеліновою пастою.

В однодротових жилах $25-240 \text{ мм}^2$, обробку кінців роблять штампуванням наконечника на жилі. Для виконання оброблення кінців знімають з кінця жили ізоляцію на довжині: для жил перерізом 25 мм^2 - 45 мм, для $35-95 \text{ мм}^2$ - 50 мм, для $120-240 \text{ мм}^2$ - 55 мм.

Обирають пуансон і матрицю в залежності від перетину з жили по. Штампування виконують за допомогою піротехнічних механізмів ППО-95, ППО-

95М і ППО-240У1. Пуансон під дією порохових газів виробляє штампування наконечника, формуючи його з кінця жили.

У разі неточного оформлення наконечника допускається повторне штампування при зниженні потужності повторного пострілу, для чого пуансон не доводиться до верхнього крайнього положення на 5-7 мм.

Після того як відштампований наконечник буде вийнято з механізму, необхідно видалити облой з країв отвору і по зовнішньому периметру контактної частини наконечника.

При цьому на штампованій частини наконечника не повинно бути видимих тріщин, раковин, напливів і вм'ятин. Повинна бути співвісність отвору під болт і контактної частини наконечника.

Після п'яти пострілів формуючу частина пуансона необхідно змастити тонким шаром машинного масла.

Мідні жили. Багатодротові 1-2,5 мм². Обпресування виконують прес-кліщами ПК-3 або ПК-4 в кільцевих мідних наконечниках по ГОСТ 9688-82 *, одтиснених спеціальними пуансонами і матрицями (рисунок 10.25) .

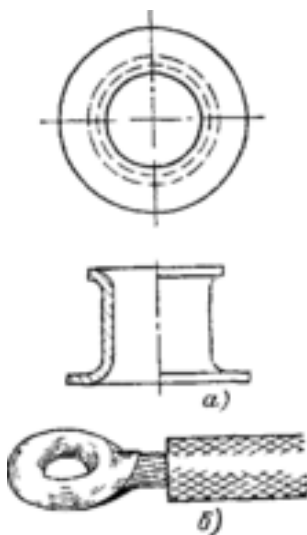


Рисунок 10.25 – Обпресування багатодротової мідної жили в кільцевому мідному наконечнику по ГОСТ 9688-82 *:

а - кільцевий наконечник до опресування; б - кінець жили з кільцевим наконечником

Перед обпресуванням в кільцевому наконечнику знімають з кінця жили ізоляцію на довжині 25-30 мм , зачищають жилу до металевого блиску, скручують її туго плоскогубцями; вибирають наконечник, що відповідає перетину жили, пуансон і матрицю; встановлюють їх в прес-кліщі; укладають жилу в наконечник, надягають наконечник з укладеною в нього жилою на стрижень пуансона так, щоб жила виходила через жолобок пуансона, виробляють обтиск наконечника прес-кліщами до упору шайби пуансона в торець матриці.

Однодротові і багатодротові 240 мм². Оброблення кінців жил 4-240 мм² виконують в мідних наконечниках по ГОСТ 7387-82, а з'єднання жил 16-240 мм² в гільзах - по ГОСТ 23469.3-79 *.

Виробляють вибір гільз, наконечників, пуансонів, матриць і механізмів для опресовування.

Послідовність операції обпресування та ж, що і обпресування алюмінієвих жил, але тут не потрібно змащення кварцевазеліновою пастою.

Обпресування мідних наконечників і гільз виконують пуансоном і матрицею з одним зубом, на наконечнику виконують одне вдавнення, на гільзі - два, по одному на кожен кінець жили.

10.3.2 Технологія з'єднання проводів і кабелів, контактних сполучень шин зварюванням

Зварювання застосовують для окінцевання і з'єднання алюмінієвих жил проводів і кабелів усіх перетинів, а також для з'єднання алюмінієвих жил з мідними при перетині жил не більше 10 мм².

Розрізняють три способи зварювання:

- електрозварювання контактним розігрівом,
- термітне і
- газове зварювання.

При окінцеванні і з'єднанні алюмінієвих жил зварюванням застосовують флюс ВАМИ. Флюс призначений для видалення плівки окису з поверхні алюмінієвих жил і для захисту цієї поверхні від окислення. Флюс ВАМИ являє собою суміш трьох складових: хлористого калію (50%), хлористого натрію (30%) і кріоліту K-1 (20%). Температура плавлення флюсу 630 ° С.

Хімічна промисловість випускає флюс у вигляді порошку, розфасованого в герметично закриті банки. При відсутності готового флюсу його готують з розтертих і просіяних через сито (з числом отворів 1200 на 1 см²) компонентів у зазначеній вище пропорції.

Порошок флюсу перед вживанням розводять водою до консистенції густої сметани (100 частин флюсу на 30-40 частин води по масі). Перед зварюванням флюс завдають пензликом тонким шаром на поверхню алюмінієвих жил; нанесення флюсу товстим шаром не сприяє поліпшенню якості з'єднання.

Окінцевання і з'єднання, виконані зварюванням, щоб уникнути корозії покривають товстим шаром вологостійкого лаку, а потім ізолюють стрічкою, покриваючи лаком кожен її шар.

Лаки підбирають в залежності від матеріалу ізоляції жил проводу або кабелю.

10.3.2.1 Електрозварювання контактним розігрівом

Електрозварювання контактним розігрівом є найбільш поширеним видом зварювання, що застосовуються при окінцеванні і з'єднанні алюмінієвих жил проводів і кабелів.

Алюмінієві жили. Однодротові сумарним перетином в скрутці до 12,5 мм².

Електрозварювання з'єднань і відгалужень виконують за допомогою апарату ВКЗ без флюсу.

З кінців жил знімають за допомогою кліщів МБ-1 або КУ-1 ізоляцію на довжині 35- 40 мм, пластмасову ізоляцію знімають за допомогою кліщів ТК-1), зачищають їх щіткою з кардострічки або наждачним папером до металевого блиску і скручують разом.

Потім підготовляють зварювальний прилад апарату ВКЗ (рисунок 10.26) до зварювання: відводять назад його вугільний електрод і затискають скручені жили губками держателя так, щоб торці скручених жил упиралися в лунку вугільного електрода.

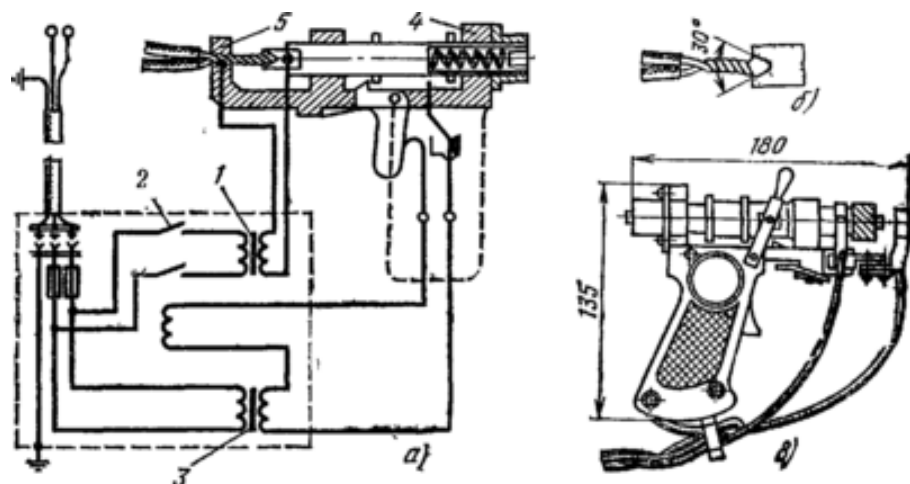


Рисунок 10.26 – Автоматична електрозварювання контактним розігрівом однодротових алюмінієвих жил сумарним перетином до 12,5 мм² апаратом ВКЗ:

а - схема апарату; б - положення жил у вугільному електроді при зварюванні;
в - загальний вигляд апарату; 1 - зварювальний трансформатор 220/10 В; 2 - реле включення; 3
трансформатор управління 220/36 В; 4 - зварювальний апарат (пістолет); 5 - губка держателя
зварюваних проводів

Натисканням спускового гачка включають прилад, після чого вугільний електрод під дією пружини і в міру розплавлення торців жил просувається вперед і зварює їх; зварювання автоматично припиняється в момент оплавлення жил на задану довжину. Місце з'єднання ізолюють поліетиленовим ковпачком або ізоляційною стрічкою. Зварювання зазначених однодротових жил контактним розігрівом в монтажній зоні виконують за допомогою кліщів з двома вугільними електродами (рисунок 10.27), підключеними до полюсів вторинної обмотки трансформатора 9-12 В, 0,5 кВ-А.

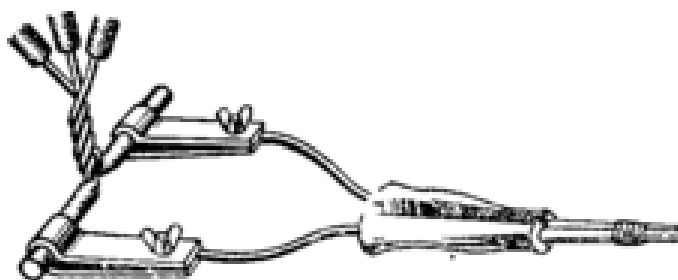


Рисунок 10.27 – Електрозварювання контактним розігрівом однодротових алюмінієвих жил сумарним перетином до 12,5 мм² в кліщах з двома вугільними електродами.

Підготовка жил до зварювання виконується так само, як і при зварюванні апаратом ВКЗ, тільки ізоляція з жил знімається на довжині 25-30 мм (замість 35-40 мм) і на жили перед зварюванням наноситься тонкий шар флюсу на довжині 5-6 мм.

При зварюванні в кліщах з двома вугільними електродами скручені жили у розміщують вертикально торцями вниз, потім кінці вугільних електродів зближують до зіткнення, при цьому електроди розжарюються. Розпечені електроди притискають до торців жил до розплавлення алюмінію і утворення зварювальної кульки.

Після охолодження місця зварних з'єднань очищають від шлаку і залишків флюсу сталеву щіткою або наждачним папером і ізолюють поліетиленовим ковпачком або ізоляційною стрічкою.

Багатодротові жили сумарним перетином від 32 до 240 мм².

З'єднання і відгалуження жил здійснюють сплавом в загальний монолітний стрижень. Для зварювання застосовують зварювальний трансформатор з вторинною напругою 8-9 В потужністю 1-5 кВ-А; до трансформатора підключають електродотримачі з вугільним електродом і охолоджувач; підбирають по перетину відповідні форми; з алюмінієвого дроту перетином 2,5-4 мм² готують присадні прутки, ретельно очищаючи їх поверхню щіткою з кардострічки або наждачним папером і знежирюють її змоченою в бензині тканиною.

Перед початком зварювання присадні прутки покривають тонким шаром флюсу. З кінців жил знімають ізоляцію на довжині: при сумарному перетині до 50 мм²-60 мм; 75 мм²-65 мм; 105 мм²-70 мм; 150 мм²- 72 мм; 240 мм² - 75 мм. Якщо підготовляють до зварювання жили кабелю з паперовою просоченою ізоляцією, то на ізоляцію у її обрізу накладають нитяний бандаж, потім послаблюють плоскогубцями повів дротів жили і видаляють з їх поверхні маслосмазковий склад тканиною, змоченою в бензині.

Оброблені жили у розміщують вертикально торцями вгору. Надягають на жили роз'ємну циліндричну форму, яку підбирають за сумарним перетином жил, але для найближчого більшого перетину.

На жилах роблять підмотування азбестовим шнуром товщиною 1 -1,5 мм так, щоб сплавлений кінець жил виступав з азбестового бандажа і торець його був врівень з верхнім краєм форми. Обидві половинки форми скріплюють дротяним бандажем або хомутом з тонкої жерсті. На жилу ставлять охолоджувач між формою і обрізом ізоляції.

Торці жил обмазують тонким шаром флюсу. Після цього приступають до зварювання: щільно притискають кінець вугільного електрода до торців жил і тримають його так до початку розплавлення, після чого повільно переміщують кінець електрода по торцях жил, розплавляючи один за одним всі дроти.

Потім в розплавлений метал занурюють прутки присадки, круговим рухом електрода перемішують, щоб утворилася ванночка розплавленого металу. Після заповнення до країв форми розплавленим алюмінієм електрод відводять; процес сплаву кінця жили вважається закінченим. Після охолодження місця зварювання знімають охолоджувачі і форми і щіткою з кардострічки очищають від шлаку зварювання і прилеглу ділянку жил.

10.3.2.2 Термітне зварювання.

Підготовка жил для термітного зварювання багато в чому схожа з підготовкою їх для електрозварювання. За сумарним перерізом жил підбирають термітні патрони.

Алюмінієві жили. Сумарним перетином від 70 до 240 мм².

З'єднання і відгалуження жил здійснюють зварюванням по торцях (рисунки 10.28). При підготовці до зварювання з кінців жил знімають ізоляцію на довжині: для сумарного перетину 70 мм²-80 мм; для 95-120 мм² -90 мм; для 150- 185 мм² - 95 мм; для 240 мм² - 100 мм, кінці жил зачищають до блиску сталеву щіткою і протирають тканиною, змоченою в бензині або ацетоні. Кінці з'єднувальних

проводів складають в загальний пучок і пов'язують у обрізу ізоляції тимчасовим бандажем з двох-трьох витків дроту.

Плоскогубцями надають пучку проводів круглу форму, змащують пучок тонким шаром флюсу і надягають на нього алюмінієвий ковпачок термітного патрона порожнечу, що залишилися, заповнюють шматочками алюмінієвого дроту. Зверху на алюмінієвий ковпачок надягають термітний патрон так, щоб формочка (кокіль) в нижній частині виступала щодо нижнього обрізу ковпачка не менше ніж на 7 мм; це забезпечує утворення необхідного простору між кокілем і жилами. Знизу кокіль ущільнюють підмоткою азбестового шнура, зрушуючи її в зазор між кокілем і жилами (див. рисунок 10.28). На сполучені жили надягають охолоджувач, втулки якого підбирають за сумарним перерізом жил; якщо охолоджувач сидить на жилах недостатньо щільно, то жили обмотують мідною фольгою.

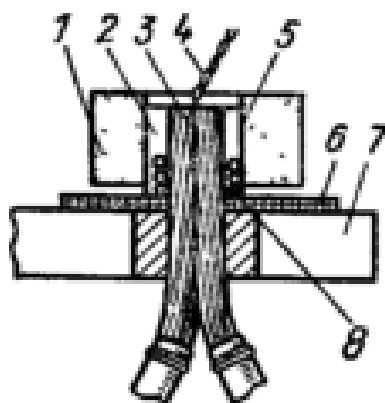


Рисунок 10.28 - З'єднання алюмінієвих багатодрових проводів термітним зварюванням по торцям

1 - термітний муфель патрона; 2 - алюмінієвий ковпачок, 3 - проводи; 4 - присадний пруток; 5 - формочка (кокіль); 6 - екран з азбестового картону; 7 - охолоджувач (кліщі); 8 - ущільнення азбестовим шнуром

Тимчасовий дротяний бандаж перед установкою охолоджувачів знімають; між охолоджувачем і термітним патроном кладуть екран з азбестового картону; запалюють муфель термітного патрона термітним сірником, на початку горіння муфеля сплавляють в формочку присадний пруток.

Дротяною мішалкою визначають закінчення розплавлення кінців жил; виробляють плавне перемішування розплавленого алюмінію і додають присадку до заповнення форми; після згоряння муфеля його сколюють, знімають формочку, очищають місце з'єднання від залишків флюсу і шлаку і протирають тканиною, змоченою в бензині.

З'єднання покривають вологостійким лаком; Ізолюють місце з'єднання і поверхню ізоляції також покривають вологостійким лаком.

Однодротові і багатодрові жили 16-240 мм².

З'єднання здійснюють зварюванням в стик. При зварюванні в стик, що застосовується в основному при обробленні сполучних кабельних муфт, підбирають по перетину з'єднувальних жил втулки охолоджувачів і закріплюють їх в охолоджувачах гвинтами. При зварюванні однодротових секторних жил втулки закріплюють на зварюваних жилах, на сполучній планці закріплюють охолоджувачі на відстані, що забезпечує установку на жилах термітних патронів з зазорами 5-8 мм

між виступаючими кінцями кокілю і охолоджувачами. У ці зазори встановлюють екрани з азбестового картону (рисунок 10.29).

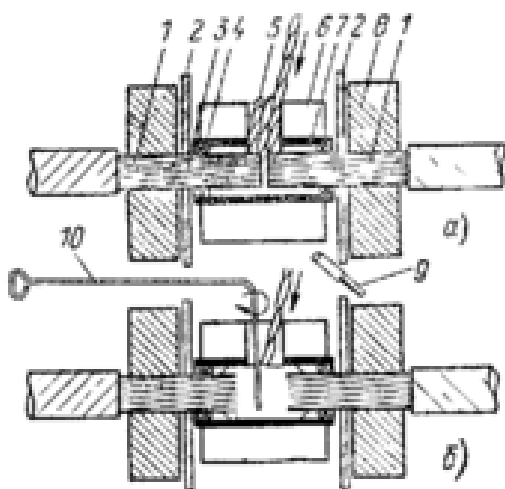


Рисунок 10.29 – Термітне зварювання в стик алюмінієвих жил кабелів

а - підпалювання термітного муфеля, б - сплавлення присадного прутка, розплавлення жил і перемішування розплавленого металу; 1 - жила кабелю; 2 - азбестовий екран; 3 - сталевий кокіль (формочка); 4 - азбестовий шнур; 5 - присадний пруток; 6 - термітний муфель патрона марки ПА ; 7 - алюмінієва втулка (ковпачок), 8- охолоджувач; 9 - термітний сірник; 10 - дротова мішалка

Внутрішню поверхню кокілів і ковпачка термітних патронів протирають тканиною, змоченою в бензині, а потім кокілі покривають кокільною фарбою або крейдою, розведеними у воді до стану густої пасти; це запобігає прилипанню жил до кокілю; шар покриття просушують до початку зварювання. Розводять водою флюс і готують присадні прутки: для зварювання жил до 50 мм^2 - з однією, а для жил великого перерізу - з двох - чотирьох скручених разом алюмінієвих дротів діаметром 2 мм; дріт попередньо ретельно очищають сталеву щіткою або наждачним папером і знежирюють; безпосередньо перед зварюванням присадні прутки покривають тонким шаром флюсу.

Кінці кабелів обробляють перед зварюванням відповідно до опису монтажу епоксидних або свинцевих з'єднувальних муфт.

З кінців жил знімають ізоляцію на довжині: 45 мм для жил перерізом від 16 до 50 мм^2 ; 50 мм для жил $70\text{-}95 \text{ мм}^2$; 55 мм для жил $120\text{-}150 \text{ мм}^2$; 60 для жил $185\text{-}240 \text{ мм}^2$. Секторним жилам надають за допомогою преса і набору інструменту типу ИСК круглу форму. Скріплення багатодровових жил може бути виконано за допомогою плоскогубців. При з'єднанні жил кабелів з паперовою просоченою ізоляцією видаляють з очищених від ізоляції жил маслосанітарний склад тканиною, просоченою в бензині; напилком знімають з торців жил задирки; до блиску зачищають кінці жил щіткою з кардострічки і покривають їх тонким шаром пасти з флюсу; на кінці жил надягають алюмінієві ковпачки, що входять в комплект термітних патронів.

Внутрішня поверхня ковпачків попередньо повинна бути зачищена до блиску. При зварюванні однодротових секторних жил замість ковпачків на жили надягають шайби або втулки з секторними отворами; щоб жила вільно увійшла у втулку або шайбу, її з боків запилують; внутрішню поверхню шайби або втулки зачищають до

блиску; при відсутності спеціальних шайб або втулок дозволяється надіти на кінці секторних жил ковпачки, що входять в комплект термітних патронів, порожнечі в ковпачку, що залишилися, потрібно заповнити шматочками алюмінієвого дроту. Секторні жили на ділянці насадки ковпачка слід запилити напилком, щоб вони вільно входили в ковпачок.

Окінцеванню ковпачком жилу злегка відгинають і надягають на неї термітний патрон; потім кінці з'єднувальних жил центрують і насувають термітний патрон на місце стику так, щоб стик жил знаходився проти отвору літнику муфеля патрона; між торцями жил допускається зазор не більше 2-3 мм.

Азбестовим шнуром ретельно ущільнюють входи жил в кокіль, щоб він заповнив вхідний отвір кокілью до алюмінієвого ковпачка (шайби або втулки); після цього на оголені ділянки жил накладають охолоджувачі, встановлені на з'єднувальній планці; охолоджувачі закріплюють на штативі; встановлюють екрани з листового азбесту товщиною не менше 4 мм, які повинні виступати за охолоджувач з усіх боків не менше ніж на 10 мм.

На інші жили з'єднувального кабелю також встановлюють термітні патрони. На багатожильних кабелях зварювання починають з жили, розташованої вгорі оброблення.

Решту жил, які не піддаються зварюванню, необхідно захистити від нагрівання і іскор азбестовим картоном.

Термітний сірник закріплюють в спеціальному тримачі або затискають в плоскогубцях; запаленим термітним сірником щільно торкаються до торця муфеля термітного патрона і запалюють його.

Відразу після загоряння муфеля вводять в нього покритий флюсом присадний пруток; для збільшення в початковий момент присадки перший пруток скручують в кілька разів - це прискорює процес розплавлення кінців з'єднувальних жил; після закінчення горіння термітного муфеля вводять в літникову трубку патрона мішалку із сталевих дроту і перевіряють розплавлення кінців жил, яке настає зазвичай через 5-20 с після закінчення горіння муфеля.

Переконавшись в повному розплавленні кінців з'єднувальних жил, ретельно перемішують ванну розплавленого металу для полегшення виходу газів і шлаку, щоб уникнути утворення раковин.

Після застигання металу в трубці літнику швидко сколюють невеликим зубилом і молотком муфель і видаляють кокіль, відгинаючи його краю викруткою; видаляють прибуток літнику і напилком згладжують нерівності; з'єднання зачищають від залишків флюсу і шлаків сталеві щіткою. Зварювання інших жив з'єднується кабелю виконують в тій же послідовності.

Багатодротові жили 300-800 мм².

При зварюванні в стик підготовчі операції виконують аналогічно зазначеним для зварювання в стик жив перетином від 16-240 мм². Ізоляцію з кінців з'єднувальних жил знімають на довжині: 80 мм для жил перерізом 500 мм², 85 мм для 400 мм², 100 мм для 400 мм², 110 мм для 625 мм², 120 мм для 800 мм².

Перед зварюванням жил перерізом 625 і 800 мм² накласти теплоізоляцію на бічну поверхню патронів на обидві сторони від літникового отвору, використовуючи для цього стрічки з азбестового картону шириною 25-30 мм. Стрічки стягують бандажами зі сталі товщиною 1-1,5 мм.

У кабелів, що мають контрольні жили, відігнути їх (рисунок 10.30) і після зварювання основної жили з'єднати паянням.

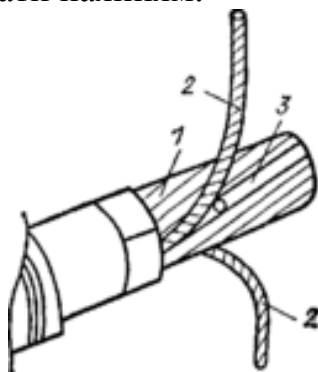


Рисунок 10.30 – Підготовка кабелю АСБ-2к до зварювання в стик
1 - жила кабелю; 2 - жила контрольна; 3 - відрізок алюмінієвої проволочки

Заключні операції після зварювання виконати аналогічно зазначеним для зварювання в стик жил перетином від 16 до 240 мм².

Багатодротові жили 300-800 мм².

Окінцевання наконечниками із суцільним хвостовиком (стрижнем) по ГОСТ 7387-82 виконують зварюванням в стик. Підготовчі операції виконують аналогічно підготовці до зварювання в стик жил перетином від 16-240 мм².

Пропускають між пасмами жили кабелів АсВВ впритул до зрізу ізоляції азбестовий шнур діаметром 4 мм.

У кабелів відгинають контрольні жили, як показано на рисунку 10.30, при цьому радіус вигину контрольної жили повинен бути не менше десятикратного діаметра її, виміряного по ізоляції. Зазори між дротами зовнішнього повіву жив кабелів, що залишилися після згинання контрольних жив, заповнюють шнуровим азбестом або відрізком алюмінієвого дроту (рис. 10.30). Кінці відрізків, звернених до відігнутих контрольних жил, обпилюють напилком під кутом 60°, зачищають до блиску стрижневу частину наконечника, покривають її тонким шаром флюсу, розведеного до пастоподібного стану, і насаджують на неї алюмінієву втулку термітного патрона.

Термітний патрон встановлюють на жилу і стрижневу частину наконечника ЛС таким чином, щоб їх стик знаходився в центрі літникового отвору. Потім встановлюють кокіл термітного патрона, ущільнивши зазор між жилою і кокілем і між стрижнем наконечника і кокілем азбестовим шнуром. Нижні половинки охолоджувачів закріплюють на сполучній планці. При цьому під охолоджувач, який використовується при зварюванні для жили кабелю (проводу), кладуть прямокутну прокладку товщиною, яка дорівнює половині товщини контактної пластини наконечника, для вирівнювання осей жили кабелю (проводу) і стрижня наконечника.

Закріплюють жилу і наконечник в охолоджувачах, потім встановлюють теплові екрани. При зварюванні жил перетином 625 і 800 мм² накладають теплоізоляцію на бічну поверхню патронів аналогічно зазначеному вище при зварюванні в стик жил перетином 300-800 мм². Технологія зварювання і розбирання після зварювання аналогічні цим операціям при зварюванні в стик жил перетином від 16 до 240 мм².

10.3.2.3 Газове зварювання

При газовому зварюванні в пропано-кисневому, ацетилено-кисневому або бензино-кисневому полум'ї підготовку жил, зварювання і обробку місць з'єднань виконують багато в чому так само, як і під час електрозварювання. При ацетилено-кисневому зварюванні вибирають наконечник для пальника, а при бензино-кисневому - мундштук. При пропано-кисневому зварюванні застосовують ті ж обладнання і пристосування, що і для ацетилено-кисневого зварювання (з незначними переробками). Для пропан-бутану застосовують спеціальні балони. Пропано-кисневе зварювання в останні роки отримує все більш широке поширення.

Алюмінієві жили.

Однодротові жили сумарним перетином до 35 мм^2 в скрутці з'єднують пропано-кисневим зварюванням (рисунок 10.31).

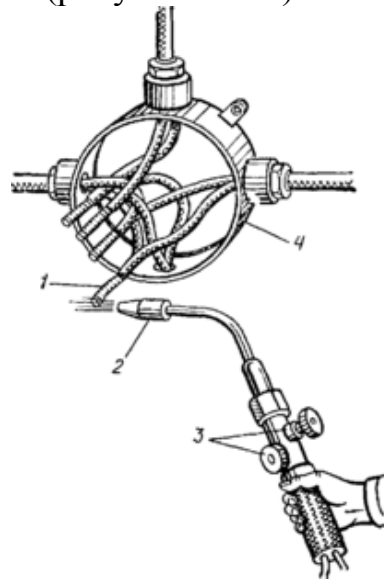


Рисунок 10.31 - Пропано-кисневе зварювання алюмінієвих жил сумарним перетином до 35 мм^2 в скрутці: 1 – скручування проводів; 2 – пальник; 3 – вентилі на рукоятці пальника; 4 – відгалужувальна коробка

Операції виконують в такій послідовності: ножом або інструментом з кінців, що зварюються жив знімають ізоляцію на довжині 30-40 мм, кінці жив зачищають сталеву щіткою і скручують їх разом; кінці скрутки покривають тонким шаром флюсу ВАМИ. Флюс попередньо розводять у воді до пастоподібного стану. Відкривають вентилі на балоні з пропаном, потім на балоні з киснем і регулюють робочий тиск кисню до $0,15 \text{ МПа}$ ($1,5 \text{ кгс / см}^2$).

Відкривають вентиль пропану на пальнику (на вентилі напис «ацетилен») і запалюють пальник сірником. Відкривають вентиль кисню на пальнику і регулюють пропано-кисневе полум'я до нормального (рисунок 10.32, а).

Підводять ядро полум'я 1 до кінця скрутки і нагрівають його до розплавлення. О тому, що зварювання жил сталася, судять по появі на кінці скрутки краплі рідкого металу в вигляді кульки.

Закриваючи вентилі пропану, а потім кисню на рукоятці пальника, гасять пальник. Залишки флюсу з місця зварювання видаляють сталеву щіткою, з'єднання протирають чистою ганчіркою і ізолюють скручування ізолюючими ковпачками або ізоляційною стрічкою.

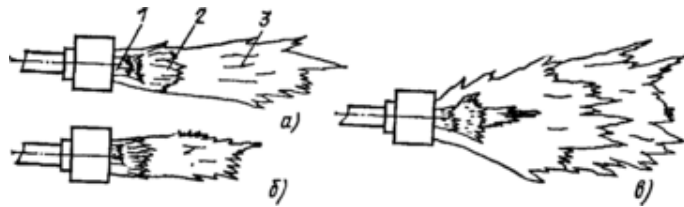


Рисунок 10.32 - Пропано-кисневе полум'я газового пальника:

а - нормально відрегульоване полум'я; б - полум'я з надлишком кисню; в - полум'я з надлишком пропану; 1 - ядро полум'я; 2 середня зона полум'я; 3 - факел полум'я

Необхідно нагадати, що в кінці зміни, а також перед перервами в роботі більше 2-3 год необхідно, перед тим як погасити пальник, випалити горючий газ, що залишився в шлангу.

Для цього перекривають вентиль на балоні з пропаном, потім вентиль на балоні з киснем і звільняють натискні гвинти редукторів. Після того як полум'я гасне, перекривають вентилі на рукоятці горілки.

Однодротові і багатодрові жили 16-240 мм².

З'єднання жил в стик (рисунок 10.33) здійснюють в такій послідовності.

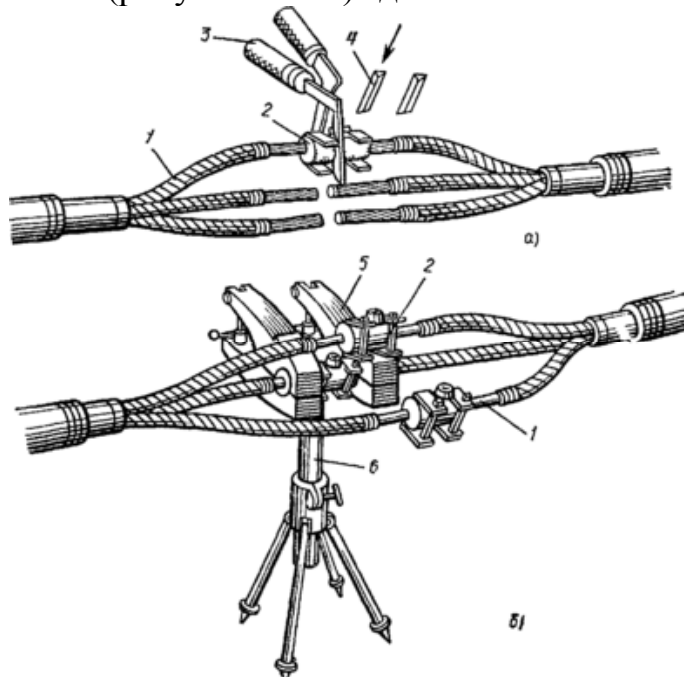


Рисунок 10.33 - Пропано-кисневе зварювання в стик алюмінієвих жил перетином від 16 до 240 мм²: а - установка зварювальних форм; б - установка і закріплення охолоджувачів; 1-жила; 2 - зварювальна форма; 3 - струбцина, 4 - клини; 5 - охолоджувач, 6 - опорна стойка

З кінців жил знімають ізоляцію на довжині: 45 мм для жил перерізом від 16 до 50 мм²; 50 мм для 70 і 95. мм²; 55 мм для 120 і 150 мм²; 60 мм для 185 і 240 мм². У жил з просоченою паперовою ізоляцією видаляють маслоканіфольний склад тканиною, змоченою в бензині або ацетоні. На відстані 2-3 мм від кінця багатодрової жили накладають бандаж з 1-2 витків алюмінієвого дроту діаметром 1-1,5 мм. При з'єднанні секторних однодротових і комбінованих жил округлюють їх очищені від ізоляції кінці, як зазначено вище при обпресуванні жил того ж

перетину. Домагатися при цьому точної циліндричної форми немає необхідності, однак зварювальна форма повинна охоплювати жилу без зазору в місцях роз'єму. Зварювальну форму вибирають відповідно до перетинів з'єднувальних жил. Внутрішні поверхні форми покривають крейдою, розведеною у воді до пастоподібного стану. На кінці зварюються жил встановлюють напівформи 2 так, щоб стик жил знаходився в середині літникового отвору. Струбциною 3 стискають напівформи між собою (рисунок 10.35, а) і в направляючі вставляють клини 4. Злегка постукуючи по клинам молотком, забезпечують щільне, без зазору стиснення напівформ між собою. При зварюванні секторних однодротових жил ущільнюють азбестовим шнуром місця введення жил в форму (2-3 шари шнура на довжині 6-7 мм). На оголені ділянки жил накладають охолоджувачі (рисунок 10.33, б), встановлені на сполучній планці.

Охолоджувачі закріплюють на стойці 6. При з'єднанні проводів охолоджувачі, що закріплені на сполучній планці, допускається не кріпити на стойці, а покласти на вогнестійку підкладку (цегла, азбоцемент, азбест і т.п.). Між охолоджувачами і формою встановлюють тепловий екран з азбестового картону. Екрани встановлюють впритул до охолоджувачів. Розміри екрану повинні бути такими, щоб він виступав за краї охолоджувача не менше ніж на 10 мм. Паперову ізоляцію жил за охолоджувачами захищають сухим азбестовим картоном або підмоткою азбестовим шнуром. Пластмасову і гумову ізоляцію жил захищають зволженим азбестом товщиною не менше 10 мм на довжині 80 мм за охолоджувачами.

Для присадки нарізають зварювальний дріт діаметром 4 мм відрізками довжиною близько 1 м. Відрізки дроту протирають чистою ганчіркою, змоченою в бензині або ацетоні, зачищають шліфувальною шкуркою і ще раз протирають сухою чистою ганчіркою і покривають тонким шаром флюсу, розведеного до пастоподібного стану. Замість присадних прутків діаметром 4 мм можуть бути використані скручені разом дроти меншого діаметра.

Зварювання кабелів починають з нижньої жили оброблення. При цьому інші жили кабелю, підготовлені до зварювання, захищають від нагрівання і іскор азбестовим картоном.

Пристаючи до зварювання, відкривають вентиль на балоні з пропаном. Потім відкривають вентиль на балоні з киснем і встановлюють робочий тиск кисню 0,15 МПа (1,5 кгс / см²). Полум'ям пальника рівномірно, не затримуючись на одному місці, розігрівають стінку форми в зоні стику жив до червоного розжарювання. Після цього в літниковий отвір форми вводять покриту флюсом присадку і сплавляють її до заповнення ливника. Розплав алюмінію перемішують мішалкою, не припиняючи нагрівання зварювальної форми до повного розплавлення дротів жил в об'ємі зварювальної ванни. Перемішування чергувати з додаванням присадки. Спливли шлаки видаляти мішалкою. Переконавшись за допомогою промацування мішалкою в повному розплавленні решту зварювальних жил в об'ємі зварювальної ванни, нагрів зварювальної форми припиняють. При охолодженні розплаву при необхідності додають присадку.

З'єднання інших жил кабелю виконують аналогічно. Нульову жилу перерізом 10 мм² при з'єднанні зварюванням жил чотирижильного кабелів з'єднують пайкою (см. 1.7.5). Закінчують зварювання аналогічно описаному вище зварюванню жил сумарним перетином 35 мм² в скрутці.

Після охолодження місця зварювання знімають форму, вибиваючи стягуючі клини 4 (див. рисунок 10.33). Оглядають місце зварювання. При виявленні 1-2 неповарених дротів припаюють їх до моноліту припоєм марки А.

При числі непропаяних дротів більше двох зварювання з'єднання слід повторити. Знімають з жил кабелю екрани, охолоджувачі і азбестовий захист ізоляції жил.

Видаляють літниковий прибуток спеціальними кліщами або спилують ножівкою, зачищають напилком місце з'єднання, надавши йому гладку циліндричну форму, зачищають сталеву щіткою, протирають тканиною, змоченою в бензині або ацетоні, до повного видалення залишків шлаку і тирси.

При зварюванні жил проводів місце з'єднання покривають асфальтовим лаком або іншим вологостійким лаком і виконують ізоляцію з'єднання.

Багатодротові жили сумарним перетином від 32 до 240 мм². З'єднання і відгалуження жил проводів виробляють сплавом по торцях в загальний монолітний стрижень (рис. 10.34). З кінців жил знімають ізоляцію на довжині: 80 мм для сумарного перетину жил 32 мм²; 85 мм - для 95 мм²; 90 мм - для 240 мм².

Підбирають за сумарним перерізом форму.

Внутрішню поверхню форми покривають крейдою, розведеною у воді до стану густої пасти.

На кінці жил, підготовлених відповідно до зазначеного в описі до рисунку 10.34, надягають форму.

Розміщують жили проводів вертикально торцями вгору, і нижню частину форми ущільнюють азбестовим шнуром.

Надягають охолоджувач, проклавши між низом форми і верхньою поверхнею охолоджувача екран з азбестового картону.

Закріплюють охолоджувач на опорній стойці.

Допускається замість охолоджувача накладати на жилу ущільнення з мідної фольги.

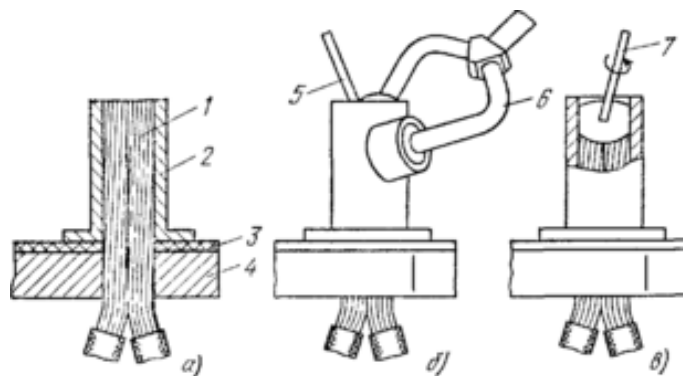


Рисунок 10.34 - Пропано-кисневе зварювання по торцях жил проводів сумарним перетином від 32 до 240 мм² а - підготовка до зварювання, б - нагрівання форми і оплавлення присадки; в - перемішування мішалкою ванни розплавленого металу; г - готове з'єднання; 1 - жила проводу, 2 - форма; 3 екран з азбестового картону, 4 - охолоджувач; 5 присадка, 6 - пальник, 7 – мішалка

Підготовляють присадки, процес зварювання і його закінчення здійснюють, як зазначено в описі рисунку 10.32.

Багатодротові жили 300-1500 мм².

З'єднання жил і окінцевання їх наконечниками по ГОСТ 7387-82 здійснюють встик багато в чому аналогічно з'єднанню встик жил перетином від 16 до 240 мм² (див. опис рисунку 10.32).

З кінців жил знімають ізоляцію на довжині: 80 мм для жил перерізом 300 мм²; 85 мм - для 400 мм²; 100 мм - для 500 мм²; 110 мм - для 625 мм²; 120 мм - для 800 мм²; 175 мм - на 1000 і 1500 мм².

Після відповідної підготовки звільнених від ізоляції кінців жил, як зазначено в описі рисунку 10.32, між пасмами жил кабелів АсВВ пропускають впритул до зрізу ізоляції азбестовий шнур діаметром 4 мм.

Контрольні жили у кабелів відгинають, як зазначено на рисунку 10.33, дотримуючись радіус вигину не менше десятикратного діаметра жили, виміряного по ізоляції.

Зазор між дротами зовнішнього повіу жили кабелю, який залишився після відгинання контрольних жив, заповнюють шнуровим азбестом або відрізками алюмінієвого дроту, при цьому торці відрізків дроту, звернені до відігнутої контрольної жилі, зрізують під кутом 60 °.

Зварювальні форми вибирають по перетину жил кабелю: для жил перерізом 300 і 500 мм² беруть форму ФС 300 ... ФС 500; для 625 і 800 мм² - ФС 625 ... ФС 800; на 1000 мм² - ФС 1000; для 1500 мм² - ФС 1500.

В зварювальні форми ФС 300 ... ФС 500 і ФС 625 ... ФС 800 встановлюють (при необхідності) роз'ємні сталеві вкладиші, відповідні перетину жил.

Установку форм на жилах і підготовку їх до зварювання виконують аналогічно сказаному в описі рисунку 10.32.

Присадку підготовляють теж, як зазначено в описі рисунку 10.32.

Процес початку, ходу і закінчення зварювання аналогічний описаному в поясненні до рисунку 10.32.

З'єднання контрольних жил виконують пайкою (см. нижче).

Технологія окінцевання жил перетинами 300-1500 мм² наконечниками по ГОСТ 7387-82 аналогічна технології зварювання встик (див. опис рисунок 10.32) .

Мідні жили. Окінцевання, з'єднання і відгалуження мідних жил проводів і кабелів електрозварюванням, термітним або газовим зварюванням не виконують.

10.3.3 Пайка жил проводів і кабелів, контактних з'єднань шин

Пайку застосовують у тих випадках, коли відсутня можливість застосування зварювання і обпресування. Пайку алюмінієвих жил виконують припаями, наведеними в таблиці 10.1.

Таблиця 10.1 - Припої для пайки алюмінію

Марка припою	Температура плавлення, °С	Склад припою, %			
		Цинк	Олово	Мідь	Алюміній
А	400-425	58-58.5	40	1,5-2	-
ЦО-12	500-550	88	12	-	-
ЦА-15	550-600	85	-	-	15

Найбільшого поширення при пайці алюмінієвих жил отримали припої марок А і ЦО-12. При відсутності ці припої замінюють ЦА-15.

Пайку виробляють за допомогою пропано-кисневого пальника; пайку однодротових жил 2,5-10 мм² можна виконувати також за допомогою паяльника.

Пайку мідних жил виконують припаями, наведеними в таблиці 10.2.

Таблиця 10.2 - Припої для пайки мідних жил

Марка припою	Температура плавлення, °С	Область застосування припоїв
ПОССу 61-0,5	183-189	Для лудіння і пайки електроапаратури, пайки елементів друкованих плат, обмоток електричних машин
ПОССу 40-0,5	183-235	Для лудіння і пайки обмоток електричних машин, для пайки монтажних елементів, кабельних виробів
ПОССу 35-0,5	183-245	Для лудіння і пайки свинцевих кабельних оболонок
ПОССу 40-2	185-229	Припій широкого призначення

10.3.3.1 Алюмінієві і мідні жили. Жили перетином до 10 мм².

З'єднання і відгалуження виконують паяною скруткою, окінцевання - оформленням в кільце.

10.3.3.2 Однодротові алюмінієві жили 2,5-10 мм².

Пайку з'єднань і відгалужень виконують шляхом подвійного скручування з жолобком (рисунок 10.35).

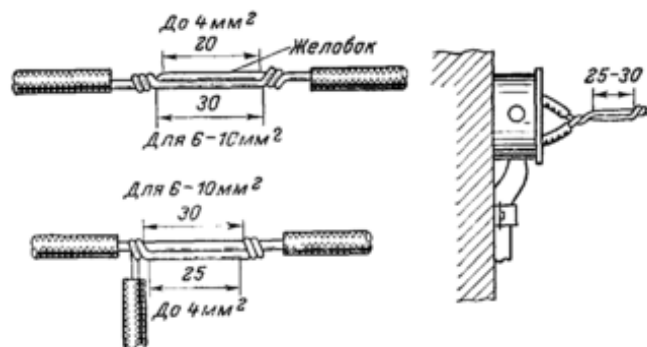


Рисунок 10.35 - З'єднання і відгалуження алюмінієвих проводів пайкою шляхом подвійного скручування з жолобком

З жил видаляють ізоляцію, зачищають до металевого блиску і підготовляють, як зазначено на рисунку 10.36. Нагрівають з'єднання полум'ям пропан-кисневого пальника до початку плавлення припою. Паличкою припою А, введеною в полум'я, потирають жолобок з одного боку.

У міру прогріву з'єднання жили починають лудіння і жолобок заповнюється припоєм.

Аналогічно лудять жили і заповнюють припоєм жолобок з іншого боку. Сполучені жили і місця скручування лудять припоєм також з зовнішніх поверхонь. Після охолодження місце з'єднання ізолюють.

10.3.3.3 Однодротові і багатодровові мідні жили 1,5-10 мм².

З'єднання і відгалуження проводів виконують пайкою скруткою (без жолобка). Ізоляцію з кінця жили видаляють на довжині 20-35 мм, зачищають жилу наждачним папером до металевого блиску, скручують сполучені жили і пропаюють їх паяльником або у ванні з розплавленим припоєм ПОССу 40-0,5 (можливі припої і інших марок по таблиці 10.2). При пайці застосовують флюс - каніфоль або спиртовий розчин каніфолі. Місце пайки після охолодження ізолюють.

Окінцевання багатодровових жил 1-2,5 мм² виконують у вигляді кільця з наступною лудою; для цього знімають ізоляцію з кінця жили на довжині 30-35 мм, зачищають її до металевого блиску наждачним папером, круглогубцями вигинають кінець жили в вигляді кільця, покривають його каніфоллю або розчином каніфолі в спирті і занурюють на 1-2 с в розплавлений припій ПОССу 40 - 0,5; після охолодження ізолюють жилу до кільця.

10.3.3.4 Багатодровові алюмінієві жили 16-150 мм².

Перед паянням з'єднань і відгалужень знімають з кінця жили ізоляцію на довжині 50-70 мм. Перед зняттям паперової ізоляції у місця її обрізу накладають нитяний бандаж, потім плоскогубцями послаблюють повів дротів жили і тканиною, змоченою в бензині, видаляють просочувальний склад. Жили з гумовою і пластмасовою ізоляцією цієї операції не вимагають. Жилу секторної форми округляють за допомогою преса і набору інструменту ИСК. Багатодровові жили можна округляти за допомогою універсальних плоскогубців (рисунок 10.36).

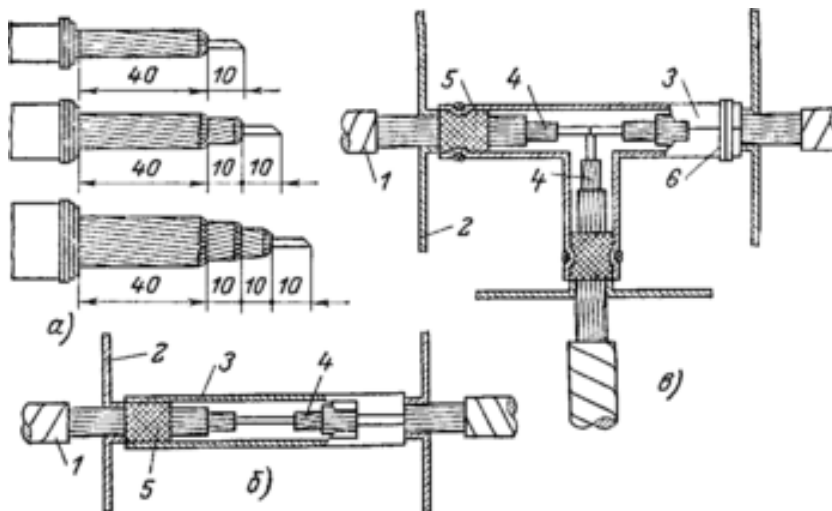


Рисунок 10.36 - З'єднання і відгалуження алюмінієвих жил паянням а - ступінчаста оброблення жил, б - з'єднання жил, в - відгалуження жил, 1 - ізоляція 2 - захисний екран, 3 - форма, 4 - ступінчаста оброблення жил, 5 - азбест, 6 - дріт для скріплення форми

Очищений від ізоляції кінець жили обробляють ступенями, як показано на рисунок 10.36, а; на край ізоляції навивають кілька витків шнурового азбесту; підігрівають жили полум'ям пропан-бутанового пальника або бензиновою паяльною лампою; після початку плавлення паличкою припою А, введеної в полум'я, наносять його на всю ступінчасту поверхню повів дротів і на їх торці, при цьому для повного лудіння дротів поверхню жили ретельно натирають сталевим пензликом. На цьому процес лудіння жили закінчується. Після цього підмотують на жилу у передбачуваного краю форми азбестовий шнур; укладають кінці жил в роз'ємну

форму; зміцнюють форму на жилах спеціальними замками або дротяними бандажами і надягають на жили захисні екрани (рис. 10.36, б і в), а при більшому перерізі жил встановлюють охолоджувачі. Нагрівають форму полум'ям, починаючи з дна середньої частини і далі по всій поверхні, до початку плавлення припою, прутки якого вводять в полум'я і сплавляють в отвір літнику до заповнення припоєм форми до верху.

Розплавлений припій перемішують гачком зі сталевого дроту і видаляють з поверхні ванни розплавленого металу шлаки, легким постукуванням по формі виробляють ущільнення припою. Після охолодження з'єднання або відгалуження знімають екрани і форму і обпилюють місце пайки, потім покривають його вологостійким лаком і ізолюють.

Окінцевання алюмінієвих жил паянням виконують наконечниками по ГОСТ 7387- 82. При цьому розмір наконечника беруть по перетину на один щабель вище (для жили 50 мм² беруть наконечник 70 мм²) для кращого проникнення припою в зазор між жилою і наконечником. Жилу для окінцевання підготовляють, як зазначено на рисунку 10.36, а.

Внутрішню поверхню гільзи наконечника зачищають сталеву щіткою і лудять; потім надягають наконечник на жилу так, щоб центральний дріт (перший ступінь жили) виступала з шийки наконечника на 6 мм; для ущільнення на жилу у горловини наконечника намотують азбестовий шнур і закріплюють на жилі екран. Полум'я пальника направляють на верхню торцеву частину гільзи наконечника і виступаючу з нього першу сходинку повіу жили і нагрівають їх до початку плавлення припою.

Паличку припою сплавляють в наконечник до заповнення всього простору між жилою і гільзою наконечника. Після охолодження і зняття екрану і азбестової підмотки місце пайки покривають вологостійким лаком і ізолюють жили до 3/4 висоти гільзи наконечника.

10.3.3.5 Багатодротові і однодротові алюмінієві жили 16-240 мм²

З'єднання і відгалуження способом поливу розплавленого припою виконують: багатодротових жил - перетином 16-240 мм², а однодротових жил - перетином 70 -120 мм² (рисунок 10.37). При перетинах 16-50 мм² пайку виконують у мідних гільзах.

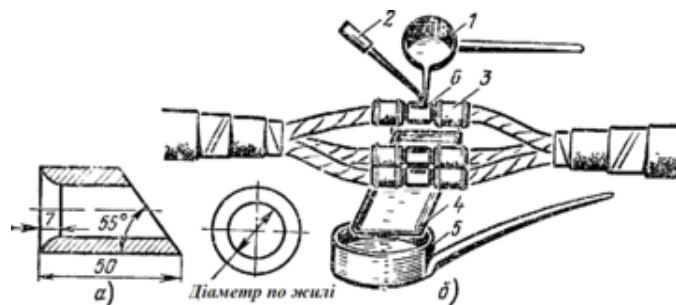


Рисунок 10.37 - З'єднання жили поливом розплавленого припою:

а - шаблон для відрізання кінців жил на кабелі; б - процес з'єднання жил; 1 - паяльна ложка; 2 гачок; 3 - підмотка азбестом; 4 - лоток, 5 - тигель з припоєм; 6 – форма

Припої марки ЦО-12 або ЦА-15 (див. таблицю 10.1) розігрівають в тиглі місткістю 7-8 кг до температури 600-700°C, яку визначають по початку плавлення занурюваної в припій алюмінієвого дроту.

Така відносно велика кількість припою в тиглі необхідна для забезпечення надійного і досить повного розплавлення дротів жил.

Цей спосіб застосовують для з'єднання багатодровових і однодротових жил силових кабелів 1-35 кВ. Після зняття ізоляції і очищення дротів від просочувального складу жилі надають круглу форму з допомогою преса і набору інструменту ИСК.

Округлення багатодровових жил може бути виконано універсальними плоскогубцями.

Перед пайкою виконують ступінчасту оброблення кінців жил або кінці жил обрізають ножівкою в сталевих шаблонах під кутом 55 ° до горизонталі (рисунк 10.39, а).

Кінці жил із ступінчастою обробленням укладають в роз'ємну форму, а зрізані під кутом 55 ° (спосіб Мосенерго) - в форму з зазорами між торцями близько 2 мм. Половинки форм зчіплюють дротяними бандажами і зазори між формою і жилою ущільнюють азбестовим шнуром.

Щоб забезпечити заповнення всієї форми припоєм, її встановлюють строго в горизонтальне положення.

На жилі зміцнюють лоток з покрівельного заліза для стікання в тигель припою, що переливається через край отвору літнику форми.

Тигель встановлюють під кінцем лотка, щоб він розташовувався не під жилами, а з виносом в сторону (рисунк 10.37,б).

Після цього беруть паяльну ложку і, черпаючи нею розплавлений припій з тигля, ллють його в отвір літнику форми до тих пір, поки не відбудеться розплавлення торців жил. Момент розплавлення визначають гачком (щупом) із сталевий проволони.

При пайці кінців жил, скошених під кутом 55 °, в процесі поливу припоєм виробляють зчищення плівки окису з поверхні жил скребком. Процес пайки в одній формі не повинен перевищувати 1 -1,5 хв.

При охолодженні припій дає усадку, тому щоб уникнути утворення раковин виробляють долівку припоєм в отвір літнику форми у міру усадки.

Обробку місця з'єднання роблять так само, як при пайку безпосереднім сплавом припоєм в форму.

Перед початком пайки наступної жили тигель з припоєм знову підігрівають до 600-700 ° С.

10.3.3.6 Однодротові і багатодровові мідні жили 4-240 мм².

З'єднання і відгалуження жил виконують в гільзах пайкою способом поливу: сполуки - в гільзах ГМ, відгалуження - в гільзах ГПО.

Припій ПОССу 40-05 розігрівають в графітовому або в сталевому тиглі приблизно до 290 ° С.

При підготовці до з'єднання ізоляцію з кінця жили знімають на відстані, рівної половині довжини гільзи плюс 10 мм.

При відгалуженні на відгалуженому дроті знімають ізоляцію на довжині, що дорівнює довжині цих відгалужень горловини гільзи плюс 10 мм.

Зачищають до металевого блиску кінці жил і внутрішню поверхню гільзи; покривають флюсом кінці жил і вставляють їх у гільзу, щоб стик їх кінців знаходився в середині гільзи; на жили між кінцем гільзи і краєм ізоляції з обох сторін гільзи підмотують для ущільнення азбестовий шнур; розташовують гільзу з проводами в горизонтальному положенні заливальним отвором вгору.

Полив припою виробляють, як і при з'єднанні алюмінієвих жил способом поливу; щоб уникнути перегріву ізоляції жил тривалість поливу не повинна перевищувати 1,5 хв.

За цей час необхідно забезпечити повне лудження гільзи. Відразу після закінчення пайки, поки не охолонув припій, протирають гільзу тканиною, змащеним паяльною маззю.

Окінцевання мідних багатодрових жил 1,5-240 мм² виконують із застосуванням штампованих наконечників.

З кінця жили знімають ізоляцію на довжині, що дорівнює довжині гільзи наконечника плюс 10 мм; секторну жилу округляють плоскогубцями; тканиною, змоченою бензином, видаляють з кінця жили просочувальний склад, покривають його флюсом або паяльним жиром і лудять; на жилу надягають наконечник, у нижнього торця якого накладають бандаж з двох-трьох шарів азбесту.

Прогрівають наконечник полум'ям пропан-кисневого пальника, паяльної лампи або паяльником і заливають попередньо розплавленим припоєм ПОССу 40-0,5, спостерігаючи за тим, щоб припій проник між дротами жили.

Відразу після цього тканиною, змащеною паяльною маззю, зганяють і розгладжують патьоки припою на поверхні наконечника. Азбестовий бандаж знімають і на його місце накладають ізоляцію.

10.3.4 Сполучення кабелів муфтами

На сучасному електротехнічному ринку представлений досить великий вибір кабельних муфт. Всі кабельні муфти в залежності від призначення (типу кріплення) можна розділити на з'єднувальні, кінцеві і відгалужувальні. Застосування сполучних кабельних муфт очевидно - для з'єднання кабелів, а за допомогою кінцевих кабельних муфт здійснюється підведення кабелю до різноманітних електричних приладів і апаратів. Кабельні муфти використовуються для створення різноманітних електричних силових мереж, а також для підключення до цих мереж певного обладнання. Такий кабельний кріплення являє комплект матеріалів і деталей, які використовуються для з'єднання, розгалуження або окінцевання електричних провідників. Більш того, за допомогою кабельних муфт забезпечується не тільки якісна стикування силових кабелів, а й надійна герметизація, і додаткова ізоляція стикувального роз'єму.

На комплектність кожної муфти впливають електричні параметри, а саме, частота, ізоляційне покриття, напруга і конструкція силового кабелю.

Варто відзначити, що класифікація кабельних муфт досить складна. Однак, вибираючи муфти, звертати увагу слід на наступні параметри:

- Конструкцію - матеріал і конструктивні характеристики;
- Призначення, на яке впливає вид з'єднання;
- Умови використання - внутрішнє або зовнішнє прокладання;
- Значення номінальної напруги;
- Габарити - малогабаритна або нормальна;

- Форму - V-, T- і X - подібна;
- Діаметр перетину і кількість жил.

По конструкції сучасні кабельні муфти можуть проводитися з різних матеріалів. Вони можуть бути свинцевими, епоксидними, чавунними, з тепловою усадкою, пластмасовими, заливними, натяжними і муфтами холодної усадки. Також муфти можуть відрізнятися за методом монтажу: зовнішні і внутрішні.

Окінцевання кабелів з метою їх підключення до обладнання виконується за допомогою кінцевих муфт; з'єднання окремих шматків кабелів - за допомогою сполучних кабельних муфт. Кінцеві муфти встановлюються на початку і кінці кабелів. Кількість з'єднувальних муфт на 1 км кабельної лінії визначається будівельною довжиною кабелю.

Муфти виготовляються з різного матеріалу. Основною вимогою, що пред'являються до кабельної муфти, є надійність її роботи. Тому муфта повинна бути герметичною, вологостійкою, володіти механічною і електричною міцністю, стійкістю до впливу навколишнього середовища. Найбільшою мірою цим вимогам задовольняють муфти гарячої (термоусадки) і холодної усадки, що застосовуються для кабелів з будь-ізоляцією.

Перед монтажем муфти кінець кабелю обробляється. Операція оброблення кабелю полягає в послідовному видаленні з деяким зрушенням всіх верств кабелю від зовнішньої захисної оболонки до фазної ізоляції струмоведучих жили (рисунки 10.38 і 10.39). Розміри оброблення залежать від напруги, марки, перетину жил кабелю і наводяться в довідниках і монтажних інструкціях.

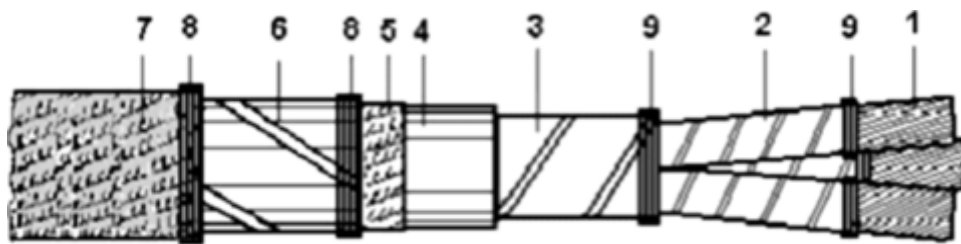


Рисунок 10.38 – Загальний вигляд обробленого трьохжильного кабелю з паперовою ізоляцією:

1 - струмопровідні жили; 2 - фазна ізоляція; 3 - загальна (поясна) ізоляція; 4 - герметична оболонка; 5 - подушка під бронею; 6 - броня зі сталевих стрічок; 7 - зовнішній захисний покрив; 8 - дротяний бандаж; 9 - бандаж з ниток.

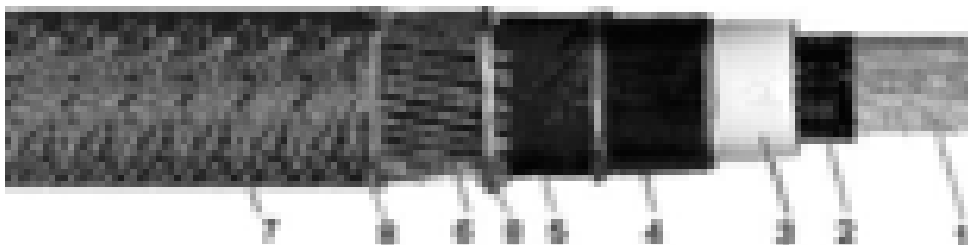


Рисунок 10.39 – Загальний вигляд обробленої одножильного СПЭ кабелю:

1- струмопровідна жила; 2 - екран з підлозі проводить пластмаси; 3 - СПЭ ізоляція; 4 - екран з напівпровідної пластмаси; 5 – шар набухання від води; 6 - екран з мідних дротів; 7 - зовнішня захисна пластмасова оболонка; 8 - дровотий бандаж

10.3.4.1 Термоусадочні муфти

Ці муфти використовуються при будь-якому способі прокладки кабелів, надійні в експлуатації (термін служби не менше 30 років), характеризуються простотою монтажу (приблизно 1 годину для окінцевання і приблизно 2 години для з'єднання кабелів напругою 6-10 кВ).

Напруга на кабельну лінію може подаватися відразу ж після монтажу муфти.

Широкий діапазон термоусадки дозволяє використовувати один типорозмір муфти для різних типів кабелів і перетинів жил, що значно скорочує складський запас муфт.

Наприклад, всього два типорозміри покривають весь діапазон перетинів кабелів, які використовуються в розподільних мережах напругою 6-10 кВ (один типорозмір використовується для перетинів 70-120 мм, другий - для перетинів 150-240 мм).

Арматура муфт термоусадки практично не піддається старінню і може складуватися необмежено довго.

Принцип термоусадки заснований на технології виготовлення поперечно зшитих полімерів з пластичною пам'яттю форми.

У комплект муфти термоусадки входять елементи (трубки, манжети, рукавички, шланги та інші), що поставляються в розтягнутому стані, що дозволяє легко їх надіти на елементи обробленого кабелю.

При нагріванні пропан-бутановим пальником або будівельним феном відбувається усадка цих деталей і щільний обхват елементів кабелю, чим створюється, герметична і механічно міцна конструкція.

Температура усадки становить 120-150 ° С і не є небезпечною для ізоляції кабелю.

Надійну герметизацію забезпечують спеціальні клейові і мастичні герметики, нанесені на внутрішні поверхні елементів муфти. Одночасно з нагріванням елементів термоусадки відбувається розплав і розтікання матеріалів герметиків із заповненням всіх пустот.

Герметизуючі матеріали за рахунок спеціальних добавок (ZnO) мають напівпровідні властивості і, отже, вирівнюють електричне поле.

За рахунок цього повністю виключається причина розрядів в областях підвищеної напруженості електричного поля (в контактних з'єднаннях жил, на зрізі екрану).

Основні операції монтажу кінцевої муфти з термоусадкою одножильного кабелю наведені на рис. 10.40.

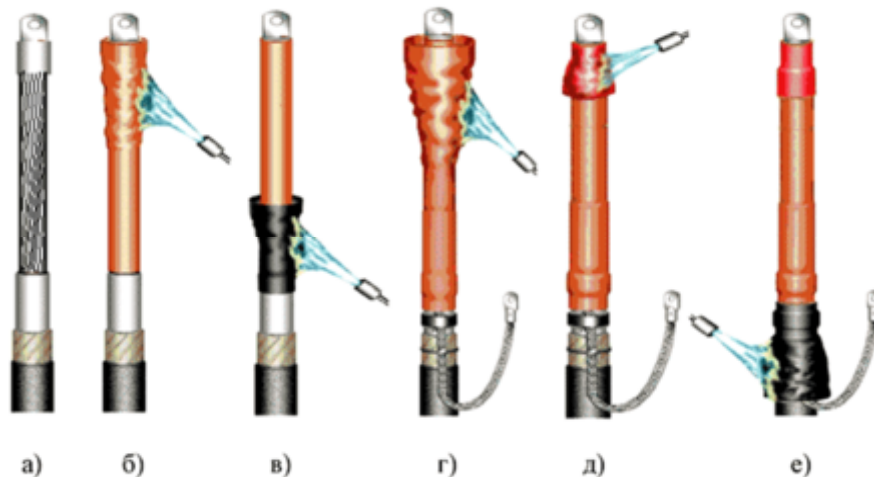


Рисунок 10.40 – Монтаж кінцевий муфти з термоусадкою:

а - оброблений кабель з наконечником; б - саджання трубки регулятора, що вирівнює електричне поле; в - саджання жильної манжети; г - установка провідника заземлення та саджання шлангу; д - саджання кінцевий манжети; е - саджання поясної манжети.

Монтаж кінцевої муфти з термоусадкою трьохжильного кабелю принципово не відрізняється від монтажу муфти однофазного кабелю. У муфтах трьохжильних кабелів використовуються термоусадочні рукавички, що надягають на три фазні жили обробленої кабелю.

Термоусадочна кінцева муфта трьохжильного кабелю приведена на рисунку 10.41, а. Термоусадочна муфта для з'єднання трьохжильних кабелів - на рисунку 10.42.

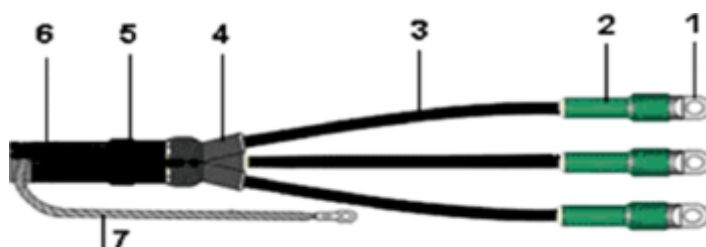


Рисунок 10.41 – Кінцева термоусадочна муфта:

1 - наконечник; 2 манжета кінцева; 3 - трубка жильних і манжета пальцева; 4 - рукавичка; 5 - стрічка регулятор для вирівнювання електричного поля; 6 - манжета поясна; 7 - провідник заземлення

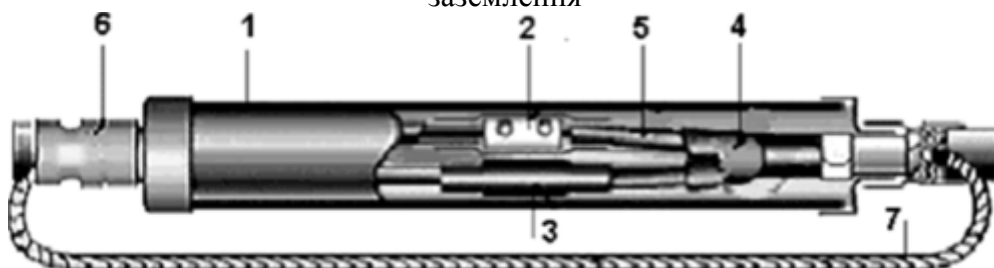


Рис. 10.42. Термоусадочна сполучна муфта:

1 - захисний корпус; 2 - болтове контактне з'єднання жил; 3 - манжета, що ізолює контактне з'єднання; 4 - рукавичка; 5 - фазна трубка; 6 - манжета для герметизації корпусу муфти; 7 - провідник, що забезпечує безперервність кола заземлення.

Основні операції монтажу термоусадочної муфти для з'єднання трьохжильних кабелів наведені на рисунку 10.43.

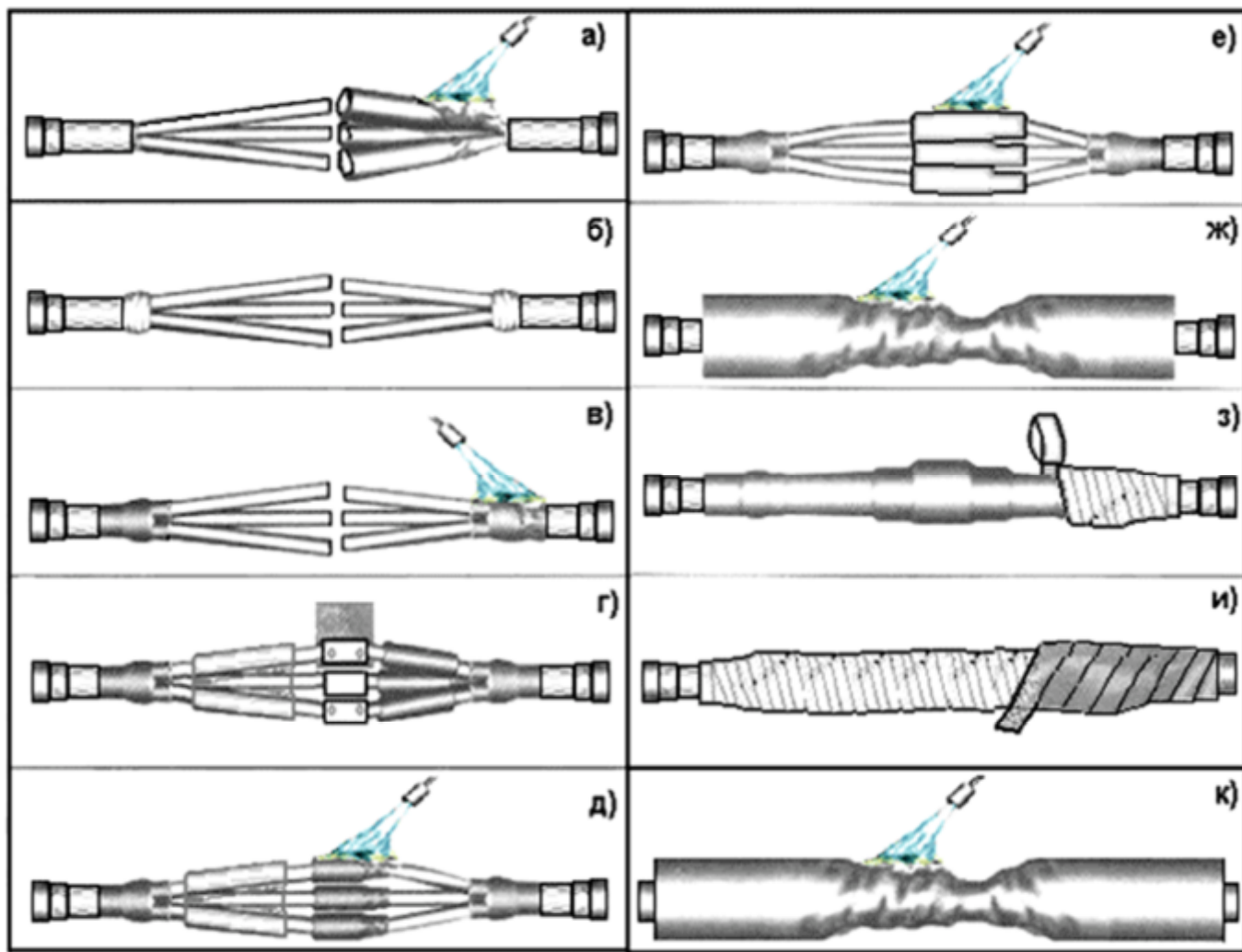


Рисунок 10.43 – Монтаж термоусадочної сполучної муфти:

а - усадка жильних трубок; б - намотування стрічки-регулятора; в - усадка рукавичок; г - з'єднання жил болтовими з'єднувачами з обертанням їх пластинами і регуляторами; д - усадка підкладних манжет; е - усадка ізолюючих манжет; ж - усадка шлангу; з - закріплення провідника заземлення і обмотка екранної стрічкою; и - намотування стрічки-герметика; к - усадка захисного кожуха

Провідник заземлення кінцевих муфт і провідник, що забезпечує безперервність кола заземлення, в сполучних муфтах монтується за допомогою системи непаяного заземлення, що поставляється в комплекті муфти.

Контактне з'єднання заземлюючого провідника з металевою оболонкою (екраном) кабелю закривається стрічкою герметика, що забезпечує захист цього з'єднання від корозії.

Провідники заземлення муфт виконуються гнучким мідним дротом.

Перетини цих провідників повинні бути не менше: 16 мм - при перетині жил кабелю до 120 мм; 25 мм - при перетині жил кабелю до 240 мм.

При монтажі термоусадочних муфт вдається піти від таких екологічно шкідливих операцій, як пайка при монтажі свинцевих муфт, бітумне наповнення муфт. При термоусадці відсутні екологічно небезпечні газові виділення.

10.3.4.2. Муфти холодної усадки

Ці муфти володіють всіма достоїнствами термоусадочних муфт. Крім того, монтаж муфти холодної усадки не вимагає операції нагріву, що дозволяє скоротити час монтажу такої муфти приблизно в два рази в порівнянні з часом монтажу термоусадочної муфти.

Муфта холодної усадки складається з EPDM-гуми, попередньо натягнутою на спіраль, що видаляється при монтажі.

При видаленні спіралеподібного корду за спеціально залишені по обидва боки муфти вільні кінці корду муфта легко всідається, забезпечуючи повну герметизацію кабелю.

Товсті стінки муфти створюють додатковий захист від механічних впливів. Крім того, EPDM-гума стійка до впливу вологи, кислот, лугів і ультрафіолетового випромінювання.

Сполучна муфта холодної усадки для одножильного кабелю показана на рисунку 10.44.

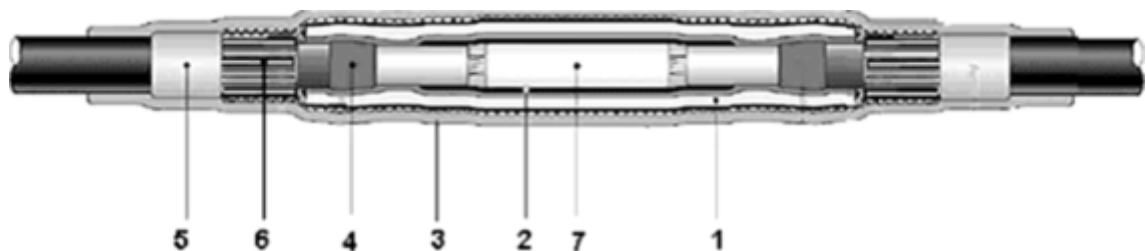


Рисунок 10.44 – Сполучна муфта холодної усадки:

- 1 - екстрадований двошаровий силіконовий корпус; 2 - напівпровідна пластина;
3 – загальний захисний кожух з ЕПДМ - гуми; 4 - мастика для вирівнювання електричного поля; 5 – мастика з герметику; 6 - мідна сітка і з'єднувач екрану; 7 – з'єднувальна гільза

Основні операції монтажу такої сполучної муфти показані на рисунку 10.45.

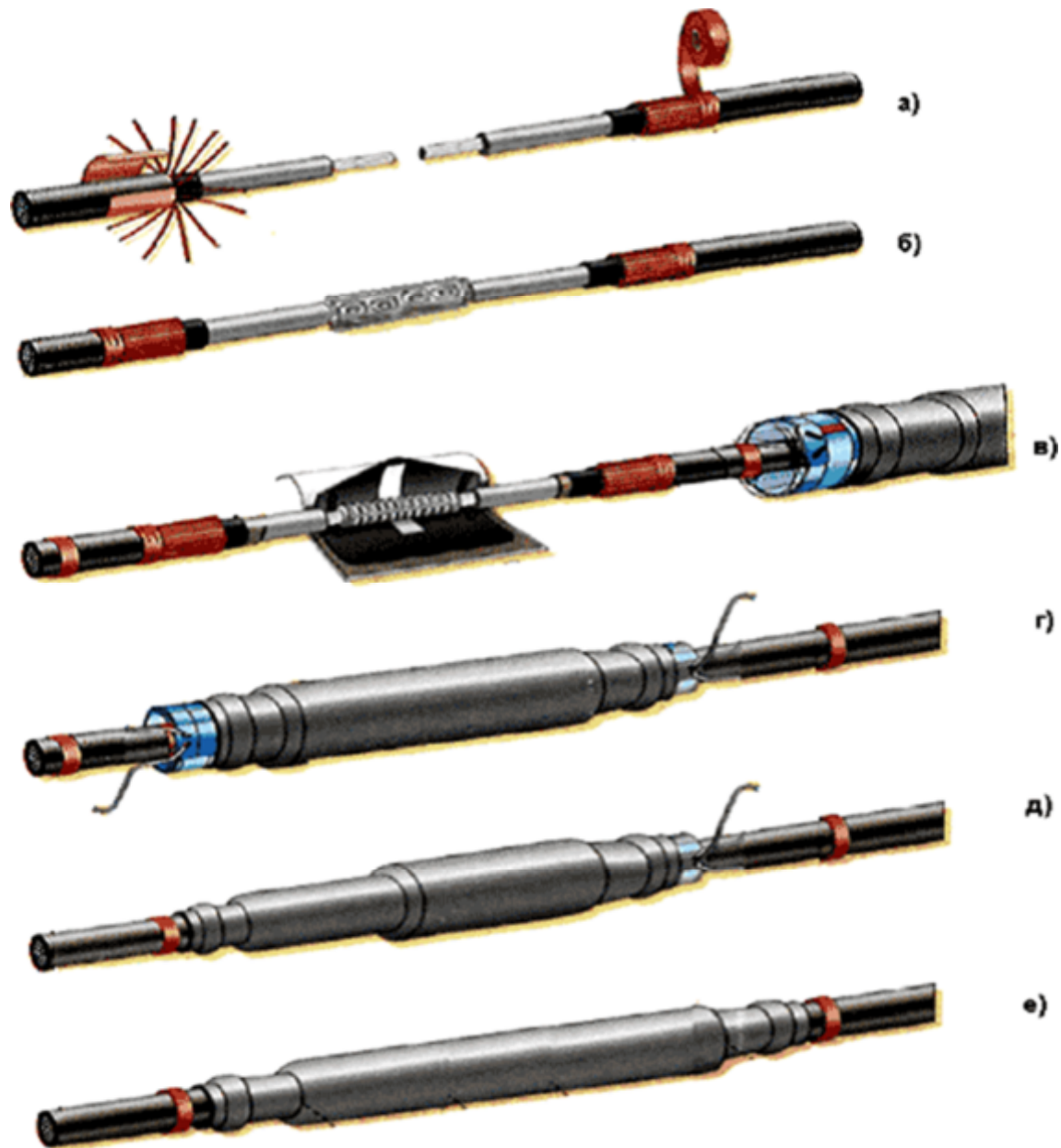


Рисунок 10.45 – Монтаж сполучної муфти холодної усадки:

- а - підготовка екранів з'єднуються кабелів; б - з'єднання жил обпресуванням;
- в - накладення на місце контактної з'єднання жил пластини з напівпровідним шаром для вирівнювання електричного поля; г - закриття муфтою місця з'єднання жил кабелів;
- д - витягування спіралеподібного корду з того чи іншого боку муфти; е - муфта, готова для подачі напруги на кабель.

Термоусадочні муфти і муфти холодної усадки зберігають гнучкість кабелю, не руйнуються при циклічних температурних навантаженнях і зсувах ґрунту при зміні пір року. Поздовжнє зусилля на розрив муфти становить 60% від зусилля на розрив кабелю.

Стопорні властивості таких муфт дозволяють збільшити допустиму різницю рівнів кабельної траси для кабелів з паперовою просоченою ізоляцією.

10.3.4.3 Характерні помилки монтажу кінцевих муфт

Недотримання безпечних відстаней.

В кінцевих муфтах високовольних кабелів необхідно витримувати допустимі відстані між фазами і землею, інакше можливий пробій ізоляції прямо всередині

щитового пристрою. Якщо ж габарити щита не дозволяють це витримати, то застосовують спеціальні діелектричні адаптери (рисунок 10.46).

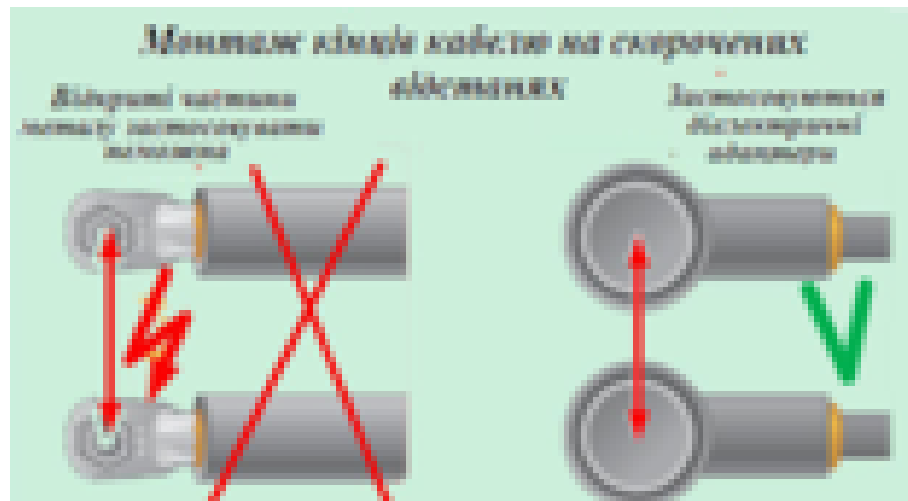


Рисунок 10. 46 – Монтаж кабельних решт на скорочених відстанях.

Перехресна орієнтація фаз.

Накладати один на одного і перехльостувати дроти в муфтах при напружених 6 ÷ 35 кВ неможна через виникнення напруженості електричного поля. Якщо не використовується компенсаційна трубка вирівнювання напруженості, то перехрещувати фази заборонено (рисунок 10.47).

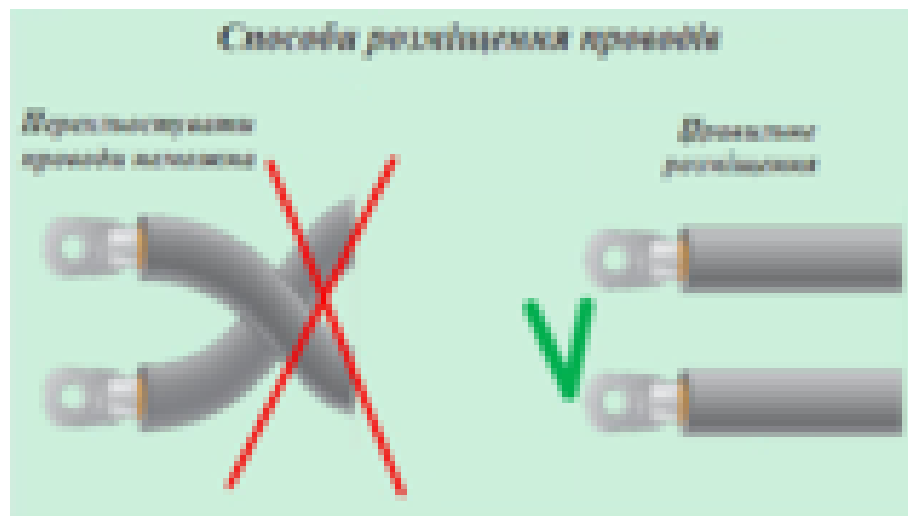


Рисунок 10.47 – Способи розташування проводів

Наконечники з контрольним вікном.

Поза приміщень в розподільних щитах заборонено використовувати наконечники, виконані з отвором контролю стану жили. Через це місце буде відбуватися контакт з вологою повітря, яка порушує герметизацію з'єднання, активізує окислювальні процеси металу і погіршить його електричні характеристики (рисунок 10.48).



Рисунок 10.48 – Конструкції наконечників.

Монтаж ізоляторів на жили муфт зовнішньої установки.

Кінцева муфта може бути встановлена у вертикальному положенні різними способами, але її захисна воронка завжди повинна відводити вологу від муфти, а не збирати і спрямовувати до усередину. Також не можна допускати щоб ці ізолятори стикалися один з одним (рисунок 10.49).

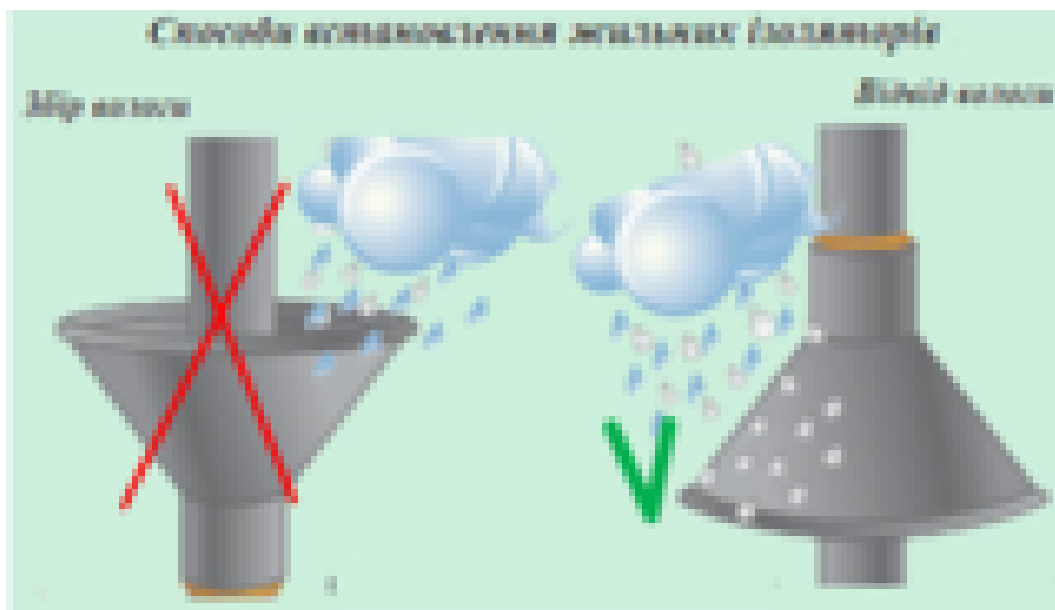


Рисунок 10.49 – Способи установки жильних ізоляторів.

Повітряні порожнечі в муфтах. Наявність порожнин повітря всередині муфт сприяє розвитку процесів іонізації газового середовища, яка веде до пошкодження матеріалу муфти. З цієї причини все порожнечі повинні заповнюватися спеціальним герметиком (рисунок 10.50).

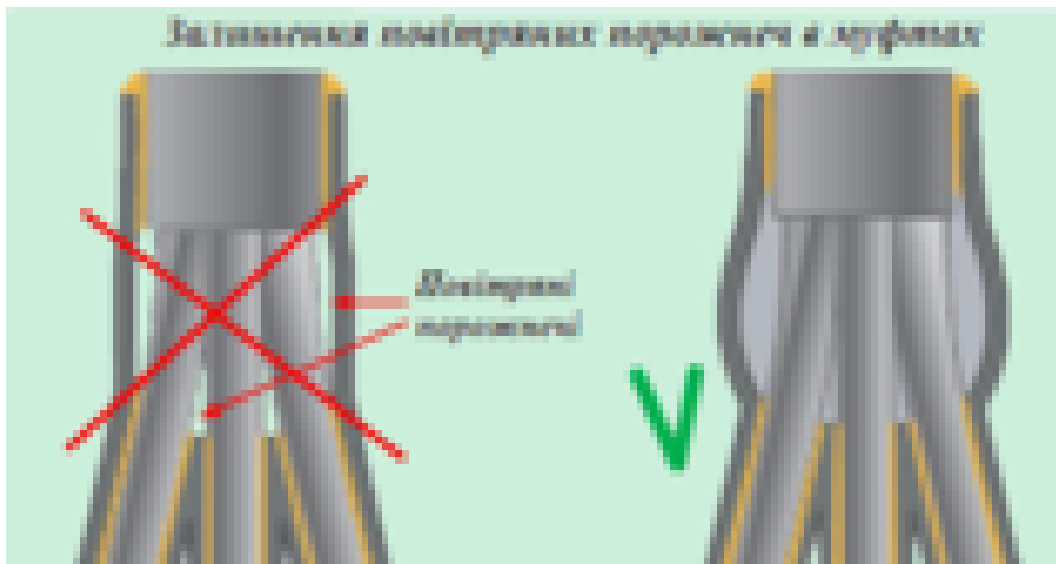


Рисунок 10.50 – Залишення повітряних порожнин в муфтах.

10.3.4.4 Характерні помилки монтажу сполучних муфт.

Забруднення поверхонь. Монтаж муфт на кабелі проводиться на відкритому повітрі, де складно організувати чистоту робочого місця.

Але, при складанні всіх елементів муфти необхідно користуватися поліетиленовими плівками і пакетами, стежити за відсутністю забруднень і своєчасно відчищати все поверхні (рисунок 10.51).

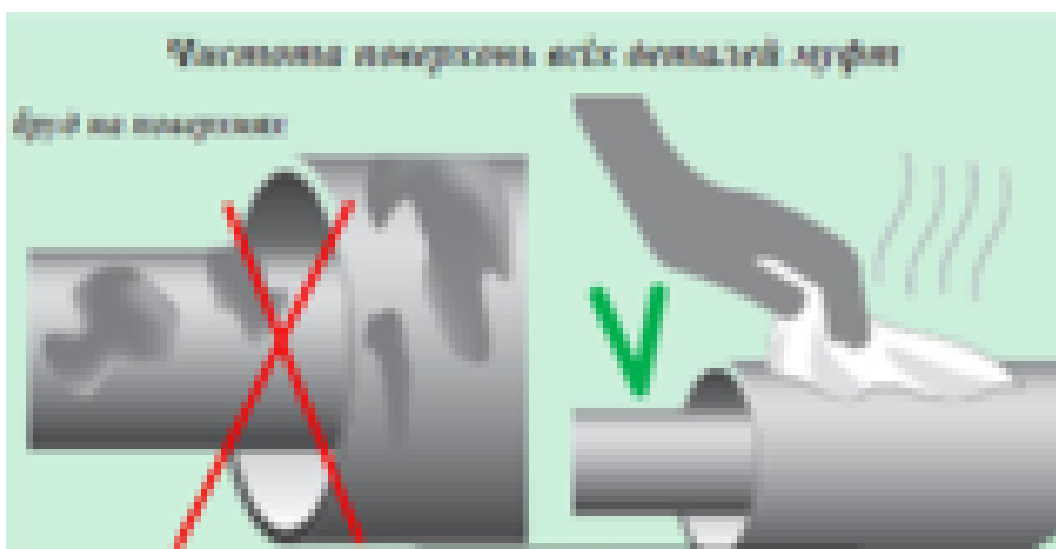


Рисунок 10.51 – Чистота поверхонь всіх деталей муфт.

Порушення технології монтажу з'єднувачів. Розміри гільз і жил повинні відповідати рекомендаціям виробників.

Інакше можуть утворюватися задираки, вушка, задирки. Їх поява треба помічати і відразу згладжувати дрібними напилками з наступним шліфуванням оброблюваних поверхонь.

Також шліфуються виступаючі кромки болтів. Всі металеві тирси необхідно своєчасно видаляти з поверхонь ізоляції (рисунок 10.52).

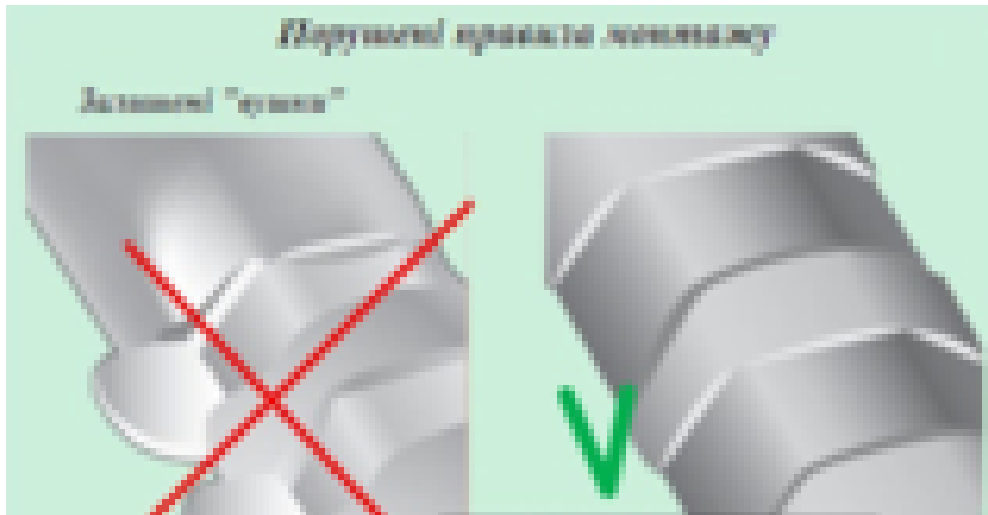


Рисунок 10.52 – Порушення правил монтажу.

Нерівномірність товщини ізоляції манжети.

Це скручування паперу можуть призвести до усадки манжет з товстими стінками, виконуваної методом термоусадки. Для його виключення місце прогріву повинне бути рівномірне розподілене по всьому периметру, що з'єднуються. В обмеженому просторі це буває складно виконати. Використання зігнутого металевого рефлектора з жерсті дозволяє рівномірно передати тепло всій поверхні, що забезпечує однаковий розплав клейового підшару герметика трубки і точний розподіл його по колу (рисунок 10.53).

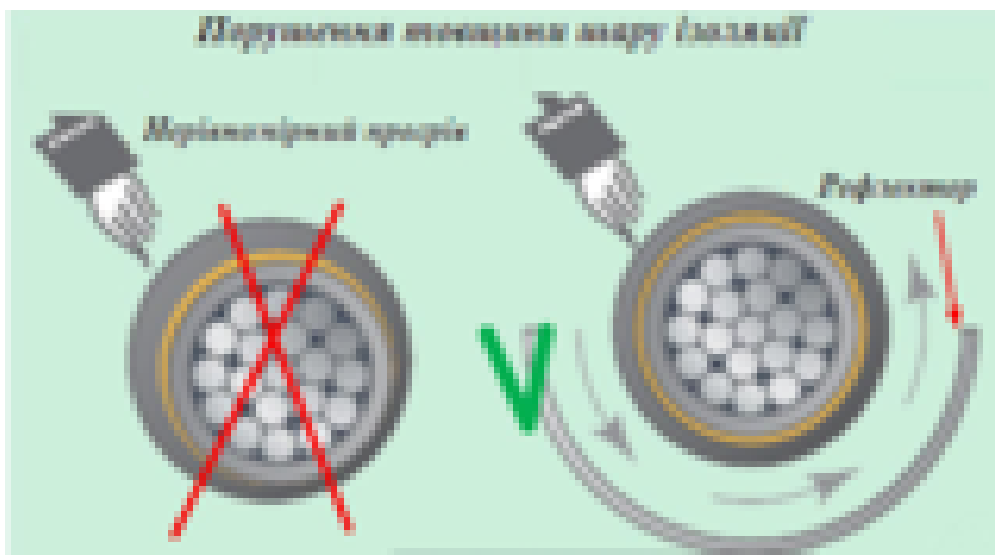


Рисунок 10.53 – Порушення товщини шару ізоляції.

Порушення герметичності муфти

У муфт, що накладаються на високовольтні кабелі, використовуються 3 пояси герметичності: 1. між фазами; 2. всередині корпусу з тепловою усадкою; 3. зовні всій конструкції. Для усадки зовнішніх поверхонь застосовують додаткові підмотки герметиком для закладення стиків. Після термообробки клей повинен виступити за краю зазору і перекрити доступ всередину стиків шкідливих речовин. Якщо герметик не виступає, то вимоги технології не виконані. Також перед остаточним

укладанням зібраної муфти слід уважно провести її огляд для виявлення можливих порізів і мікротріщин на кожусі. Якщо вони виявлені, то необхідно на корпус додатково встановити ремонтну манжету з підшаром клею (рисунок 10.54).



Рисунок 10.54 – Порухи герметичності шару ізоляції муфти.

Повітряні порожнечі в муфтах.

Всі простори між деталями муфт повинні бути повністю заповнені герметиками. Якщо ж всередині утворені повітряні порожнини, то в них буде відбуватися іонізація (рисунок 10.55).

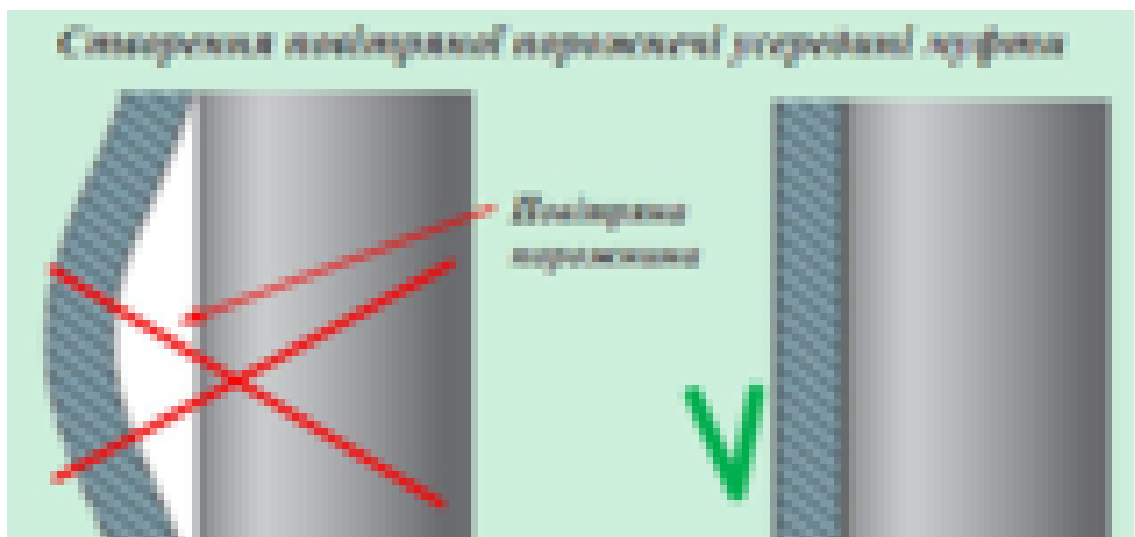


Рисунок 10.55 – Утворення повітряної порожнечі всередині муфти.

Таким чином, з'єднувальні муфти для силових кабелів повинні монтуватися за суворими правилами з дотриманням технологічних операцій, які досконально вивчаються і освоюються на практиці фахівцями електромонтажних організацій, що займаються тільки з'єднанням кінців кабелів і ліній з них.

10.4 ТЕХОБСЛУГОВУВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ КОНТАКТІВ, СТРУМОВЕДУЧИХ ЧАСТИН РОЗПОДІЛЬНИХ УСТРОЇВ

10.4.1 Електричні контакти

Електричним контактом називають зіткнення двох тіл, що забезпечують безперервність електричного кола. Електричний контакт, призначений тільки для проведення електричного струму, називають контактним з'єднанням, а призначений, крім того, і для комутації - контактом електричного кола або контактом.

Деталі, що стикаються один з одним при утворенні електричного контакту, називають **контакт-деталіми**. Частина поверхні контакт-деталі, призначеної для здійснення електричного контакту, називають робочою частиною, а не призначеної для електричного контакту - неробочою або кріпильною. Оскільки неможливо отримати абсолютно гладку поверхню ні за яких методів обробки, робочі поверхні контакт-деталі стикаються тільки в окремих точках, через які проходить електричний струм.

Завдяки натисканню однієї контакт-деталі на іншу вершини дотичних виступів мнуться і утворюються майданчики, при цьому поперечний переріз майданчиків у багато разів менше поперечного перерізу провідника, що різко збільшує опір контакту електричного струму. Опір в зоні переходу струму з однієї контакт-деталі в іншу називають перехідним. За своєю природою це звичайний опір металевого провідника. Зростання перехідного опору контакту електричного кола призводить до збільшення втрат і, отже, підвищення температури контакт-деталей.

Перехідний опір залежить від сили, що стискає контакт-деталі, матеріалу і форми її робочої поверхні, способу обробки і надбання робочих поверхонь, числа точок дотику. При збільшенні сили, що стискає контакт-деталі перехідний опір зменшується тільки до певного значення. Подальше збільшення сили натискання не приводить до помітного зменшення його. При постійному натисканні перехідний опір одного і того ж контакту при кожному замиканні може бути різним. Це опір дуже чутливий до окислення поверхні, оскільки оксиди більшості металів є поганими провідниками.

Від матеріалу контакту в сильному ступені залежать його термін служби і надійність роботи.

Вимоги, що пред'являються до матеріалів контактних з'єднань:

1. Висока електропровідність і теплопровідність.
2. Стійкість проти корозії.
3. Стійкість проти утворення плівок з високим опором.
4. Мала твердість матеріалу, для зменшення сили натискання.
5. Висока твердість для зменшення механічного зносу при частих включеннях і відключеннях.
6. Мала ерозія.
7. Висока дугостійкість (температура плавлення).
8. Високе значення струму і напруги, необхідні для створення дуги.
9. Простота обробки і низька вартість.

Перераховані вимоги суперечливі, і майже неможливо знайти матеріал, який задовольняв би всім цим вимогам.

Для контактних з'єднань застосовуються такі матеріали:

Матеріали, використовувані для виготовлення електричних контактів .

Мідь. Вона задовольняє майже всім перерахованим вище вимогам, за винятком корозійної стійкості. Оксиди міді мають низьку провідність. Мідь - найпоширеніший контактний матеріал, використовується як для розбірних, так і для комутуючих контактів. У розбірних з'єднаннях застосовують антикорозійні покриття робочих поверхонь.

У комутуючих контактах мідь застосовується при натисканні понад 3 Н для всіх режимів роботи, крім тривалого. Для тривалого режиму мідь не рекомендується, але якщо вона застосована, то слід вжити заходів для боротьби з окисленням робочих поверхонь. Мідь може використовуватися і для дугогасильних контактів. При малих контактних натисканнях ($P < 3 \text{ Н}$) застосування мідних контактів не рекомендується.

Срібло. Дуже хороший контактний матеріал, що задовольняє всім вимогам, за винятком дугостійкості при значних токах. При малих токах має гарну зносостійкість. Оксиди срібла мають майже таку ж провідність, як і чисте срібло. Срібло використовується для головних контактів в апаратах на великі струми, для всіх контактів тривалого режиму роботи. У контактах на малі струми при малих натисканні (контакти реле, контакти допоміжних ланцюгів).

Срібло зазвичай застосовується у вигляді накладок - вся деталь виконується з міді або іншого матеріалу, на який приварюється (припаюється) срібна накладка, яка утворює робочу поверхню.

Алюміній. У порівнянні з міддю володіє значно меншими провідністю і механічною міцністю. Утворює тверду оксидну плівку, яка погано проводить, що істотно обмежує його застосування. Може використовуватися в розбірних контактних з'єднаннях (шинопроводи, монтажні дроти). Для цього контактні робочі поверхні срібляться, мідні або армуються міддю.

Слід, однак, мати на увазі невисоку механічну міцність алюмінію, внаслідок чого з'єднання можуть з часом ослабнути і контакт порушиться (не слід завищувати контактне натискання). Для комутуючих контактів алюміній непридатний.

Платина, золото, молибден. Застосовуються для комутуючих контактів на дуже малі струми при малих натисканні. Платина і золото не утворюють оксидних плівок. Контакти з цих металів мають малий перехідний опір.

Вольфрам і сплави з вольфраму. При великій твердості і високій температурі плавлення мають високу електричної зносостійкість. Вольфрам і сплави вольфрам - молибден, вольфрам - платина, і інші застосовуються при малих токах для контактів з великою частотою розмикання. При середніх і великих токах вони використовуються в якості дугогасильних контактів на відключаються струми до 100 кА і більш.

Металокераміка - механічна суміш двох практично не сплавляються металів, що отримується методом спікання суміші їх порошків або просоченням одного розплавом іншого. При цьому один з металів має хорошу провідність, а інший має велику механічну міцність, є тугоплавким і дугостійкості. Металокераміка, таким чином, поєднує високу дугостійкість з відносно хорошою провідністю.

Найбільш поширеними композиціями металокераміки є: срібло - вольфрам, срібло - молибден, срібло - нікель, срібло оксид кадмію, срібло - графіт, срібло - графіт - нікель, мідь - вольфрам, мідь - молибден і ін. Застосовується металокераміка

для дугогасильних контактів (композиції з сріблом в основному для змінного струму) на середні і великі відключаються струми, а також для головних контактів на номінальні струми до 600 А.

Надійність в тривалій експлуатації сполучних (які не розмикаються) контактів буде забезпечена, якщо опір контакту електричного струму буде досить стабільним. Для цього з'єднувальний контакт повинен мати здатність протистояти як впливу навколишнього середовища, так і впливу механічних зусиль від температурних деформацій і від електродинамічних зусиль, що виникають при протіканні великих струмів короткого замикання.

У мідних відкритих контактів внаслідок окислення перехідний опір з плином часу може зрости в тисячу разів. При тривалому перебуванні під струмом на поверхні замкнутих контактів також виникають оксидні, що погано проводять струм, плівки. Підвищення температури прискорює процес їх утворення, підвищення контактного натискання, ускладнює їх проникнення до майданчиків контактування, збільшуючи тим самим термін служби контактів. Для мідних контактів необхідно застосовувати заходи боротьби з окисленням робочих поверхонь.

Для зменшення перехідного опору контакти іноді покривають оловом або сріблом. Ці метали менше схильні до окислення, а оксиди срібла мають електропровідність, близьку до електропровідності чистого срібла.

Залежно від форми дотику контакт-деталей в електричних апаратах розрізняють точковий, лінійний і поверхневий контакти (рисунок 10.56).

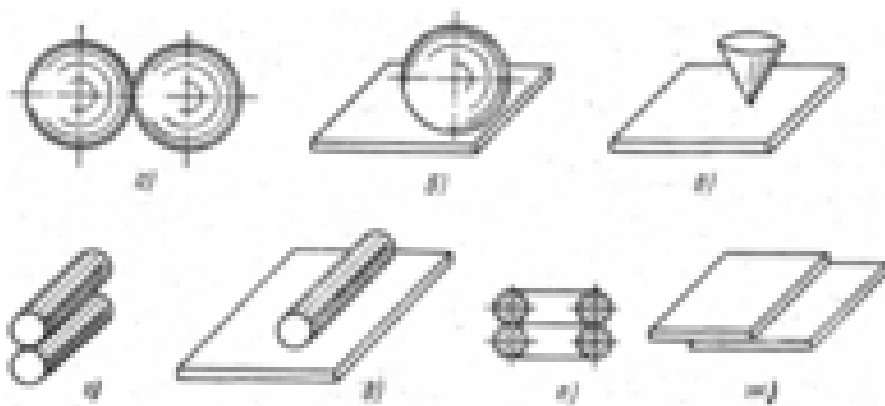


Рисунок 10.56 – Типи електричних контактів
а, б, в - точкові, г, д, е - лінійні, ж - поверхневий

У точковому контакті зіткнення робочих поверхонь контакт-деталей і проходження електричного струму відбувається в точці. Цей вид контакту утворюється при зіткненні поверхонь куля - куля, куля - площина, конус - площину. У лінійному контакті зіткнення робочих поверхонь контакт-деталей відбувається по лінії, а проходження електричного струму - через дві точки. Таке зіткнення утворюють поверхні циліндр - циліндр, циліндр - площина.

У поверхневому контакті зіткнення робочих поверхонь контакт-деталей відбувається по поверхні, а проходження електричного струму - через три точки.

Розрізняють три види контактних з'єднань:

- нерозбірне - яке не може бути роз'єднане, без руйнування;
- розбірне - яке може бути роз'єднане розбиранням без його руйнування;
- роз'ємне - може бути розімкнуте або замкнено без розбирання або збірки.

10.4.2 Конструкція контактних з'єднань

Нерозбірні контактні з'єднання отримують, поєднуючи контакт-деталі пайкою або зварюванням, а розбірні - поєднуючи плоскі або круглі провідники болтами. Основні види з'єднань плоских провідників (шин) і круглих показані на рисунку 10.57.

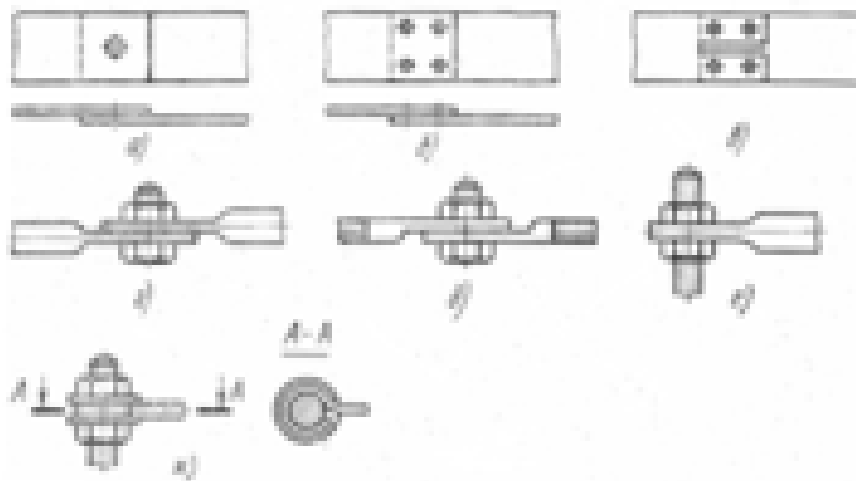


Рисунок 10.57 – Види з'єднання плоских шин (а, б, в) і круглих провідників (г, д, е, ж)

Шини можна скріплювати одним болтом (рисунок 10.57,а), але для забезпечення більшої кількості точок дотику доцільніше скріплювати декількома маленькими болтами (рисунок 10.57, б) або в одній з шин робити поздовжній розріз (рисунок 10.57, в).

Типові види з'єднань круглих провідників показані на рисунку 10.57, г-ж. Кінці круглих провідників можуть бути розчавлені у вигляді лопатки і стягнуті болтами (рисунок 10.57, г). Якщо дроти гнучкі, їх з'єднують з проводом пайкою або зварюванням за допомогою кабельних наконечників (рисунок 10.57, д). При з'єднанні круглих провідників з струмопровідною шпилькою їх кінці виконують у вигляді лопатки (рисунок 10.57, е) або згортають у вигляді кільця (рисунок 10.57, ж). В обох випадках провідник затиснутий між двома гайками. Струм в з'єднанні проходить через торцеву частину гайки і різьблення. Контакт в різьбової частини гайки і гвинта має значний перехідний опір, тому такі сполуки застосовують на невеликі струми (до 100А).

Розбірні контактні з'єднання повинні бути міцні і надійні і не слабшати при вібраціях, зміні температури і часу. З цією метою під гайки головки болтів встановлюють пружинні шайби, стопорні гвинти, контргайки і т.д.

Роз'ємні контактні з'єднання здійснюються рухливими контакт-деталлями і допускають багаторазове з'єднання і роз'єднання електричного кола. Вони є основним елементом комутаційних апаратів.

У контактах на малі струми (до декількох ампер) прагнуть мати контактування в одній точці, щоб при малих натисканнях отримати відносно

високий питомий тиск в контактній точці. При значних токах контактування має бути багатоточкове.

Контакти на середні і великі струми можуть бути

- важільними,
- мостиковими,
- врубними,
- стиковими

і виконуватися одне і багатоступінчатими (див. рисунок 10.58).

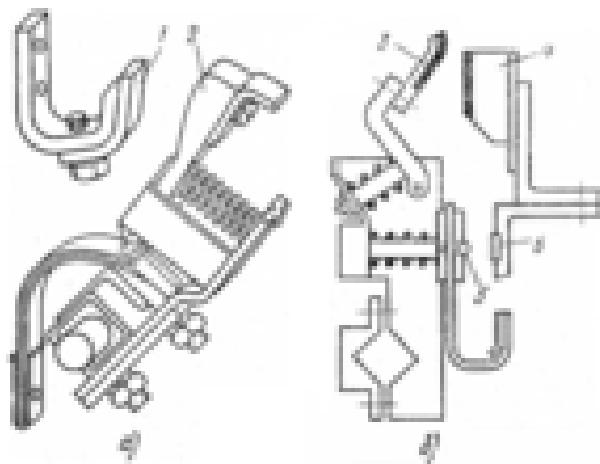


Рисунок 10.58 – Комутуючі контакти:
а - одноступінчатий, б – двоступеневий

У одноступінчастому контакті контакт-деталі 1 і 2 служать для тривалого проведення струму при включеному стані і розриву дуги при розмиканні (рисунок 10.58, а). У багатоступінчастій контактній системі застосовуються основні контакт-деталі 5 і 6 (рисунок 10.58, б) для тривалого проведення струму і дугогасильні 3 і 4 для гасіння електричної дуги при розмиканні. Основні контакт-деталі виготовляють зі срібла (матеріал з малим електричним опором), а дугогасильні - з міді (матеріал, стійкий до впливу електричної дуги). При замиканні контакт-деталей спочатку замикаються дугогасильні, а потім основні, при розмиканні навпаки - спочатку розмикаються основні, а потім дугогасильні. При розмиканні основних контакт-деталей розриву кола не відбувається, оскільки весь струм переходить в дугогасильні, а при розмиканні дугогасильних контакт-деталей дуга гаситься.

10.4.3 Важільні контакти

Важільні контакти утворюються нерухомою і рухомою контакт-деталлями, причому остання має форму важеля і здійснює кутове переміщення. Їх застосовують в апаратах з поворотною рухомою системою.

При замиканні контактної системи її поворот починається навколо осі O_2 (рисунок 10.59, а) до моменту торкання контакт-деталей в точці 1 (рисунок 10.59, б). При подальшому русі поворот відбувається навколо осі O_2 і O_1 , точка дотику контакт-деталей перекочується з точки 1 в точку 2 (рисунок 10.59, в).

При розмиканні контактної системи точка дотику контакт-деталей спочатку перекочується з точки 2 в точку 1, а потім відбувається їх розрив. Таким чином, поверхні, що забезпечують тривале проведення струмів і визначають перехідний

опір контакту, віддалені від місця виникнення дуги. Прослизання контакт-деталей призводить до стирання оксидної плівки і бруду з поверхні контакт-деталей, тобто до самоочищення, що дозволяє застосовувати мідь в якості контактного матеріалу. Робочі поверхні важільних контакт-деталей виконують в вигляді площину - циліндр і циліндр - циліндр. Важільні контакти вимагають гнучкого зв'язку для приєднання до струмопроводу, але в ряді випадків вона є слабким місцем контактної системи (рисунок 10.59).

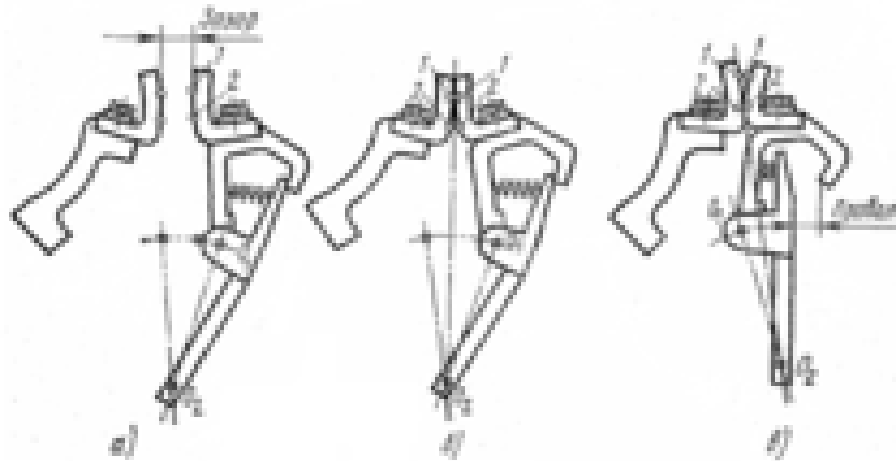


Рисунок 10.59 – Кінематика руху контактів:
а - розімкнуті контакти, б - початковий дотик контактів,
в - кінцеве положення контактів

10.4.4 Мостикові контакти

Мостикові контакти утворюються з рухомий контакт-деталі - містка 1 (рисунок 10.60 а, б) і нерухомих контакт-деталей 3 до 4, до яких пайкою або зварюванням прикріплені робочі поверхні 2.

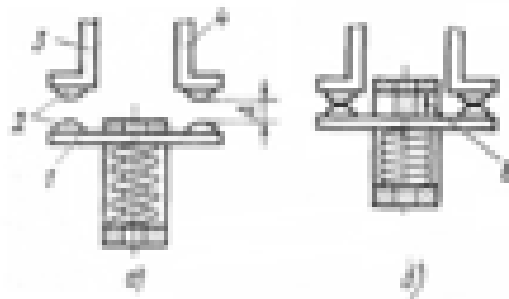


Рисунок 10.60 – Мостиковий контакт:
а - розімкнутий, б - замкнутий; А - розчин, Б – провал

Струм проходить від нерухомої контакт-деталі 3 через рухливий місток 1 до іншої нерухомої контакт-деталі 4. При розімкнутих контакт-деталях створюється подвійний розрив між ними, що є перевагою в порівнянні з контактами інших типів. Інша перевага - відсутність гнучких зв'язків між рухомими і нерухомими струмоведучих частин.

У мостикових контактів відсутні перекочування і прослизання контакт-деталей, що забезпечують їх самоочищення. Тому робочі поверхні контакт-деталей

виготовляють не з міді, а з срібла або металокераміки на базі срібла і виконують у вигляді площина - площина, площина - циліндр, площина - сфера і сфера - сфера.

10.4.5 Врубні контакти

Врубні контакти утворюються введенням плоскою контакт-деталі між двома пружними і застосовуються в рубильниках, роз'єднувачах, запобіжниках і інших апаратах. Електричний контакт здійснюється між нерухомою 1 і рухомою 2 контакт-деталлями (рисунок 10.61, а). Контактне натискання здійснюється за рахунок пружних властивостей матеріалів контакт-деталей (твердо-тягнута мідь, спеціальна бронза). Для збільшення зусилля натискання у врубні контакти на великі струми встановлюють сталеві пружини 3 (рисунок 10.61, б).

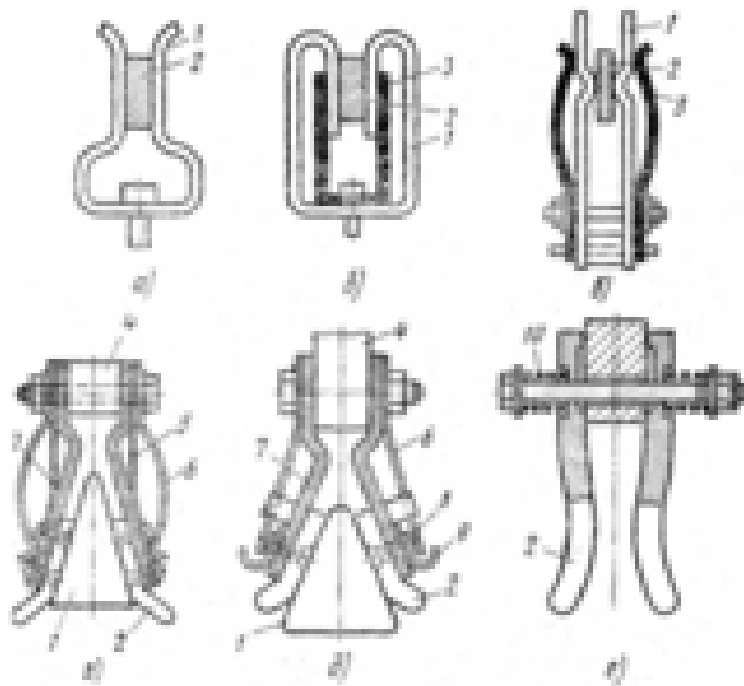


Рисунок 10.61 – Врубні контакти з контактним натисканням за рахунок пружних властивостей матеріалу (а), сталеві плоскою пружини (б, в), набору мідних пластин (г, д) і крученої пружини (е)

У високовольних апаратах на великі струми використовують врубні контакти клиноподібної форми. Рухливі контакт-деталі 2 (рисунок 10.61, г, д) виконують у вигляді окремих ламелів, з'єднаних зі струмопровідною деталлю 4 гнучким зв'язком 7, що складається з набору тонких мідних пластин. Контактне натискання створюється пружиною 6.

У контактах без самовідновлення (рисунок 10.61, г) плоска пружина 5 не дає ламелям вільно встановлюватися на нерухомій контакт-деталі. У зв'язку з цим площа контактування в контакті невелика.

У контактах з самовідновленням (рисунок 10.61, д) зусилля контактної пружини передається на заклепку 8 (плоска пружина відсутня), і ламелі вільно встановлюються на нерухомій контакт-деталі, забезпечуючи кращий контакт. Положення ламелів від переміщення фіксується скобою 9.

Врубний контакт, в якому контактне натискання створюється пружинами 10, показаний на рисунку 10.61, е.

10.4.6 Кільцеві, ковзні, стикові і герметичні контакти.

Кільцеві контакти (рисунок 10.62) застосовують при великих ходах рухомого контакту і великих номінальних токах. Вони складаються з рухомого контакт-стержня 2, двох нерухомих контакт-стрижнів 1, роликів 5, пов'язаних з віссю 4, і контактних пружин 3. При замиканні електричного кола рухливий контакт переміщається.

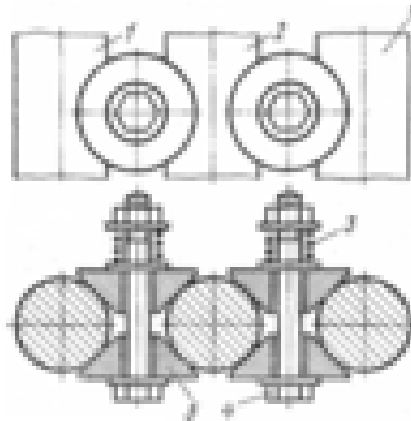


Рисунок 10.62 – Кільцевий контакт

Стикові контакти (рисунок 10.63) утворюються переміщенням однієї контакт-деталі в напрямку, перпендикулярному поверхні іншої контакт-деталі до першого дотику.

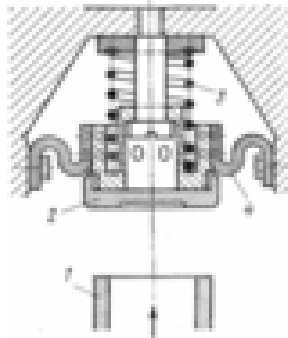


Рисунок 10.63 – Стиковий контакт

Їх виготовляють з порожнистих труб, суцільних металевих стрижнів і використовують в основному в високовольтних вимикачах. Поверхні контакт-деталей виконують плоскими або сферичними.

Стиковий контакт складається з нерухомої 1 і рухомий 2 контакт-деталей, гнучких зв'язків 4 і контактних пружин 3.

Ковзні контакти здійснюють електричний контакт при ковзанні однієї контакт-деталі по іншій, при цьому обриву електричного кола не відбувається. Вони можуть виконуватися з важільним, мостиковим, роликівим і іншими контактами. В апаратах низької напруги ковзні контакти широко застосовують в реостатах і контролерах.

Герметичні контакти здійснюють розмикання і замикання кола в умовах інертного газу або вакууму.

10.4.7 Виникнення і гасіння електричної дуги

У комутаційних електричних апаратах, призначених для замикання і розмикання кола зі струмом, виникає при відключенні розряд в газі у вигляді тліючого розряду або дуги. Створення електричної дуги обумовлюється явищами іонізації, що відбуваються в просторі між контактами. Цей процес полягає в відділенні від нейтральних атомів повітря одного або декількох електронів і освіті вільних позитивно заряджених частинок - іонів.

Для процесів, що відбуваються в проміжку між контактами, характерні чотири види іонізації: термо- і автоелектронна емісії (процеси, що відбуваються поблизу контактів - електродів), термічна та ударна іонізації (процеси, що протікають в об'ємі стовпа дуги).

Термоелектронна емісія - процес випускання електронів з поверхні контакту під впливом високої температури його, а **автоелектронна** - під впливом електричного поля, що виникає між контактами за її розбіжності.

Термічна іонізація - процес утворення електронів та іонів у проміжку між контактами під впливом високої (до 15000 К) температури, а **ударна іонізація** - процес утворення електронів та іонів в результаті зіткнення в проміжку між контактами електронів з нейтральними атомами під впливом електричного поля.

При розмиканні невеликих струмів (до 0,1 А) напругою 200-300 В виникає розряд, званий тліючим. Розмикання контактів може статися без створення дуги. Таке відключення називається безискровим. Безискровий розрив спостерігається також в апаратах змінного струму при розходженні контактів в момент переходу струму через нуль.

Розряд струму з утворенням електричної дуги називається дуговим і характеризується великою щільністю струму, високою температурою центральної частини дуги, незначним падінням напруги у електродів і досить невисокою напругою і дуговим проміжком. Мінімальні напруга і струм, необхідні для підтримки дугового розряду, залежать від матеріалу контактів.

Виникнення електричного розряду між контактами призводить до їх електричному зносу. При відключенні електричної цінуї, що має невеликі струм і напруга, між контактами утворюється місток розплавленого металу, який розбризкується і випаровується. При розмиканні великих струмів і напрузі в результаті теплового впливу електричної дуги це явище значно посилюється. Щоб зменшити знос контактів, застосовують спеціальні пристрій, що забезпечують швидке гасіння дуги.

Одночасно з іонізацією відбувається зворотний процес - деіонізація, тобто возз'єднання (нейтралізація) заряджених і освіту нейтральних частинок. Деіонізація призводить до гасіння дуги. Вона відбувається за участю третьої тіла (наприклад, стінки камер, розташованих поблизу, або з нейтральних частинок газів, що знаходяться в об'ємі дугового проміжку), а також в результаті виносу заряджених частинок з простору між електродами (дифузія заряджених частинок), чому зменшується число електронів і іонів, що беруть участь в підтримці горіння дуги.

Гасіння електричної дуги можливо тільки за умови, якщо процеси деіонізації протікають з більшою швидкістю, ніж процеси іонізації.

Для інтенсивної деіонізації дугового проміжку при розходженні контактів збільшують довжину дуги, підвищують швидкість розбіжності контактів,

переміщують дугу в навколишньому повітрі, що сприяє її охолодженню, призводять дугу в тісне зіткнення зі стінками камери, розбивають її на ряд коротких дуг, переміщують через нерухомі газ або рідину.

Головним іонізуючим фактором, що підтримує горіння електричної дуги, є термічна іонізація, тому гасіння дуги має відбуватися в основному за рахунок її охолодження.

При гасінні дуги постійного струму необхідно створити умови, при яких струм впаде до нуля. При горінні дуги змінного струму струм в ній проходить кожен напівперіод через нуль незалежно від ступеня іонізації дугового проміжку, тобто кожен напівперіод дуга гасне і запалюється знову. Завдання гасіння дуги дещо полегшується. В цьому випадку слід створити умови, при яких струм не відновився б після проходження через нуль.

Пристрої, що використовуються в електричних апаратах для гасіння дуги, називають дугогасильними. Конструктивне виконання і принцип їх дії описуються нижче при розгляді конструкції окремих апаратів.

10.4.8 Параметри контактів

Стан контактів оцінюють по основним або допоміжним параметрам. До перших з них відносять перехідний опір, падіння напруги і температуру нагрівання контактів, а до других - площу дотику, розчин, провал і зусилля стиснення контактів.

Перехідним опором контакту називають додатковий опір в місці переходу струму з однієї контактної поверхні в іншу, обумовлений, по-перше, звуженням площі перетину контакту в нерівностях поверхні, по-друге, опором газових і масляних плівок, а також пилу, адсорбованих поверхнею контакту. Значення перехідного опору залежить від багатьох факторів, головні з яких - мікрорельєф, зусилля стиснення і матеріал контактної поверхні.

Допустиме падіння напруги на перехідному опорі контакту залежить головним чином від матеріалу контакту, і його вибирають з умови відсутності розм'якшення металу контактів, які працюють в номінальному режимі. Для низьковольтної апаратури встановлені наступні допустимі падіння напруги на контакт: срібло - 0,01 ... 0,02 В, мідь - 0,01 ... 0,03 В, алюміній - 0,01 ... 0,04 В, залізо - 0,02 ... 0,05 В.

Опір контактів не залишається постійним в процесі експлуатації. Воно являє собою джерело додаткових втрат, і тому **температура контактної поверхні** вища за температуру прилеглих провідників. Під дією кисню це призводить до утворення на поверхні металу плівки, товщина якої з плином часу збільшується, що веде до зростання перехідного опору і додатковому нагріванню. В деякий момент часу під дією температури і електричного поля плівка руйнується і перехідний опір падає до початкового значення. Потім процес повторюється знову і знову. Але в деяких випадках таке самоочищення не відбувається, контакт може розігрітися і вийти з ладу.

Для надійної роботи контактів необхідно строго дотримуватися встановлених норм для температури нагріву: комутуючі контакти з міді без покриття - 85 ° С, з срібним покриттям - 240 ° С; з'єднувальні контакти всередині апаратів з міді - 95 ° С, з покриттям неблагородними металами - 105 ° С, з срібним покриттям - 135 ° С (при розрахунковій температурі навколишнього середовища 45 ° С).

Площа дотику контактів характеризує якість їх налаштування або ступінь зносу. У справному стані фактична площа зіткнення становить не менше 70% номінальної площі контакту.

Розчином контактів називають найбільшу відстань між поверхнями дотику при розімкнутому стані контактів. Залежно від типу апарату ця величина може бути від 3 до 50 мм.

Провалом контактів називають відстань, на яку переміщається рухливий контакт, не втрачаючи зіткнення з нерухомим контактом при розмиканні або замиканні кола. Для низьковольтних апаратів провал становить 3 ... 6 мм.

Зусилля стиснення контактів, яке потрібне для забезпечення потрібного перехідного опору більше у шліфованих контактів, тому контакти шліфувати не слід. Як ні ретельно оброблені поверхні зіткнення контактів, електричний струм проходить між ними тільки в окремих точках, в яких ці поверхні дотикаються, так як отримати абсолютно гладку поверхню практично неможливо. Орієнтовна картина контактування показана на рисунку 10.64.

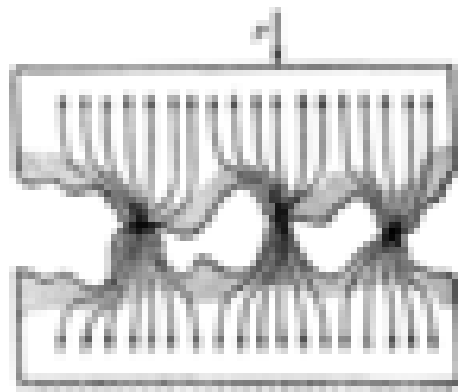


Рисунок 10.64 – Дотик поверхнею контактів

Завдяки натискання P одного контакту на інший вершини виступів деформуються і утворюються майданчики дійсного дотику контактів.

10.4.9 Вимірювання параметрів

Перехідний опір контактів вимірюють при постійному або змінному струмі. Для цього використовують мікроомметри, подвійні мости або застосовують схеми з мілівольтметром. У нового контакту перехідний опір не повинен перевищувати опору цілої еквівалентної ділянки провідника в 1,2 рази. В процесі експлуатації допускається збільшення опору, але не більше ніж в 1,8 рази в порівнянні з початковим значенням.

Падіння напруги на перехідному опорі вимірюють мілівольтметром або гальванометром, пропускаючи через контакт номінальний постійний струм. Для цього використовують різні навантажувальні установки, оснащують універсальними стендами, які дозволяють визначити падіння напруги, а також виконати ряд інших операцій. В справному контакті відношення падіння напруги на ньому до падіння напруги на цілій еквівалентній ділянці не повинно перевищувати 1,1 ... 1,2. Якщо в процесі експлуатації це відношення перевищить 1,7, то необхідні ремонт або заміна контакту.

10.4.10 Технічне обслуговування контактів

10.4.10.1 Технічне обслуговування шинопроводів

Сучасні шинопроводи та тролєї досить надійні і в процесі експлуатації потребують тільки періодичного чищення від пилу, бруду і контролі за станом контактних з'єднань та ізоляції.

Пил і бруд можуть призвести до зниження рівня ізоляції шинопроводу і, як наслідок, до аварійного виходу його з ладу. Їх видаляють пилососом або шляхом продування повітря при відкритих кришках. Поганий стан контактів призводить до перегріву.

Рівень нагріву контактних з'єднань шинопроводів на 1000 А і більше визначають за допомогою термоіндикаторів. Періодично необхідно перевіряти болтові з'єднання, не допускаючи надмірного їх затягування, яка може привести до випинання алюмінію і, отже, погіршення контакту.

Особливу увагу в процесі експлуатації слід звертати на рознімних контактів відгалужувальних коробок штепсельних з'єднань. При необхідності їх зачищають тонким плоским напилком або наждаковим полотном середньої зернистості. Стан ізоляції визначають за допомогою мегомметра. Допускається використання методу «пропалювання» для виявлення окремих видів ушкоджень ізоляції шинопроводів і тролєїв.

При виявленні серйозної несправності дефектну секцію шинопроводу слід демонтувати і виконати її ремонт в ремонтному цеху або замінити на нову. Без демонтажу допускається проведення лише окремих видів незначних ремонтних робіт на шинопроводах і тролєях, зокрема заміну на них дефектної відгалужувальної коробки (рисунок 10.65).

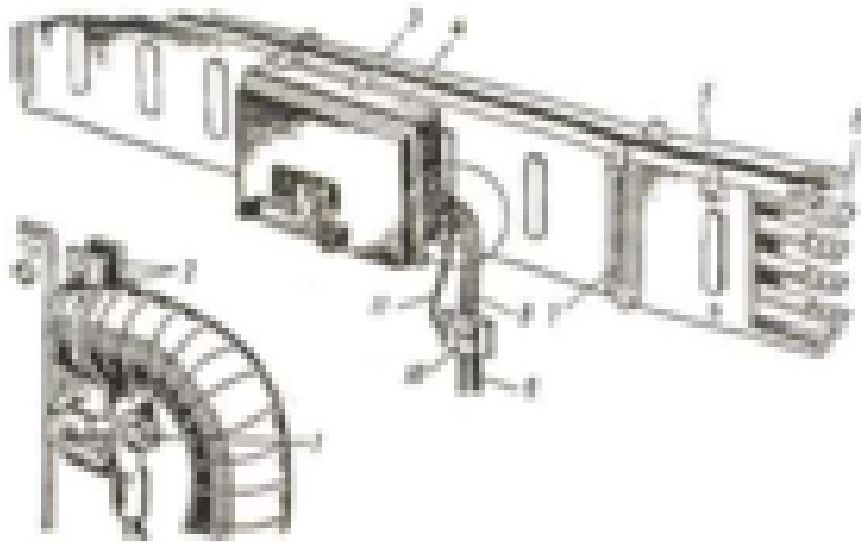


Рисунок 10.65 – Заміна відгалужувальної коробки на шинопроводі:

1 - болт заземлення, 2 - спеціальні скоби, 3 - лапка, 4 - відгалужувальна коробка, 5,10 - муфти, 6 - струмопровідні шини, 7 - заглушка, 8 - гнучкий металорукав, 9 - труба, 11 - провідник заземлення

Роботи виконуються при повному знятті напруги. Шинопровід повинен бути відключений з усіх боків, звідки може бути подана на нього напругу. При цьому відключення здійснюється з видимим розривом, для чого необхідно вийняти плавкі запобіжники або від'єднати кабелі живлення.

10.4.10.2 Контакти струмоведучих частин обладнання, приєднання апаратури, шин і ін. є слабким місцем в колі і можуть стати джерелом неполадок і аварій. З огляду на це, слід прагнути до того, щоб кількість контактів було по можливості мінімальною.

На рисунку 10.66. показана ділянка струмоведучого кола, з якого видно, що на ділянці аbc було сім контактів, а після переробки стало три. Зайві електричні контакти знижують надійність електропостачання та можуть призвести до несправності і аварій. Тому при ремонтних роботах слід передбачати усунення з схем зайвих контактів і заміну малонадійних контактів більш надійними зварними.

Ряд аварій і неполадок з контактами відбувається через неправильне виконання контактних з'єднань або застосування не задовольняють вимоги ГОСТ, правилам і нормам, а також ненадійних або саморобних контактів. Найбільше число випадків пошкодження контактів припадає на стрижневі, перехідні (мідь - алюміній), болтові і особливо одноболтовому контакти.

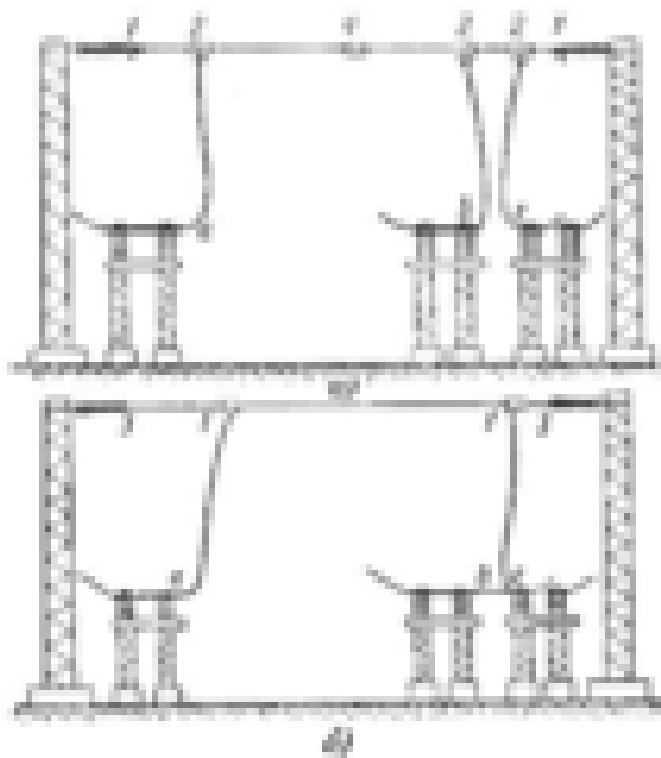


Рисунок 10.66 – Схема контактів ділянки підстанції:

а - до переробки, б - після переробки,

1 - натяжні затискачі, 2 - Т-образні болтові затискачі, 3 - сталеві вставки, 4 - з'єднувальний затискач.

На рисунку 10.67 наведені кілька характерних випадків пошкодження контактів. Пошкодження, зображене на рис. 2, а, відбулося на стержневому мідному контакті прохідного ізолятора середньої фази, приєднаного до плоскої шини. Дві крайні фази мали шинні чотириболтові контакти з трансформаторами струму, а середній стрижневий контакт прохідного ізолятора був приєднаний звичайної гайкою до шини такого ж перетину, як і у крайніх фаз.

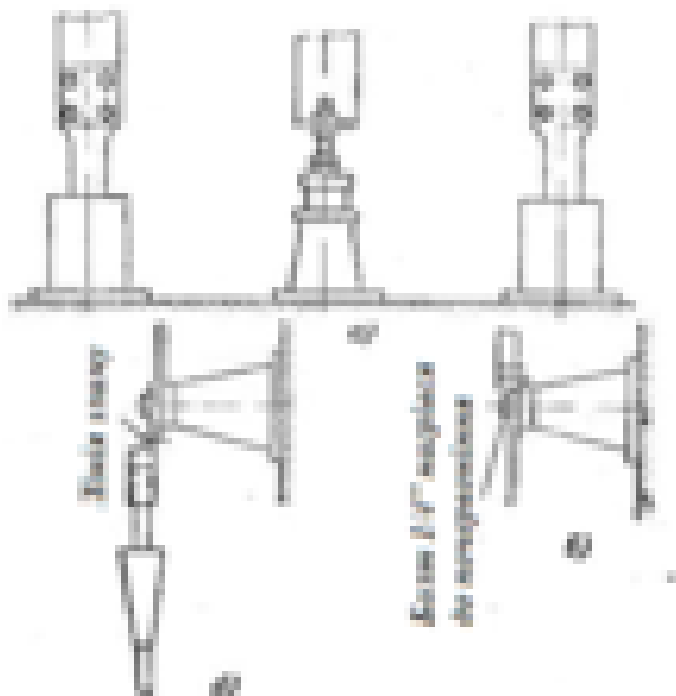


Рисунок 10.67 – Деякі характерні випадки пошкодження контактів внаслідок їх невідповідності вимогам норм:

- а - мідний стержень ізолятора з'єднаний з алюмінієвої шиною звичайної гайкою,
- б - кабельний наконечник в місці зламу не відповідає перетину кабелю,
- в - місце приєднання алюмінієвої шини болтом до мідного виводу роз'єднувача 400 а .

Невідповідність контакту середньої фази контактам крайніх фаз очевидно. Експлуатаційний персонал фіксував перегрів контакту середньої фази, виробляв розбирання і зачистку контакту, але не вжив заходів до його переробці, що призвело до великої аварії.

На контакті (рисунок 10.67, б) у кабельного наконечника (старого типу) перетин в місці, зазначеному лінією зламу, був недостатній по площі перетину кабелю і ненадійний по механічній міцності. Руйнування кабельного наконечника по лінії найменшого перетину призвело до великої аварії.

На рисунку 10.67, в показана недостатність перетину болтів 1/4 ", застосованих для кріплення досить масивних шин між собою і до роз'єднувачів, причому до роз'єднувачів шини кріпилися одним болтом. За ГОСТ «Затискачі контактні виводів електротехнічного обладнання і їх з'єднання з алюмінієвими провідниками» контактні затискачі виводів електротехнічного обладнання повинні, як правило, бути плоскими. При струмах 200 А і вище плоскі затискачі повинні мати не менше двох болтів. Експлуатаційний персонал зобов'язаний виявляти все не задовольняють сучасним вимогам до контактів і вживати заходів до усунення виявлених дефектів.

При ремонтах і ревізіях велике значення мають правильна і ретельна підгонка, очищення, захист від корозії та збирання розбірних контактних з'єднань.

Для виконання рекомендацій по зачистці і змащенню контактних поверхонь і особливо овальних або трубчастих з'єднувачів необхідно забезпечити монтерський персонал монтажним набором, до якого входять такі предмети:

1. Йорж-щітка для очищення овальних, круглих і плоских контактних поверхонь для з'єднувальних проводів перетином від 25 до 600 мм² (риунок 10.68). Йоржі наворачтаються на рукоятку, загальну для щіток різних розмірів.
2. Набір пластмасових баночок з бензином, антикорозійним мастилом і вазеліном.
3. Ящик, в якому зберігаються і переносяться щітки, банки і ганчірки або ганчір'я для протирання контактних поверхонь.

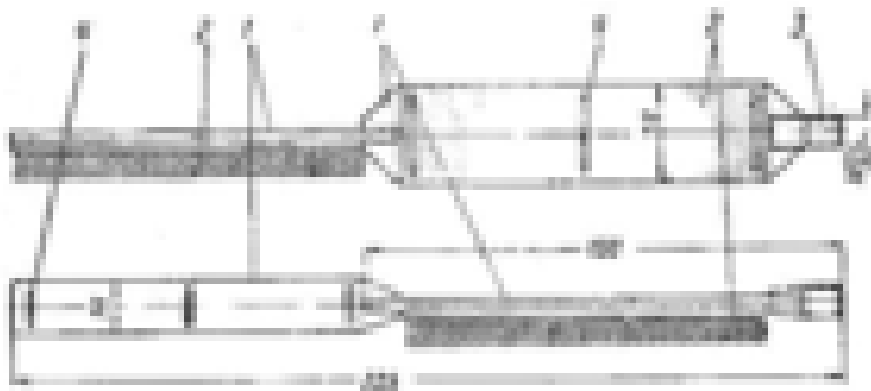


Рисунок 10.68 - Йорж-щітка для зачистки внутрішніх стінок овальних і трубчастих з'єднувачів середніх перетинів: 1 - сталєва пластина, 2 - кардострічка, 3 - хвостовик для накручення ручки, 4 - дріт гнучка для закріплення кардострічки.

Догляд за металокерамічними контактами.

При нормальних умовах роботи металокерамічні контакти повинні працювати без зачистки до повного зносу металокерамічної напайки.

Досвід експлуатації металокерамічних контактів потужних високовольтних вимикачів показав, що перехідний опір металокерамічних контактів після відключення струмів короткого замикання не збільшується і навіть дещо зменшується за рахунок розплавлення міді і витікання її на поверхню контакту.

Зачистка металокерамічних контактів за допомогою напилків приносить, як правило, більше шкоди, ніж користі, оскільки прироблені контактні поверхні металокерамічних контактів працюють в деяких випадках краще нових. Тому зачистку поверхні металокерамічних контактів можна виробляти лише в тому випадку, якщо на контактній поверхні виявлені окремі застигли грудки металу, які і слід видалити, після чого поверхню контакту рекомендується протерти ганчіркою, змоченою в бензині.

Основні показники, що характеризують справний стан контактів

Електричні контакти конструюються так, щоб перехідний опір ділянки струмопровідного кола, що містить контакт, було рівне або менше опору ділянки струмопровідного кола цілого провідника такої ж довжини. Чим більше номінальний струм, на який розрахований контакт, тим менше повинен бути перехідний опір.

Для різних апаратів відомі опори контактів, гарантовані заводами-виробниками. З плином часу перехідний опір контактів може збільшуватися внаслідок ослаблення контактного тиску, утворення твердих оксидних плівок, які є поганими провідниками, підгоряння контактних поверхонь і т.п.

Збільшення перехідного опору болтових контактів може відбуватися за рахунок ослаблення, розхитування і порушення щільності контакту внаслідок вібрації або різниці коефіцієнтів температурного розширення матеріалів болтів і шин контакту. При охолодженні болтів можуть утворюватися підвищені напруги в матеріалі контактів, що викликають пластичну деформацію контакту, а при струмах короткого замикання відбувається швидке нагрівання і розширення контактних матеріалів, що приводить до деформації і розладу контакту.

Чим менше перехідний опір контактного з'єднання, тим менше тепла виділяється в ньому при проходженні струму і тим більший струм можна пропустити через такий контакт при заданій температурі.

Виділення тепла в контакті пропорційне опору контакту і квадрату струму: $Q = I^2 R_K t$, де Q - тепло, що виділяється в контакті, R_K - опір контакту, Ом, I - струм, що проходить через контакт, а, t - час, сек.

Вимірювання температури контакту не може дати бажаних результатів, якщо ці вимірювання проводяться не в період максимальних навантажень. Крім того, контакти виконуються більш масивними, ніж струмопровідні частини, а теплоємність і теплопровідність металів великі, тому нагрів контактів не відповідає істинній дефектності контакту, визначеної за перехідним опором.

У ряді випадків для оцінки стану контактів використовують не величину перехідного опору, а величину падіння напруги на ділянці струмопровідного кола, що містить контактне з'єднання. Падіння напруги буде пропорційне опору контакту і величиною струму: $\Delta U = R_K I$, де ΔU - падіння напруги на ділянці, що містить контакт, R_K - опір контакту, I - струм, що протікає через контакт.

Оскільки падіння напруги залежить від величини струму, що протікає через вимірювану ділянку струмопровідного кола, для оцінки стану контакту використовують метод порівняння падіння напруги на ділянці струмопровідного кола, що містить контакт, і на ділянці, що не містить контакту. Якщо при проходженні струму однієї і тієї ж величини через ділянки рівної довжини падіння напруги на ділянці, що містить контакт, виявиться, наприклад, в 2 рази більше, ніж падіння напруги на ділянці цілого провідника, то, отже, опір в контакті буде теж в 2 рази більше.

Таким чином, стан контакту може бути оцінений трьома показниками: а) ставленням омичних опорів контакту і цілого відрізка провідника, б) відношенням падіння напруги на контакті і цілій ділянці провідника, в) відношенням температур контакту і цілого провідника.

В деяких енергосистемах прийнято називати це відношення "коефіцієнтом дефектності".

Під коефіцієнтом дефектності контакту K_1 розуміється відношення опору ділянки, що містить контакт, до омичного опору ділянки рівної довжини цілого провідника: $K_1 = R_K / R_{\text{ц}}$.

Під коефіцієнтом дефектності контакту K_2 розуміється відношення падіння напруги на ділянці, що містить контакт, до падіння напруги на ділянці рівної довжини цілого провідника при незмінній величині струму: $K_2 = \Delta U_K / \Delta U_{\text{ц}}$.

Під коефіцієнтом дефектності контакту K_3 розуміється відношення вимірної температури на контакті до температури цілого провідника при однаковій величині струму: $K_3 = t_K / t_{\text{ц}}$.

Коефіцієнт дефектності для хорошого контакту завжди менше одиниці. При погіршенні контакту коефіцієнт дефектності зростає і чим більше дефект, тим коефіцієнт дефектності більше.

Проводилися неодноразові порівняльні перевірки правильності відбракування дефектних контактів виміром омичного перехідного опору контакту на постійному струмі за допомогою мікроомметра, з вимірюванням падіння напруги на ділянці, що містить контакт, і вимірюванням температури нагріву контакту.

При цьому було встановлено, що коефіцієнт дефектності контакту K1 виявляється більше під час замірювання перехідного опору на постійному струмі, ніж коефіцієнт дефектності K2, отриманий при вимірюванні падіння напруги на змінному струмі під робочим навантаженням.

В свою чергу коефіцієнт K2 більше, ніж коефіцієнт дефектності K3, отриманий при вимірюванні температури нагрівання контактів. Таким чином, вимір температур не є хорошим показником якості контактного з'єднання.

Контакти з'єднувачів ліній електропередачі при коефіцієнті дефектності по опору або падіння напруги більше 2 по правилам технічної експлуатації електростанцій та електромереж підлягають заміні або ремонту.

Питання до розділу 10

1. Для чого проводиться випробування ізоляції?
2. За допомогою яких інструментів здійснюється зняття ізоляції?
3. Які методи з'єднання жил вам відомі?
4. На що треба звертати увагу при обслуговуванні електричних контактів струмоведучих частин розподільних пристроїв?

ЛІТЕРАТУРА

1. Технология судовых электромонтажных работ. Учебник – Изд. 2-е, перераб. К.Е.Акулов, Б.Д.Гандин, Ю.П.Шакурин, Г.С.Яковлев.-Л.:Судостроение, 1981, 208 с., ил.
2. Гуменюк, В.М. Технология электромонтажного производства: учеб. пособие/ В.М. Гуменюк; Дальневост. федерал. ун-т. – Владивосток: Изд-во Дальневост. федерал. ун-та, 2012. – 220 с.
3. Кузнецов С.Е., Филев В.С. Основы технической эксплуатации судового электрооборудования и автоматики: Учебник.-СПб.:Судостроение, 1995.-448 с., ил.
4. Берке Е.В. Системы автоматики и контроля СЭУ и их эксплуатация: Курс лекций.- Ростов н/Д.:ЛаПО, 2003.-75 с.
5. Нестеренко В. М. Технология электромонтажных работ: Учебное пособие для нач.проф.образования / В. М. Нестеренко, А М. Мысьянов. - М.: Издательский центр «Академия», 2004. - 592 с.
6. Хайдуков О.П. и др. Эксплуатация электроэнергетических систем морских судов: Справочник/О.П.Хайдуков, А.Н.Дмитриев, Г.Н.Запорожцев.- М.:Транспорт, 1988.-223 с.,ил., табл.- Библиогр.: с.211.
7. Эксплуатация и ремонт электроустановок. М., «Колос», 1976. 304 с., с ил. (Учебники и учеб.пособия для с-х. техникумов)/А.А.Пястолов, А.Л.Вахромеев,С.А.Ермолаев, А.А.Большаков, Р.Л.Филиппов, В.М.Булаев.
8. Пипченко А.Н., Пономаренко В.В., Теплов Ю.И., Романенко А.В. Электрооборудование, электронная аппаратура и системы управления (учебное пособие в Правилах Регистра и технической эксплуатации) к разделам А-III/1, А-III/2 STCW-CODE 78/95 Издание Четвертое, переработанное и дополненное, Одесса, 2012. -487 с.
9. Конспект лекцій з дисципліни «Технічна експлуатація електричного та електронного обладнання /к.т.н., доцент Литвиненко В.М. Херсон: ХДМА, 2015, 102 с.- Рос. Мовою.
10. Школа для электрика [Электронный ресурс].- Режим доступа electricalschool.info.- Назва з екрана.