

УДК 621.311

DOI 10.47049/2226-1893-2023-2-64-74

**РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ  
ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ ПОСТІЙНОЇ НАПРУГИ  
ПРИ ГРАНИЧНОМУ РЕЖИМІ ФУНКЦІОНУВАННЯ**

**О.В. Кочетков**

к.т.н., доцент кафедри «Експлуатація суднового електрообладнання  
і засобів автоматики»

**В.М. Машін**

старший викладач кафедри «Експлуатація суднового електрообладнання  
і засобів автоматики»

**Т.О. Гаур**

старший викладач кафедри «Експлуатація суднового електрообладнання  
і засобів автоматики»

**М.В. Вітюк**

к.ф.-м.н., доцент кафедри «Експлуатація суднового електрообладнання  
і засобів автоматики»

*Одеський національний морський університет, Одеса, Україна*

**Р.Ю. Харченко**

к.т.н., доцент кафедри «Морського радіозв'язку»

*Національний університет «Одеська морська академія», Одеса, Україна*

**Анотація.** Розглянуто основні показники якості електричних процесів імпульсних перетворювачів постійної напруги модульної структури понижуючого типу з однофазним та багатофазним принципами перетворення з автотрансформаторним включенням дроселів у силових каналах при граничному режимі функціонування.

Приведено залежності основних показників якості електричної енергії від величини вхідної напруги в перетворювачах постійної напруги понижуючого типу.

Проведено аналіз результатів дослідження впливу значення зміни відносної напруги живлення на показники якості електричної енергії імпульсних перетворювачів постійної напруги з автотрансформаторним включенням дроселя при граничному режимі функціонування з однофазним та багатофазним принципами перетворення електричної енергії.

**Ключові слова:** імпульсні перетворювачі постійної напруги, ККД, перетворювачі постійної напруги, імпульсні перетворювачі модульної структури, коефіцієнт пульсацій.

© Кочетков О.В., Машін В.М., Гаур Т.О., Вітюк М.В., Харченко Р.Ю., 2023

UDC 621.311

DOI 10.47049/2226-1893-2023-2-64-74

**RESULTS OF RESEARCH INDICATORS OF ELECTRICAL ENERGY  
QUALITY OF DC VOLTAGE CONVERTERS  
IN THE LIMIT MODE FUNCTIONING**

**O. Kochetkov**

PhD, Associate Professor Department of «Operation of ship's electrical equipment and automation»

**V. Mashin**

Senior Lecturers Department of «Operation of ship's electrical equipment and automation»

**T. Gaur**

Senior Lecturers Department of «Operation of ship's electrical equipment and automation»

**M. Vityuk**

PhD., Associate Professor Department of «Operation of ship's electrical equipment and automation»

*Odesa national maritime university, Odesa, Ukraine*

**R. Kharchenko**

Ph.D Associate Professor Department of «Maritime Radiocommunications Chair»

*National University «Odessa Maritime Academy»*

**Abstract.** *The main indicators of the quality of electrical processes of step-down constant voltage pulse converters with single-phase and multi-phase principles of conversion with autotransformer inclusion of chokes in power channels at the limit mode of operation are considered.*

*The dependence of the main indicators of the quality of electrical energy on the value of the input voltage in step-down constant voltage converters is given.*

*The analysis of the results of the study of the effect of the change in the relative supply voltage on the quality indicators of electrical energy of constant voltage impulse converters with autotransformer switching of the choke at the limit mode of operation with single-phase and multiphase principles of electrical energy conversion was carried out.*

**Keywords:** *pulse converters of constant voltage, efficiency, converters of constant voltage, pulse converters of modular structure, ripple coefficient.*

**Вступ.** Однією з найважливіших умов ефективної роботи радіотехнічних, електронних та телекомунікаційних систем є оптимальний вибір пристроїв електроживлення, які задовольняють вимогам за енергетичними параметрами (ККД), параметрами якості електричної енергії та надійності. До складу сучасних пристроїв електроживлення можуть входити випрямлячі, коректори коефіцієнта потужності, конвертори, інвертори, стабілізатори. За функціональним призначенням ці пристрої істотно відрізняються один від одного, але з енергетичної точки зору їх можна розглядати як пристрої перетворення електричної енергії первинного джерела електроживлення в електричну енергію необхідного виду та якості для живлення визначеного навантаження. Для радіотехнічних, електронних та телекомунікаційних систем не менш важливими завданнями перетворювачів є підвищення надійності та покращення показників якості електричної енергії. Імпульсні перетворювачі постійної напруги (ППН) мають більш кращі характеристики, порівняно з перетворювачами при використанні інших методів перетворення і регулювання електричної енергії, тому мають широке використання на практиці в сучасних пристроях та системах електроживлення радіотехнічних та телекомунікаційних систем. Тому дослідження імпульсних перетворювачів, з метою покращення їх якісних показників та питомих характеристик, є актуальним завданням [1; 8; 9].

Подальше підвищення якості процесів перетворення досягається за допомогою використання автотрансформаторного включення дроселя в силових каналах і дотримання граничного режиму перетворення [1; 2; 4].

Використання автотрансформаторного включення дроселя в силових каналах (СК) дозволяє підвищити ефективність перетворювачів постійної напруги модульної структури [2]. Крім того, без внесення змін у схему силових каналів, схема управління дозволяє сформувати граничний режим роботи ППН і покращити енергетичні характеристики (зменшити втрати потужності при комутації силових комутаційних ключів). У граничному режимі перемикання силових керованих ключів відбувається при струмах дроселів СК  $i_{Lk}(t)$  рівних нулю, це дозволяє підвищити ККД, поліпшити динамічні характеристики [1].

У літературі [1; 2; 6] порушено питання впливу зміни параметрів вхідної напруги на показники якості електричної енергії. Однак, що стосується характеру впливу зміни величини вхідної напруги на показники якості перетворювачів модульної структури, це питання є не менш важливим і мало вивченим і вимагає додаткового аналізу.

**Метою роботи** є покращення показників якості електричної енергії завдяки вибору кращих режимів роботи перетворювачів постійної напруги (ППН) модульної структури (рис. 1) з силовими каналами (СК) понижуючого типу.

**Викладення основного матеріалу.** Перетворювач модульної структури (рис. 1), як правило, складається з паралельно підключених до джерела первинного електроживлення (ДПЕ) і один до одного  $N$  однотипних силових модулів (силових каналів) СК <sub>$k$</sub>  (де  $k = 1, 2, \dots, N$ ), які працюють на загальне навантаження  $N$  (рис. 1: КЗЗ – коло зворотного зв'язку,  $U_p$  – напруга живлення (вхідна напруга) ППН,  $U_n$  – напруга навантаження ППН). ППН модульної структури може функціонувати в однофазному режимі – (ОП).

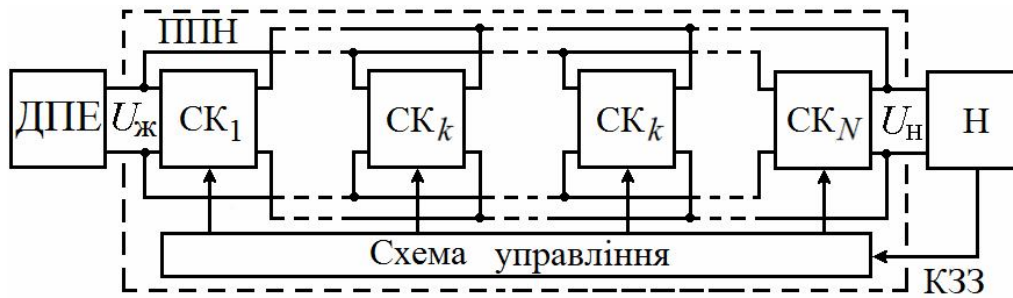


Рис. 1. ППН модульної структури

При однофазному принципі перетворення електричної енергії всі ефективні процеси в СК синхронні і синфазні. ППН, в яких електричні процеси в СК синхронні, але не синфазні, а зсунуті один відносно одного в часі на величину  $(T/N)$ , де  $T$  – період перетворення ППН, називають багатофазними імпульсними перетворювачами (БП) [1; 2]. Схема управління забезпечує відповідні режими роботи перетворювача.

Досі в літературі [1; 2] при дослідженнях ППН модульної структури, як правило, розглядаються залежності показників якості від величини коефіцієнта накопичення, при різних: режимах роботи; кількості силових каналів ( $N$ ); коефіцієнтах трансформації ( $n_{21}$ ). Це дозволяє вибрати оптимальні умови для функціонування ППН, які забезпечать необхідні показники якості електричної енергії [3; 4].

Реалізація цього підходу дає змогу оцінити (відстежити) вплив величини зміни вхідної напруги (живлення) на показники якості. Однак, це не дозволяє повною мірою враховувати вплив величини зміни вхідної напруги на показники якості ППН, що є суттєво важливим при проектуванні перетворювачів, особливо, якщо вони функціонують у режимі стабілізації.

Для аналізу показників якості у всьому діапазоні зміни напруги живлення необхідно будувати залежності цих показників від величини зміни вхідної напруги.

Для більшої наочності порівняльного аналізу, а також більш чіткого уявлення про поведінку (характер зміни) порівнюваних параметрів у кількісному відношенні далі розглядатимуться залежності без прив'язки до конкретних значень величини вхідної напруги, в відносному вигляді

$$\bar{U}_n = \frac{U_n}{U_p}; \quad \bar{U}_p = \frac{U_p}{U_n}, \quad (1)$$

де  $\bar{U}_p$  – відносна напруга живлення;

$\bar{U}_n$  – відносна напруга навантаження;

$U_p$  – вхідна напруга;

$U_n$  – вихідна напруга ППН.

Слід зазначити, що в режимі стабілізації при будь-якій зміні вхідної напруги  $U_p$  схема управління перетворювача компенсує цю зміну, пропорційно змінюючи значення коефіцієнта накопичення ( $k_n$ ) і таким чином значення вихідної напруги  $U_n$  залишається стабільним. Але оскільки зміна значення коефіцієнта накопичення ( $k_n$ ) істотно впливає на показники якості ППН [1; 2], дуже доцільним є оцінка ступеня впливу безпосередньо величини зміни вхідної напруги на показники якості ППН.

На практиці з метою оцінки якості електричних процесів використовуються пульсації струмів, як і абсолютному вигляді  $\Delta I$  – розмах пульсації, і у відносному вигляді з допомогою коефіцієнтів пульсацій струмів  $K_p$  [2].

Для оцінки величини пульсацій струмів – змінних складових на вході та виході ППН, скористаємося коефіцієнтами пульсацій струмів

$$K_{pmp} = \frac{\Delta I_{mp}}{2I_p}; \quad K_{pmn} = \frac{\Delta I_{mn}}{2I_n}, \quad (2)$$

де  $\Delta I_{op}$ ,  $\Delta I_{mp}$  і  $\Delta I_{on}$ ,  $\Delta I_{mn}$  розмахи пульсацій струмів, та їх середні значення  $I_{op}$ ,  $I_{mp}$  та  $I_{on}$ ,  $I_{mn}$  відповідно на вході та виході ППН в однофазному (ОП) та багатофазному (БП) імпульсних перетворювачах [1].

Коефіцієнти пульсацій струмів на вході  $K_{rop}$  і  $K_{rpm}$  і виході  $K_{ron}$  і  $K_{pmn}$  – відповідно для ОП і МП.

При граничному режимі функціонування середні значення струмів споживання  $I_p$  та навантаження  $I_n$  перетворювачів модульної структури з однофазним та багатофазним принципами перетворення визначаються

$$I_n = NI_{nk} = \frac{NI_{p1k}(k_v + k_n n_{21})}{2n_{21}} \quad (3)$$

де  $I_{pk}$ ,  $I_{nk}$  струми споживання та навантаження  $k$ -х СК;

$N$  – кількість СК та  $n_{21}$  – коефіцієнт трансформації дроселя;

$I_{m1k}$  – розмах пульсацій струму  $i_{Lk}(t)$  дроселя  $k$ -го СК в індуктивності  $L_{1k}$  первинної напівобмотки силового дроселя на інтервалі накопичення. Через коефіцієнт трансформації  $n_{21k}$  пов'язані індуктивність дроселя  $L_{2k}$ , індуктивність  $L_{1k}$  і число витків первинної  $W_{1k}$  та вторинної  $W_{2k}$  напівобмоток силового дроселя  $k$ -го СК

$$n_{21k} = \frac{W_{2k}}{W_{1k}}; \quad I_{m1k} = n_{21k} I_{m2k} \quad (4)$$

Очевидно, що ступінь цього впливу також залежить як від числа СК ( $N$ ), режиму роботи ППН так і від величини коефіцієнта трансформації силового дроселя  $n_{21}$ .

На рис. 2 представлені результати дослідження зазначених параметрів, отримані з допомогою розробленого за використанням математичної моделі [1], алгоритмів дослідження [5; 6] і програмного забезпечення [7].

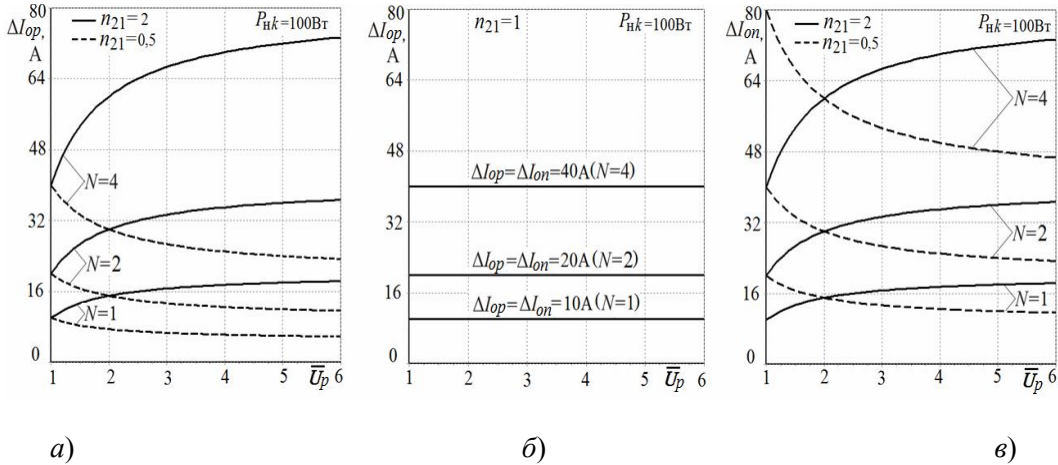


Рис. 2. Залежність величини абсолютних пульсацій струмів споживання а, б і навантаження в, ОП від величини відносної напруги живлення, при коефіцієнтах трансформації  $n_{21}=1$ ;  $n_{21}=0,5$  и  $n_{21}=2$

Графіки залежності впливу зміни величини відносної напруги живлення на величини абсолютних пульсацій струмів живлення приведено на рис. 2, (а, б) та навантаження рис. 2, (в) ОП. Також, з рис. 2, видно, що величини коефіцієнту трансформації і числа силових каналів суттєво впливають на величини абсолютних пульсацій струмів живлення і навантаження.

Для порівняльної оцінки розглянемо залежності абсолютних пульсацій струму споживання (рис. 2, а) та навантаження (рис. 2, б, в) від величини відносної напруги живлення ( $\bar{U}_p$ ) при різному числі силових каналів ( $N = 1, 2, 4$ ) ОП (рис. 2) і БП (рис. 3) при потужності навантаження  $k$ -го силового каналу (СК)  $P_{nk} = 100\text{Вт}$ .

Таким чином видно, що представлені залежності пульсацій струмів живлення і навантаження перетворювача від відносних значень вхідної напруги ( $\bar{U}_p$ ) мають місце для різних коефіцієнтів трансформації і  $N$  – кількості СК.

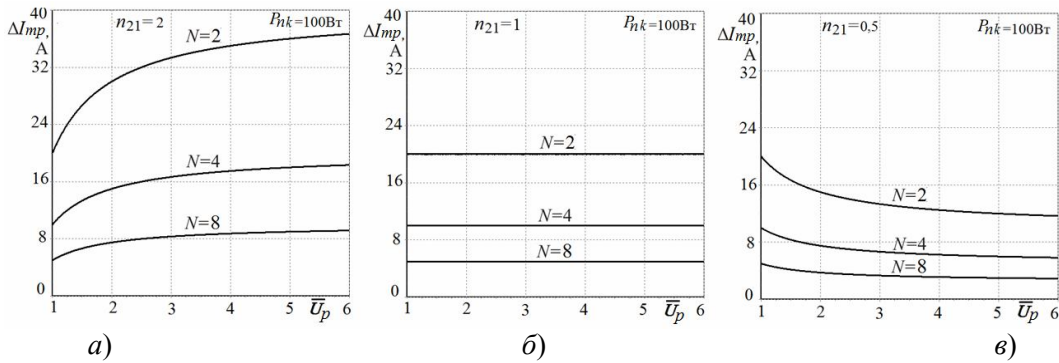


Рис. 3. Залежність величини абсолютних пульсацій струмів живлення  $\Delta I_{mp}$ , в БПП від величини відносної напруги живлення, при коефіцієнтах трансформації  $n_{21}=1$  (а),  $n_{21}=0,5$  (б) і  $n_{21}=2$  (в)

Далі для аналізу коефіцієнтів пульсацій розглянемо (рис. 4; 5) та оцінимо вплив зміни значення величини відносної вхідної напруги живлення на коефіцієнт пульсацій струмів живлення та навантаження ОПП і БПП при різних коефіцієнтах трансформації  $n_{21}$  та кількості СК ( $N$ ).

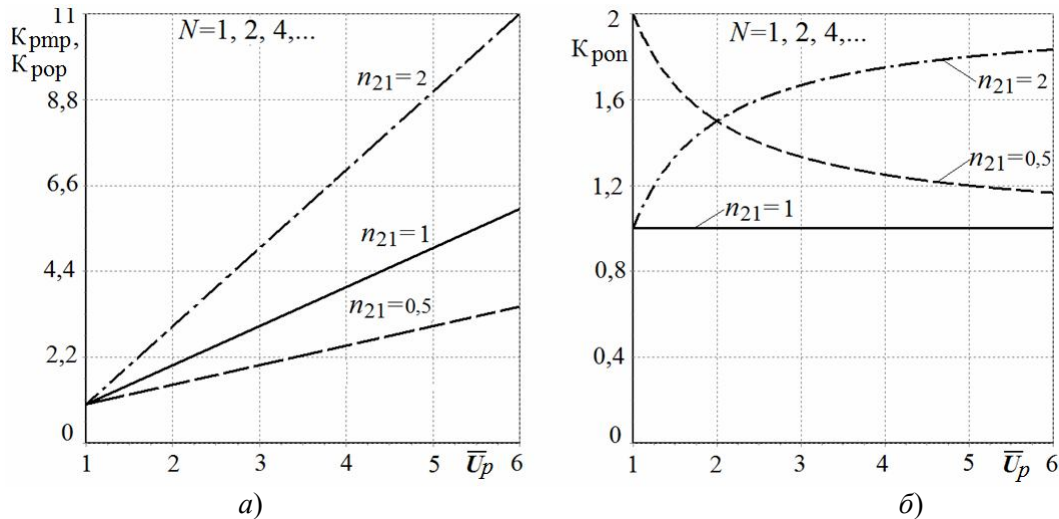


Рис. 4. Залежність коефіцієнтів пульсації на вході  $K_{рор}$  при ОПП,  $K_{ртр}$  при БПП (а) і виході  $K_{рор}$ , при ОПП (б) від відносної напруги живлення ( $\bar{U}_p$ ) при різних коефіцієнтах трансформації  $n_{21}$  та числі  $N$  силових каналів

Залежності будувалися за наступних вихідних даних: напруга навантаження  $U_n = 10\text{В}$ , струм навантаження  $I_n = \text{const} = 10\text{А}$ , індуктивність первинної обмотки дроселя  $L_1 = 10\text{мкГн}$ .

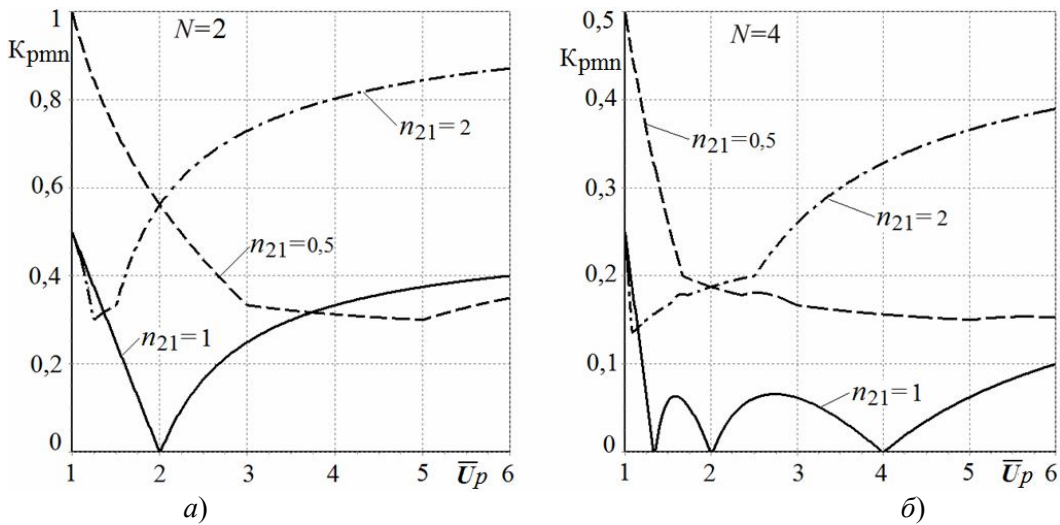


Рис. 5. Залежність коефіцієнтів пульсації на виході БПП  $K_{pmn}$  від величини відносної напруги живлення ( $\bar{U}_p$ ) при різних коефіцієнтах трансформації  $n_{21}$  та числі силових каналів  $N=2$  (а) та  $N=4$ , (б)

Із графіків, наведених на рис. 2-4 видно, що з будь-якому числі СК і величині коефіцієнта трансформації  $n_{21}$ , характер зміни значень коефіцієнтів пульсацій на вході БПП –  $K_{rmp}$  і ОПП –  $K_{rop}$ , (рис. 4, а) буде однаковий. Значення коефіцієнтів пульсацій струмів живлення зростає, зі збільшенням величини відносної напруги живлення ( $\bar{U}_p$ ).

На графіках (рис. 2, б) і (рис. 3 б) видно, що при коефіцієнті трансформації рівному одиниці, зміна відносної напруги живлення не впливає на величину пульсацій струмів, як при ОПП, так і при БПП при будь-якому числі силових каналів ППН.

Для ОПП коефіцієнт пульсацій струмів навантаження буде мінімальним (рівним одиниці) за коефіцієнта трансформації  $n_{21}=1$  (рис. 4, б).

Із графіків, наведених на рис. 5, видно, що для БПП незалежно від значень коефіцієнта трансформації  $n_{21}$  дроселів, при нарощуванні числа  $N$  силових каналів, коефіцієнти пульсацій струмів навантаження  $K_{rmp}$  (рис. 5, а, б) в  $N$  разів зменшуватимуться. До того ж, величина коефіцієнтів пульсацій  $K_{rmp}$  в окремих точках сягає нуля, причому таких точок у всьому діапазоні зміни значення величини відносної напруги на одиницю менше кількості  $N$  силових каналів.

В перетворювачах модульної структури і при однофазному і при багатofазному принципі перетворення характер зміни значень коефіцієнтів пульсацій струмів на вході однаковий і не залежить ні від числа силових каналів, ні від величини коефіцієнта трансформації дроселя.

Збільшення відносної напруги живлення призводить до збільшення коефіцієнтів пульсацій струмів споживання.



При коефіцієнті трансформації рівному одиниці коефіцієнт пульсацій струмів навантаження ОПІ дорівнює одиниці і не залежить від величини відносної напруги живлення;

Збільшення числа  $N$  силових каналів БПІ призводить до зменшення коефіцієнтів пульсацій струмів навантаження в  $N$  разів, незалежно від коефіцієнта трансформації дроселя.

Відхилення коефіцієнтів трансформації дроселя від значення, що дорівнює одиниці призводить до збільшення коефіцієнтів пульсацій у вихідних колах перетворювачів і при однофазному та при багатofазному принципах перетворення.

**Висновки:** Проведено аналіз дослідження та виявлено специфічні особливості електричних процесів імпульсних перетворювачів модульної структури з однофазним та багатofазним принципами перетворення з силовими каналами понижуючого типу при граничному режимі функціонування.

Виявлено, що показники якості електричної енергії завдяки ефективності фільтрації змінної складової струмів навантаження БПІ будуть краще, ніж в аналогічному випадку при ОПІ незалежно від величини відносної напруги живлення, коефіцієнта трансформації та кількості силових каналів.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Кадацький А.Ф. Аналіз електричних процесів в МІПІ постійного напруги при граничних токах дроселів / А.Ф. Кадацький, І.П. Малявін, А.В. Кочетков, О.В. Швець // Наукові праці ОНАЗ ім. О.С. Попова. – 2010. – № 1. – С. 20-30.
2. Кочетков А.В. Влияние режима работы силовых каналов понижающего типа на выходные пульсации многофазных импульсных преобразователей постоянного напряжения // Наукові праці ОНАЗ ім. О.С. Попова. – 2011. – № 1. – С. 32-38.
3. Кадацький А.Ф. Электрические процессы импульсных преобразователей модульной структуры с силовыми каналами повышающего типа / А.Ф. Кадацький, О.В. Швець, А.В. Кочетков, Т.Н. Ерыкалина // Восточно-европейский журнал передовых технологий. 4/9 (58). 2012. С. 10-16.
4. Кадацький А.Ф. Электрические процессы импульсных преобразователей постоянного напряжения модульной структуры с силовыми каналами понижающего типа с граничным режимом функционирования / А.Ф. Кадацький, А.В. Кочетков, О.В. Швець // Зб. наук. праць «Цифрові технології». – 2012. – № 11. – С. 136-148.
5. Кадацький А.Ф. Алгоритмы моделирования энергетических параметров преобразователей постоянного напряжения модульной структуры с граничным режимом функционирования / А.Ф. Кадацький, А.П. Русу, Т.М. Ерыкалина, А.В. Кочетков // 69-та науково-технічна конференція професорсько-викладацького складу, науковців, аспірантів та студентів. 4-6 грудня 2014 року. – Одеса: ОНАЗ ім. О.С. Попова, 2014. – С. 91-94.

6. Кочетков А.В. Алгоритм исследования показателей качества электрических процессов многофазных импульсных преобразователей модульной структуры // 67 науково-технічна конференція професорсько-викладацького складу, науковців, аспірантів та студентів, 5-8 грудня 2012 року. – Одеса: ОНАЗ ім. О.С. Попова, 2012. – С. 116-119.
7. Русу А.П. Использование динамически подключаемых библиотек для моделирования электрических процессов радиотехнических устройств. // *Наук. праці ОНАЗ ім. О.С. Попова.* – 2010. – №1 – С. 143-147.
8. Kharchenko, R.Y., Kochetkov, A.V., & Mikhaylenko, V.S. (2022). ANALYSIS OF METHODS FOR AUTOMATED RESEARCH OF DC VOLTAGE CONVERTERS OF MODULAR STRUCTURE. *Radio Electronics, Computer Science, Control*, (3), 7. P. 7-21. <https://doi.org/10.15588/1607-3274-2022-3-1>
9. Kharchenko R.Yu. Methods for automated research of dc voltage converters / R.Yu. Kharchenko, V.A Zavadskiy., A.V. Kochetkov // *Матеріали міжнародної науково-технічної конференції «Суднова електроінженерія, електроніка і автоматика», 22.11.2022 - 23.11.2022.* – Одеса: НУ «ОМА», 2023. – 203. С.85-89.

#### REFERENCES

1. Kadatskiy A.F., Malyavin I.P., Kochetkov A.V., Shvets O.V. (2010) *Analiz elektricheskikh protsessov v MIP postoyannogo napryazheniya pri granichnykh tokah drossel'ey [Analysis of electrical processes in the DC voltage MIP at the limiting currents of the chokes]. Naukovi pratsi ONAZ im. O.S. Popova, vol. – 1, pp. 20-30 (in Russian).*
2. Kochetkov A.V. (2011) *Vliyanie rezhima raboty silovykh kanalov ponizhayushchego tipa na vyhodnyie pulsatsii mnogofaznykh impulsnykh preobrazovateley postoyannogo napryazheniya [Influence of the operation mode of power channels of step-down type on the output ripple of multi-phase pulsed DC voltage converters]. Naukovi pratsi ONAZ im. O.S. Popova, vol. – 1, pp. 32-38 (in Russian).*
3. Kadatskiy A.F., Shvets O.V., Kochetkov A.V., Eryikalina T.N. (2012) *Elektricheskie protsessy impulsnykh preobrazovateley modulnoy strukturyi s silovymi kanalami povyishayushchego tipa [Electrical processes of pulse converters of modular structure with boost-type power channels]. Vostochno-evropeyskiy zhurnal peredovykh tehnologiy, vol. – 4/9 (58), pp. 10-16 (in Russian).*
4. Kadatskiy A.F., Kochetkov A.V., Shvets O.V., (2012) *Elektricheskie protsessy impulsnykh preobrazovateley postoyannogo napryazheniya modulnoy strukturyi s silovymi kanalami ponizhayushchego tipa s granichnyim rezhimom funktsionirovaniya [Electrical processes of pulsed DC voltage converters of modular structure with step-down type power channels with boundary operating mode]. Zbirnyk naukovykh prats «Tsyfrovii tekhnolohii», vol. – 11, pp. 136-148 (in Russian).*

5. Kadatskiy A.F., Rusu A.P., Eryikalina T.M., Kochetkov A.V. (2014) *Algoritmyi modelirovaniya energeticheskikh parametrov preobrazovateley postoyannogo napryazheniya modulnoy strukturyi s granichnyim rezhimom funkcionirovaniya [Algorithms for Simulating the Energy Parameters of Modular Structure DC/DC Converters with Boundary Operating Mode]. 69 naukovno-tekhnichna konferentsiia profesorsko-vykladatskoho skladu, naukovtsiv, aspirantiv ta studentiv (Odesa, December 4-6, 2014). Odesa: ONAZ im. O.S. Popova. (in Russian).*
6. Kochetkov A.V. (2012) *Algoritm issledovaniya pokazateley kachestva elektricheskikh protsessov mnogofaznykh impulsnykh preobrazovateley modulnoy strukturyi [Algorithm for studying the quality indicators of electrical processes of multiphase pulse converters of modular structure] 67 naukovno-tekhnichna konferentsiia profesorsko-vykladatskoho skladu, naukovtsiv, aspirantiv ta studentiv (Odesa, December 5-8, 2012). Odesa: ONAZ im. O.S. Popova. (in Russian).*
7. Rusu A.P. (2010) *Ispolzovanie dinamicheski podklyuchaemykh bibliotek dlya modelirovaniya elektricheskikh protsessov radiotekhnicheskikh ustroystv [Using dynamically linked libraries for modeling electrical processes of radio engineering devices] Naukovi pratsi ONAZ im. O.S. Popova, vol. 1, pp. 143-147. (in Russian).*
8. Kharchenko, R.Y., Kochetkov, A.V., Mikhaylenko, V.S. (2022). *Analysis of methods for automated research of dc voltage converters of modular structure. Radio Electronics, Computer Science, Control, vol. (3)7, pp. 7-21. <https://doi.org/10.15588/1607-3274-2022-3-1>*
9. R.Yu. Kharchenko, Zavadskiy V.A., Kochetkov A.V. *Methods for automated research of dc voltage converters. MaterIali mIzhnarodnoYi naukovno-tehnIchnoYi konferentsIYi «Sudnova elektroInzhenerIya, elektronIka I avtomatika» (Odesa, November 22-23, 2012). Odesa: NU «OMA» (in Russian).*

*Стаття надійшла до редакції*

**Посилання на статтю: Кочетков О.В., Машін В.М., Гаур Т.О., Вітюк М.В., Харченко Р.Ю.** Результати дослідження показників якості електричної енергії перетворювачів постійної напруги при граничному режимі функціонування // Вісник Одеського національного морського університету: Зб. наук. праць, 2023. № 2 (69). С.64-74. DOI 10.47049/2226-1893-2023-2-64-74.

*Article received 00.00.2023*

**Reference a journalartic: Kochetkov O., Mashin V., Gaur T., Vityuk M., Kharchenko R.** Results of research indicators of electrical energy quality of DC voltage converters in the limit mode functioning // Herald of the Odesa national maritime university: Coll. scient. works, 2023. № 2 (69). P. 64-74. DOI 10.47049/2226-1893-2023-2-64-74.