

Trofymenko I.V., Urum N.S., Ivanenko V.M., Fedunov V.M.
**USE OF THE INFRARED RADIATION RANGE OF CELESTIAL BODIES FOR
NAVIGATION OF SHIPS**

The purpose of the article is to substantiate the need to develop and implement astronavigation systems on ships to improve the reliability of navigation of ships in the event of a global positioning system failure. This goal is achieved by analysing the vulnerability of global navigation satellite systems as the main means for determining the location of a ship in modern navigation; assessing the real state of navigational astronomy as a possible alternative to global navigation satellite systems when determining the location of a ship on the high seas; proving the possibility of using the infrared waveband in astronavigation systems on board a ship to improve the efficiency of navigational astronomy. The advantages of the infrared range over the optical range for determining the location of ships have been proved, which are expressed in independence from the brightness of the daytime sky background, significantly less dependence on hydrometeorological conditions, primarily on humidity, and higher atmospheric transparency in spectral windows during the transition from the visible to the near-infrared spectral region. It is shown that infrared stars of the late spectral classes K, M, N, C in the near-infrared region are the best for use in astronavigation systems due to the characteristics of their number, distribution over the entire celestial sphere, stationarity of the infrared image, and constancy of the stellar magnitude. The «windows of transparency» of the Earth's atmosphere in the near-infrared region of the spectrum are shown. The capacity of the optimal catalog of navigational luminaries for observation in the near-infrared spectral region is mathematically substantiated, and data on stellar magnitudes for the brightest navigational luminaries are given for the marked transparency ranges. The most significant result is the development of the structure of the astronavigation system of marine vessels for automated determination of the ship's position by tracking celestial natural landmarks (stars and planets), measuring astronavigation parameters and processing the measurement results by the system's computing device. The further direction of work is to provide proposals for the construction of the photodetector of the proposed system.

Keywords: navigation, celestial body, infrared range, sea vessel, radiation, «window of transparency», astronavigation system.

УДК 621.311:629.12/.13

doi.org/10.33298/2226-8553.2023.2.38.26

Дакі О.А., Якусевич Ю.Г., Тришин В.В., Колесник В.В.

**РОЗРОБКА ПІДХОДІВ ДО ФІЛЬТРАЦІЇ НЕАКТИВНОЇ ТА АКТИВНОЇ НАПРУГИ
НА ШИНАХ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ В СУДНОВІЙ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНІЙ
СИСТЕМІ**

Метою статті є розробка підходів до фільтрації напруги на шинах живлення в електроенергетичній системі судна, що дозволяє забезпечити повне усунення гармонійних складових струму і напруги в будь-яких живильних електричних мережах, як з нескінченними генеруючими потужностями, так і порівняними з потужністю, споживаною навантаженням, при будь-яких, як лінійних, так і нелінійних навантаженнях. Поставлена мета досягається шляхом розробки двох підходів до фільтрації неактивної та активної напруги на шинах електропостачання в судновій електроенергетичній системі. Встановлено,

що одним з характерних рис сучасних суднових електроенергетичних систем є те, що вони містять значну кількість обладнання, такого як випрямлячі, інвертори, перетворювачі частоти і блоки безперебійного живлення, в яких вольт-амперні характеристики є нелінійними. Це обладнання генерує більш високі гармоніки струму і напруги, що негативно впливає на мережу живлення змінного струму. Ці гармоніки можуть спричинити резонансні явища в електроенергетичній системі судна, порушити роботу спеціальної комп'ютерної техніки, апаратів релейного захисту й автоматики, а також прискорити старіння ізоляції основного електрообладнання, що в результаті знижує надійність електропостачання споживачів автономного об'єкта. Тому все більша увага приділяється розробці засобів та методів активного керування генерацією та розподілом електроенергії згідно з певними вимогами, для забезпечення необхідної якості електроенергії та усунення взаємодії паралельно працюючого обладнання зі сторони живильної мережі. Найбільш суттєвим результатом є, по-перше, визначений спосіб генерації компенсаторного струму в електромережу, який забезпечує повну компенсацію неактивних складових струму споживача, по-друге, підхід до фільтрації напруги на шинах живлення, що забезпечує спільну роботу різко змінних потужних навантажень з електроприймачами, чутливими до спотворень напруги. Отже, встановлено, що використання навіть базових систем управління якістю електроенергії дозволяє забезпечити значне підвищення продуктивності мережі електропостачання, що стосується зокрема зварювального обладнання.

Ключові слова: суднова електрична система, електрична мережа, струм, активна та неактивна напруга, лінійне та нелінійне навантаження, фільтрація.

Постановка проблеми. Однією з характерних особливостей сучасних суднових електроенергетичних систем (СЕС) є наявність в їх складі значної кількості обладнання, такого як випрямлячі, інвертори, перетворювачі частоти і блоки безперебійного живлення, в яких вольт-амперні характеристики є нелінійними. Таке обладнання генерує більш високі гармонійні складові струму і напруги, що негативно впливає на мережу живлення змінного струму. Ці гармоніки можуть викликати резонансні явища в СЕС, порушити роботу спеціальної комп'ютерної техніки, апаратів релейного захисту й автоматики, а також призвести до прискореного старіння ізоляції основного електрообладнання, що в кінцевому результаті знижує надійність електропостачання споживачів автономного об'єкта.

Ці фактори значно знижують якість електроенергії на СЕС, чому також сприяють несприятливі енергетичні та фізичні умови самої автономної системи, такі як обмеженість потужності короткого замикання, сумірність вихідних і навантажувальних потужностей, мала довжина і високий опір кабельних ліній електропередач, а також відсутність силових трансформаторів на більшості СЕС. У зв'язку з цим сьогодні все більше уваги приділяється розробці методів і засобів, здатних усунути негативний вплив вищих гармонійних складових на електроенергію, забезпечити необхідну якість електроенергії і виключити взаємний вплив паралельного обладнання на електромережу. Це вимагає створення систем управління генерацією, передачею і розподілом електричної енергії.

Створення нових засобів автоматизації повністю проблему не вирішує, оскільки основні елементи електроенергетичних систем не володіють достатньою керованістю, що накладає певні обмеження на функціонування автоматичних засобів. Це призвело до зростання інтересу до активного управління процесами генерації та розподілу електричної енергії, що дає можливість надавати необхідні властивості всій електроенергетичній системі. Робота з такими інструментами вимагає проведення досліджень з метою пошуку оптимальних рішень для конкретних умов, розробки нових схем і алгоритмів управління традиційним обладнанням, які забезпечать його ефективне використання в електроенергетичних системах.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У роботі [1] розглянуто причини зниження якості електроенергії СЕС. Розроблено алгоритм роботи системи управління для зменшення амплітуди коливаний енергообміну. При проведенні досліджень використовувалася математична модель і проводився експеримент в реальних умовах судна.

У роботі [2] розглянуто проблему виникнення енергообмінних коливань на морських електростанціях. Проведено експеримент і доведено адекватність розробленої математичної моделі паралельної роботи дизель-генераторів.

У роботі [3] розглянуто роботу багатогенераторної суднової енергетичної установки з точки зору існування в ній енергообмінних коливань. Для дослідження була розроблена математична модель і проведений експеримент в реальних умовах експлуатації.

У роботах [4, 5] розглянуто процеси динамічної компенсації реактивної енергії при пуску асинхронних двигунів від суднової електростанції порівнянної потужності. Наведено результати моделювання процесу прямого пуску електродвигуна без компенсації та з компенсацією струминного струму двигуна в умовах сумірності потужності генератора, зміни навантаження та компенсуючого пристрою. Проведено аналіз зміни активного і реактивного опору асинхронного двигуна при прямому і без прямого пуску.

У роботі [6] визначено, що розвиток морських інтегрованих енергетичних систем дозволив повністю електричному судну з електричними силовими установками жити від дизель-генераторів. Крім того, в останні десятиліття з'являються судна з гібридними джерелами живлення постійного струму, такими як паливні елементи, суперконденсатор і акумулятор. Незважаючи на кілька досліджень, пов'язаних з гібридно-електричними суднами, інтеграція гібридних енергетичних систем та їх застосування для морської промисловості все ще вимагає додаткових дослідницьких завдань, оскільки концепції морської енергетики мають унікальні особливості, які відрізняються від відомих концепцій гібридних транспортних засобів щодо кількості генераторів та розміру, реакції системи та характеристик профілю навантаження. Зокрема, ефективне управління енергією з точки зору розподілу навантаження між різними гібридними джерелами живлення є однією з критичних проблем морської гібридної системи. У даній роботі запропоновано частотно-навантажувальний підхід для управління потужністю та розподілу навантаження в гібридних електричних суднах постійного струму. Основна ідея полягає в тому, що кожне джерело живлення має розрізняльну здатність щодо часу відгуку. Шляхом застосування декількох фільтрів низьких частот допустимий діапазон частоти навантаження для кожного джерела живлення може бути класифікований і розподілений на кожен контролер потужності.

У статті [7] розглянуто загальні питання, пов'язані із сумарними номінальними напругами та частотами для суден, що заходять у європейські порти, та їх розрахунковим попитом на електроенергію. Крім того, наведений приклад поромного судна, яке в даний час переобладнується для з'єднання з берегом, а також описані деякі деталі, що стосуються технічних рішень та екологічних переваг.

Разом з тим, у відомій літературі відсутні питання дослідження підходів до фільтрації напруги на шинах живлення в електроенергетичній системі судна.

Мета дослідження – розробка підходів до фільтрації напруги на шинах живлення в електроенергетичній системі судна, що дозволяє забезпечити повне усунення гармонійних складових струму і напруги в будь-яких живильних електричних мережах, як з нескінченними генеруючими потужностями, так і порівнянними з потужністю, споживаною навантаженням, при будь-яких лінійних і нелінійних навантаженнях.

Основні результати дослідження. Запропоновано спосіб генерації компенсаторного струму в електромережу, який забезпечує повну компенсацію неактивних складових струму споживача. Щоб зрозуміти основні принципи роботи системи управління якістю електроенергії, розглянемо еквівалентну схему роботи компенсатора, що працює в енергосистемі, наведену на рис. 1.

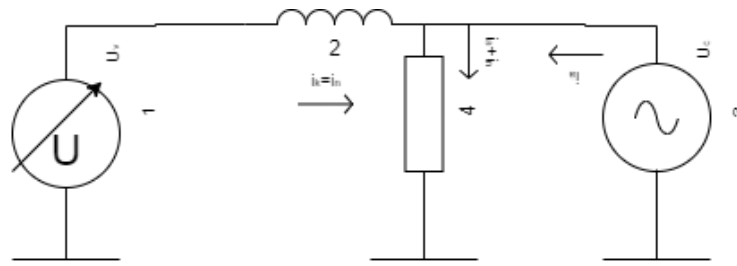


Рисунок 1 – Еквівалентна схема компенсатора

Схема заміщення складається з компенсуючого джерела напруги 1, споживача несинусоїдального струму 4, еквівалентного джерела напруги мережі живлення 3 і комутованого між ними реактора 2.

Електромагнітні процеси в такому контурі описуються таким диференціальним рівнянням:

$$u_v(t) = L \frac{di_k(t)}{dt} + u_c(t), \quad (1)$$

де $u_v(t)$ – миттєве значення напруги джерела компенсації;

L – індуктивність реактора;

$i_k(t)$ – миттєве значення струму компенсації;

$u_c(t)$ – миттєве значення напруги у вузлі мережі живлення.

Повна компенсація неактивних складових струму споживача може бути здійснена за умови, що

$$i_k(t) = -i_p(t), \quad (2)$$

де $i_p(t)$ – миттєве значення пасивної складової струму споживача.

Пасивну складову споживчого струму можна розрахувати відповідно до виразу

$$i_p(t) = i_n(t) - \frac{P_n}{U_{dc}^2} u_c(t), \quad (3)$$

де $i_n(t)$ – миттєве значення струму споживача;

P_n – активна потужність споживача;

U_{dc} – діюче значення напруги у вузлі мережі живлення.

Якщо замінити (3), враховуючи (2), в (1), тоді отримуємо

$$u_v(t) = -L \frac{di_k(t)}{dt} + L \frac{P_n}{U_{dc}^2} \frac{du_c(t)}{dt} + u_c(t). \quad (4)$$

Отримана таким чином напруга компенсаційного джерела 1, подана на реактор 2, підключений до вузла живлячої мережі, забезпечує вироблення необхідного компенсуючого струму в мережу живлення.

Розглядаємо, що справедливо для синхронної машини

$$e_v(t) = k i_v(t), \quad (5)$$

де k – коефіцієнт передачі синхронної машини;

$i_v(t)$ – струм в обмотці збудження, а з урахуванням (4) – регулювання струму збудження, відповідно до

$$i_v(t) = -\frac{L di_k(t)}{kdt} + \frac{LP_n}{kU_{dc}^2} \frac{du_c(t)}{dt} + \frac{1}{3} u_c(t), \quad (6)$$

буде генерувати необхідний компенсуючий струм.

Відзначимо, що роль індуктивності реактора у даному випадку виконує індуктивність синхронного автомата.

Відзначимо, що відмінною рисою цього методу є повна компенсація неактивних складових струму споживача, що дає можливість відмовитися від фільтруючих пристроїв, підключених до вузла живлення, навіть при несинусоїдальному струмі споживача.

Для оцінки якісних характеристик системи автоматичного управління, що реалізує запропонований метод, записуємо (4) в символьній формі:

$$u_v(t) = -L \frac{di_k(t)}{dt} + L \frac{P_n}{U_{dc}^2} \frac{du_c(t)}{dt} + u_c(t) = u_{v2}(t) - u_{v1}(t). \quad (7)$$

З виразу (7) видно, що вихідний сигнал системи управління – це різниця між вихідними сигналами двох незалежних ланок.

Функція передачі першої ланки визначається як

$$K(D) = \frac{u_{v1}(t)}{i_v(t)}, \quad (8)$$

що має розмірність опору і є передавальною функцією ідеальної диференціюючої ланки. Заміна D на $j\omega$ призводить до комплексного коефіцієнту передавання:

$$K(j\omega) = K(D)_{D=j\omega} = j\omega L. \quad (9)$$

Амплітудно-частотні та фазово-частотні характеристики першої ланки визначаються відповідно як

$$\begin{aligned} K(\omega) &= |K(j\omega)| = \omega L, \\ \varphi(\omega) &= \frac{\pi}{2}. \end{aligned} \quad (10)$$

Передавальна функція другої ланки визначається як

$$K(D) = \frac{u_{v2}(t)}{u_c(t)} + L \frac{P_n}{U_{dc}^2} D, \quad (11)$$

що не має розмірності, і є передавальною функцією ідеальної форсууючої ланки. Комплексний коефіцієнт передавання задається як

$$K(j\omega) = K(D)_{D=j\omega} = 1 + j\omega L \frac{P_n}{U_{dc}^2}. \quad (12)$$

Амплітудно-частотні та фазово-частотні характеристики другої ланки визначаються відповідно як

$$\begin{aligned} K(\omega) &= |K(j\omega)| = \sqrt{1 + \omega^2 L^2 \frac{P_n^2}{U_{dc}^4}}, \\ \varphi(\omega) &= \arctg \omega L \frac{P_n}{U_{dc}^2}. \end{aligned} \quad (13)$$

Таким чином, система управління будується з елементів з позитивними параметрами, не має зворотного зв'язку, а, значить, є стабільною і має достатню стабільність зовнішніх показників.

Структурна схема системи автоматичного регулювання неактивних силових компонентів показана на рис. 2.

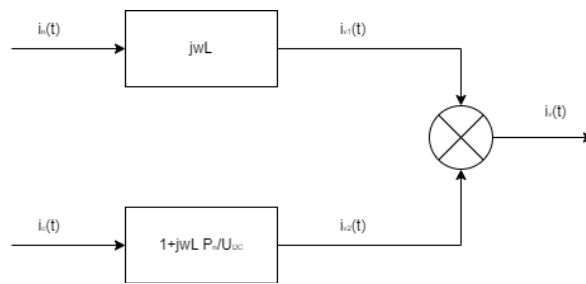


Рисунок 2 – Структурна схема системи автоматичного регулювання неактивних силових компонентів

Якщо компенсація всіх нелінійних навантажень в електроенергетичних системах суден, де вироблена потужність порівнянна з потужністю, споживаної навантаженням, з якихось причин неможлива, то попередній підхід вже не може забезпечити достатній коефіцієнт корисної дії.

У цьому випадку гармонійні струми, що протікають через нелінійне навантаження, викликають падіння гармонійної напруги при внутрішньому опорі джерела, в результаті чого крива напруги прикладається до навантаження, навіть якщо джерело напруги ідеально синусоїдальне.

Щоб виправити спотворення кривої напруги на блоці живлення, необхідно не допускати протікання гармонійних струмів через нелінійне навантаження і направляти їх по паралельній схемі, підключеної до джерела. Таким чином, буде досягнута більш стабільна крива напруги.

На рис. 3 показана схема заміщення для такого випадку. Паралельна схема тут представлена деяким імпедансом K . Гармонійний струм, створюваний нелінійним навантаженням I_{Lh} , ділиться на дві частини. Одна частина I_{Sh} протікає через гілку джерела, інша – по гілці з імпедансом K .

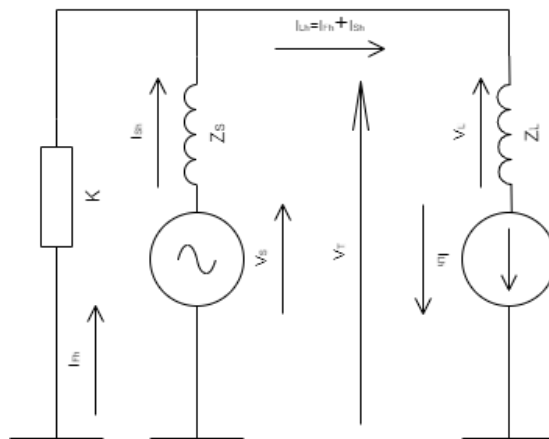


Рисунок 3 – Схема заміщення компонентів струму пасивного навантаження на шинах генератора

Виходячи з першого закону Кірхгофа, струм I_{Fh} в гілці з імпедансом K визначається як

$$I_{Fh} = I_{Lh} - I_{Sh}. \tag{14}$$

З іншого боку, виходячи з другого закону Кірхгофа, для ланцюга, зображеного на рис. 1, істинним є такий вираз

$$KI_{Fh} = Z_L I_{Lh}. \quad (15)$$

Заміна I_{Fh} з (14) на (15) призводить до такого результату:

$$KI_{Lh} - KI_{Sh} = Z_L I_{Lh}, \quad (16)$$

Звідки для струму гармонік I_{Sh} , що протікає через джерело, може бути записано

$$I_{Sh} = \frac{(K - Z_L)}{K} I_{Lh}. \quad (17)$$

Напругу на шинах, що живлять нелінійне навантаження, можна визначити як

$$V_T = V_S - Z_S I_{Sh}. \quad (18)$$

Аналіз виразу (17) показує, що при $|K - Z_L| \approx 0$ струм I_{Sh} також приблизно дорівнює нулю. Іншими словами, гармонійний струм перестає протікати через гілку джерела і повністю протікає через гілку з імпедансом K , тобто імпеданс K шунтує джерело на гармонійні складові нелінійного струму навантаження. Оскільки гармонійні складові нелінійного струму навантаження в цьому випадку вже не протікають через джерело, це не створює падіння гармонійної напруги при внутрішньому імпедансі джерела. Отже, форма кривої напруги на шинах V_T , що живлять, спотворюється. З виразу (18) випливає, що за вищевказаних умов $V_T \approx V_S$.

Технічно паралельна гілка з необхідним імпедансом K може бути реалізована за допомогою керованого джерела струму.

Якщо джерелом струму управляти таким чином, що зв'язок між струмом і напругою в паралельній гілці є таким самим, як і в гілці з потрібним імпедансом, то процеси в іншому ланцюзі не будуть залежати від того, імпеданс є біполярним активним або пасивним. Суть такої гілки полягає в тому, що вона буде функціонувати як фільтр активної потужності. Рис. 4 показує, як можна створити такий фільтр.

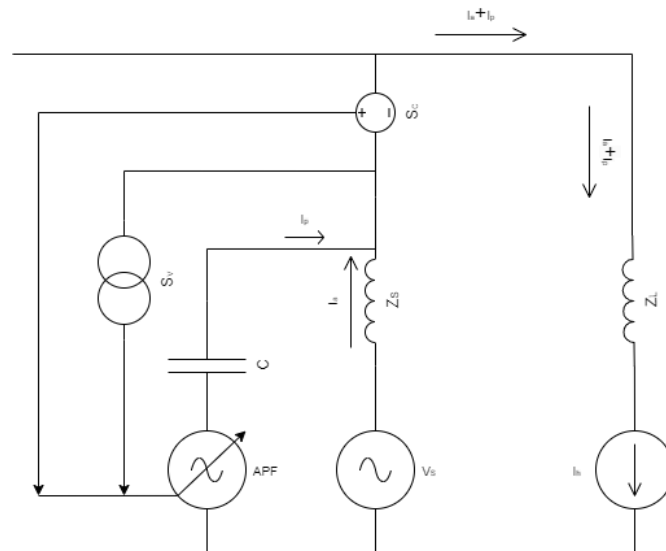


Рисунок 4 - Еквівалентна схема побудови силового активного фільтра

Активний фільтр працює так. Дані про напругу на клеммах генератора потужності V_S і струму в живильних рейках від датчика напруги і датчика струму S_V надходять в систему управління активним фільтром APF . Силова схема активного фільтра відпрацьовує необхідний імпеданс. Таким чином, неактивні складові струму шин живлення протікають через активний

фільтр і не створюють падіння напруги на внутрішньому імпедансі генератора, що, у свою чергу, забезпечує синусоїдальну форму кривої напруги живлення на силових шинах V_T .

Аналіз осцилограм передбачуваного активного фільтра, напруги живлячої мережі (перше) і струму генератора (по-друге), отриманих в результаті комп'ютерного моделювання двох експериментів, показує, що до того, як активний фільтр почав свою роботу, напруга на напрямках живлення і струм генератора містили велику кількість гармонік. Гармонійний склад кривої струму генератора до того часу, коли активний фільтр почав свою роботу, схожий на гармонійний склад мережевого струму першого експерименту, так як в обох експериментах використовувалося одне і те ж навантаження. Однак, коли активний фільтр починає свою роботу, напруга на живильних рейках і струм генератора стають синусоїдальними. Зазначимо, що в цьому випадку амплітуда струму генератора зменшується, оскільки зі струму генератора зникають його неактивні компоненти.

Висновки. Таким чином, досліджено особливості електричних процесів, що відбуваються в електроенергетичних системах обмеженої потужності, що працюють на нелінійному навантаженні. Досліджено систему регулювання неактивних складових потужностей. Розроблено активний підхід до фільтрації напруги на шинах живлення, що забезпечує спільну роботу різко змінних потужних навантажень з електроприймачами, чутливими до спотворень напруги. Встановлено, що для досягнення найбільш ефективного використання енергетичних потужностей електрообладнання необхідне об'єднання статичних компенсаторів на шинах навантаження і активних фільтрів на шинах генератора. Тільки в цьому випадку можна домогтися суворої синусоїдальності як напруги, так і струму мережі живлення. Отже, встановлено, що використання навіть найпростіших систем управління якістю електроенергії дозволяє значно підвищити ефективність експлуатації мережі електропостачання за рахунок зварювального обладнання.

ЛІТЕРАТУРА

1. Савенко А. Е. Оптимизация работы судовой электростанции с целью повышения качества электроэнергии. *Вісник Вінницького політехнічного інституту*. 2013. № 6(111). С. 74–78.
2. Савенко О. Е. Теоретичне та експериментальне дослідження роботи багатогенераторної суднової електроенергетичної системи. *Вісник Вінницького політехнічного інституту*. 2011. № 3. С. 58–62.
3. Савенко О. Е. Оптимізація роботи багатогенераторної суднової електроенергетичної системи. *Вісник Вінницького політехнічного інституту*. 2012. № 1. С. 131–134.
4. Муха Н. И., Павленко С. С., Дудко С. А. Компенсация реактивной энергии в судовой электроэнергетической системе при пусках асинхронных двигателей. *Електромеханічні і енергозберігаючі системи*. 2012. № 3(19). С. 283–287.
5. Муха Н. И., Дудко С. А. Анализ алгоритмов управления судовыми установками компенсации реактивной энергии. *Проблеми енергоресурсозбереження в електротехнічних системах. Наука, освіта і практика*. 2011. Вип. 1/2011 (1). С. 96–97.
6. Load Frequency-Based Power Management for Shipboard DC Hybrid Power Systems. URL: https://ntnuopen.ntnu.no/ntnu-xmlui/bitstream/handle/11250/2728511/ISIE2020_HybridShip_Kwon_CameraReady.pdf?sequence=2 (дата звернення: 19.12.2023).
7. Borkowski T., Tarnapowicz D. «Shore to ship» system – an alternative electric power supply in port. *Journal of KONES. Powertrain and Transport*. 2015. Vol. 19. P. 49–58.

REFERENCES

1. Savenko, A. (2013). Optimizatsiya raboty sudovoy elektrostantsii s tsel'yu povysheniya kachestva elektroenergii [Optimization of the ship power plant to improve power quality]. *Visnik Vinnits'kogo politekhnichnogo institutu*, 6(111), 74-78.
2. Savenko, O. (2011). Teoretichne ta eksperimental'ne doslidzhennya roboti

bahatoheneratornoyi sudnovoyi elektroenerhetychnoyi systemy [Theoretical and experimental study of the multi-generator ship power system]. *Visnik Vinnits'kogo politekhnichnogo institutu*, 3, 58-62.

3. Savenko, O. (2012). Optimizatsiya roboti bahatoheneratornoyi sudnovoyi elektroenerhetychnoyi system [Optimization of the multi-generator ship power system]. *Visnik Vinnits'kogo politekhnichnogo institutu*, 1, 131-134.

4. Mukha, N., Pavlenko, S., & Dudko, S.(2012). Kompensatsiya reaktivnoy energii v sudovoy elektroenergeticheskoy sisteme pri puskakh asinkhronnykh dvigateley [Reactive power compensation in the ship power system during start-up of induction motors]. *Elektromekh. I energozberezhayuchi sistemi*, 3(19), 283-287.

5. Mukha, N., & Dudko, S. (2011). Analiz algorimov upravleniya sudovymi ustanovkami kompensatsii reaktivnoy energii [Analysis of control algorithms for ship reactive power compensation systems]. *Problemi enerhoresursozberezhennya v elektrotekhnichnikh sistemakh. Nauka, osvita I praktika*, 1/2011(1), 96-97.

6. Load Frequency-Based Power Management for Shipboard DC Hybrid Power Systems. (n.d.). https://ntnuopen.ntnu.no/ntnu-xmli/bitstream/handle/11250/2728511/ISIE2020%5C_hybridship%5C_Kwon%5C_cameraready.pdf?Sequence=2

7. Borkowski, T., & Tarnapowicz, D. (2015). «Shore to ship» system – An alternative electric power supply in port. *Journal of KONES. Powertrain and Transport*, 19, 49-58.

Daki O.A., Yakusevych Yu.H., Tryshyn V.V., Kolesnyk V.V.

DEVELOPMENT OF APPROACHES TO FILTERING INACTIVE AND ACTIVE VOLTAGE ON POWER SUPPLY BUSBARS IN THE SHIP'S ELECTRIC POWER SYSTEM

The aim of the article is to develop approaches to voltage filtering on power supply buses in the ship's electric power system, which allows to ensure complete elimination of harmonic components of current and voltage in any supplying electric power networks, both with infinite generating capacities and comparable to the power consumed by the load, under any linear and nonlinear loads. This goal is achieved by developing two approaches to filtering inactive and active voltages on power supply buses in a ship's electric power system. It has been established that one of the characteristic features of modern ship power systems is that they contain a significant amount of equipment, such as rectifiers, inverters, frequency converters and uninterruptible power supplies, in which the volt-ampere characteristics are non-linear. This equipment generates higher current and voltage harmonics, which adversely affects the AC power supply network. These harmonics can cause resonance phenomena in the ship's electrical power system, disrupt the operation of special computer equipment, relay protection and automation devices, and accelerate the aging of the insulation of the main electrical equipment, which ultimately reduces the reliability of power supply to consumers of an autonomous facility. Therefore, more and more attention are paid to the development of means and methods of active control of power generation and distribution in accordance with certain requirements to ensure the required power quality and eliminate the interaction of parallel equipment with the power grid. The most significant result is, firstly, a method of generating compensatory current to the power grid that ensures full compensation of inactive components of the consumer's current, and secondly, an approach to voltage filtering on the power buses that ensures joint operation of sharply variable power loads with electrical receivers sensitive to voltage distortions. Thus, it has been established that the use of even basic power quality management systems can provide a significant increase in the performance of the power supply network welding equipment.

Key words: ship electrical system, power grid, current, active and inactive voltage, linear and nonlinear load, filtration.