

Волянська Я. Б., Волянський С. М., Онищенко О. А., Унгаров Д. В., Шевченко В. А.

ПРОБЛЕМИ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ФАКТОРУ СУДНОВИХ СИСТЕМ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

В статті розглянуті проблемні питання створення енергоефективних систем електропостачання для регульованого електроприводу і іншого виду споживачів, що використовуються у засобах водного транспорту різного цільового призначення. Розглянуто електроенергетичні показники судна, які характеризують ефективність використання та споживання електричної енергії, навантажувальні та перевантажувальні характеристики всієї суднової системи електропостачання. Показано, що в останні роки особлива увага приділяється підвищенню якості електроенергії, що споживається з суднової мережі, та забезпеченню електромагнітної сумісності суднових електроенергетичних пристроїв. Проведено аналіз існуючих можливостей підвищення енергетичного фактору суднових споживачів. Запропоновано, з метою підвищення енергетичного фактору системи і для підвищення конкурентоспроможності кінцевого технічного рішення, на прикладі SRM-електроприводу, передбачати передустановку різного типу й призначення корегувальних пристроїв, а саме, активних коректорів коефіцієнту потужності АККП (PFC).

Для аналізу існуючих алгоритмів роботи активних коректорів коефіцієнту потужності, а також для розрахунку елементів схеми та перевірки працездатності проектного пристрою, проведено моделювання процесів у фазі SRM-електроприводу з використанням середовища MATLAB та його енергетичних бібліотек.

Ключові слова: *регульований електропривод, електромагнітна сумісність, коректор коефіцієнту потужності, якість електроенергії.*

Постановка проблеми у загальному вигляді. Основна маса електроприводів, що застосовуються на морських і річкових судах (більше 90 %), це винайдені ще у 1889 році трифазні асинхронні електродвигуни (АД) з короткозамкненим ротором. На основі АД утворюють, так званий, нерегульований електропривод (ЕП). При застосуванні нерегульованого ЕП доводиться миритися з використанням засувки у насосах та вентиляторах, використовувати складні механічні передачі, наприклад, редуктори, коробки передач (швидкостей) в механізмах, де потрібно змінювати швидкість і регулювати продуктивність технологічного процесу. Доводиться миритися і з тим, що технологічні процеси з нерегульованим електроприводом практично неможливо автоматизувати та дуже важко забезпечується їх енергетична оптимізація при різних навантаженнях [2, 9].

Пріоритетний напрямок у сучасному судновому електроприводі – перехід від нерегульованого електроприводу до регульованого. Це стало можливим завдяки досягненням силової та інформаційної електроніки: між мережею та електродвигуном включається електронний керований перетворювач енергії і електропривод набуває додаткові споживчі якості.

Потрібно відзначити, що силова і керуюча електроніка породила і конкурентів асинхронному електроприводу, який раніше домінував у всіх технічних галузях. Це, наприклад, регульовані електроприводи, побудовані на основі сучасних двигунів: *BLDC* –

Brushless DC Electric Motor (безколекторний електродвигун постійного струму) [2], *PMSM* – *Permanent Magnet Synchronous Motor* (синхронний двигун з постійними магнітами), *SRM* – *Switched Reluctance Motor* (вентильний реактивний двигун). Загалом, електроприводи, побудовані на основі перелічених вище типів електродвигунів, мають електронні системи управління, схожі на застосовувані для асинхронного регульованого електроприводу.

Так, регульований *SRM*-електропривод є потенційним кандидатом для використання його у пропульсивному комплексі суден наступного покоління – через його низьку вартість, вкрай низьке використання кольорових матеріалів, високу ефективність, здатність працювати при високих температурах та у жорстких кліматичних умовах. Тим не менш, *SRM*-електроприводи мають суттєвий недолік – високі пульсації обертаючого моменту. Це може створювати, крім шуму в транспортних засобах і їх механізмах, підвищені пульсації споживаного струму.

Можна вважати, що ефективність використаних енергозберігаючих технологій значною мірою визначається ефективністю регульованого електроприводу. Розробка високопродуктивних, компактних та економічних систем регульованого електроприводу для водного транспорту різного призначення є пріоритетним напрямком розвитку сучасної науки та техніки. Слід визнати, що особлива увага в останні роки приділяється підвищенню якості електроенергії, що споживається з суднової мережі, та забезпеченню електромагнітної сумісності пристроїв [4, 5].

Наприклад, вимоги загальнопромислових міжнародних стандартів, таких як *IEC 61000-3*, *IEEE 519* та інших, до якості енергоспоживання з роками постійно посилюються, а темпи впровадження подібних стандартів в Україні суттєво відстають від міжнародних. Останніми роками ситуація починає змінюватися. Переглянуто не лише старі вимоги, що висуваються до показників якості електроенергії (наприклад, ГОСТ 13109-97, [1]), але й запроваджені нові показники якості, що відповідають ГОСТ Р 51317.3.2-99 (МЕК 61000-3-2-95). Відповідно до останнього стандарту коефіцієнт потужності працюючої апаратури повинен наближатися до одиниці для всіх споживачів потужністю понад 300 Вт. Невиконання вимог стандарту тягне за собою не тільки відсутність конкурентоспроможності, а й призводить до неможливості взагалі вийти зі своєю продукцією на світовий ринок. Про державну значущість цього питання свідчить ухвалення Закону України “Про електромагнітну сумісність”.

У зв'язку з цим виникає проблема пошуку відповідного сучасним запитам практики рішення, а саме проблема проектування та виготовлення пристроїв, що коригують коефіцієнт потужності споживача. Слід зазначити, що створення та освоєння промисловістю Заходу високоефективних силових приладів і обчислювальних пристроїв та урахування можливостей програмованих мікроконтролерів, значно розширилися функціональні можливості більшості силових корегуючих пристроїв, що спрощує проектувальникам вирішення зазначених проблем.

Багато великих закордонних виробників електронної апаратури (*Semiconductor*, *Infineon Technologies*, *International Rectifier* та інші) приділяють велику увагу розробкам пристроїв, які активно керують енергією споживаною з мережі. Це робиться з однією метою – метою суттєвого та якісного підвищення коефіцієнта потужності споживача енергії. Але до цього часу ще не існує загальноприйнятих, яким би віддавалася явна перевага, схемотехнічних рішень для виконання таких пристроїв, однозначних алгоритмів їх роботи, методик обрання окремих елементів. Для аналізу існуючих алгоритмів роботи, наприклад, активних коректорів коефіцієнту потужності (АККП), а також для розрахунку елементів схеми та перевірки працездатності проектованого пристрою, потрібні трудомісткі, не завжди обґрунтовані, розрахунки у часовій та частотній областях. У зв'язку з цим, останнім часом, з'явилася практика проведення досліджень у

спеціалізованих інтегрованих пакетах математичного моделювання. Наприклад, проблеми попереднього моделювання активних коректорів коефіцієнту потужності (АККП або *PFC* – *Power Factor Correction*), які працюють на навантаження у вигляді інверторів різноманітних регульованих електроприводів, добре вирішуються з використанням *MATLAB* та його енергетичних бібліотек [3, 7].

Метою статті є аналіз існуючих можливостей підвищення енергетичного фактору суднових мереж електропостачання. Вирішення названого наукового завдання є, безумовно, актуальним, оскільки дозволить при проектуванні сучасних систем електропостачання різноманітних засобів водного транспорту, передбачати передустановку різного типу та призначення пристроїв, що підвищують енергетичний фактор споживача, наприклад, використати АККП (*PFC*) і тим самим забезпечити конкурентоспроможність кінцевого технічного рішення.

1. Виклад основного матеріалу

1.1. Основні терміни, визначення та співвідношення

Наступні електроенергетичні показники судна характеризують ефективність використання та ефективність споживання електричної енергії, навантажувальні та перевантажувальні характеристики всієї суднової системи електропостачання.

Коефіцієнт корисної дії (ККД) характеризує ефективність використання обладнання та представляє відношення вихідної активної потужності до вхідної:

$$\eta = \frac{P_{\text{вих}}}{P_{\text{вх}}} \cdot 100\% \quad (1)$$

Повна потужність (S) – характеризує величину завантаженості мережі обладнанням, що дорівнює добутку діючих значень напруги та струму:

$$S = U \cdot I \quad (\text{ВА}) \quad (2)$$

і визначається трьома складовими потужності:

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2 + T^2} \quad (3)$$

де P – активна потужність (Вт), Q – реактивна потужність (ВАр), T – потужність спотворення (ВА). Для лінійних навантажень маємо $T = 0$.

Коефіцієнт потужності (K_p) характеризує ефективність споживання енергії та представляє відношення активної потужності до повної:

$$K_p = \frac{P}{S} = \cos\varphi_1 \cdot K_{\text{нл}} \quad (4)$$

де φ_1 – фазовий зсув між першими гармоніками напруги та струму, $K_{\text{нл}}$ – коефіцієнт нелінійності

$$K_{\text{нл}} = \frac{I_1}{I} \leq 1, \quad (5)$$

а I_1 – чинне значення першої (основної) гармоніки струму, I – чинне значення несинусоїдального періодичного струму:

$$I = \sqrt{\sum_{n=1} I_n^2},$$

при I_n – діюче значення n -ої гармоніки струму, n – порядок вищої гармоніки струму.

Енергетичний коефіцієнт (енергетичний фактор) – узагальнений показник ефективності обладнання:

$$K_e = \eta \cdot K_p. \quad (6)$$

Коефіцієнт спотворення синусоїдальності – характеризує ступінь відхилення форми періодичної кривої струму від синусоїдальної.

За визначенням ГОСТ 13109-97 [1] маємо

$$K_c = \frac{\sqrt{\sum_{n=2} I_n^2}}{I_1}. \quad (7)$$

Коефіцієнт нелінійності, що впливає на значення коефіцієнта потужності, може бути представлений через коефіцієнти спотворення синусоїдальності:

$$K_{нл} = \frac{1}{\sqrt{1 + K_c^2}}. \quad (8)$$

1.2. Застосування активних коректорів коефіцієнту потужності у схемах джерел електропостачання суднових електроприводів

Особливою проблемою створення електроприводів, призначених для живлення від бортової електромережі, є обмеження, що накладаються на величину струму, який споживається з мережі. Наприклад, у побутових системах електропостачання, при живленні від мережі напругою 220 В, 50 Гц (європейський стандарт), воно становить 10 А, а від мережі напругою 115 В, 60 Гц (стандарт США) – 15 А. Для морських транспортних засобів такі обмеження встановлюються у кожному конкретному випадку й можуть бути навіть більш жорсткими. Отже, для підвищення корисної потужності регульованого електроприводу, без перевищення допустимих значень струмів, необхідно підвищувати коефіцієнт потужності системи [6, 8].

З іншого боку, сучасні вимоги до суднових споживачів електроенергії включають вимоги щодо електромагнітної сумісності. Підвищені вимоги по коефіцієнту потужності і формі струмів, що споживаються з мережі, роблять бажаним застосування спеціальних засобів корекції форми вхідного струму.

Ці два аспекти обґрунтовують застосування у складі схеми джерела електропостачання активних коректорів коефіцієнту потужності. Застосування АККП теоретично дозволяє збільшити $\cos\varphi$ до величини, щонайменше, 0,99. При цьому ККД АККП становить, щонайменше, 0,94. Енергетичний фактор електротехнічної установки (1.6) при цьому зростає. Наприклад, при ККД споживача 0,75 і його $\cos\varphi = 0,65$, енергетичний фактор зростає на 21 % = $(0,94 \cdot 0,75 \cdot 0,99 - 0,75 \cdot 0,65)$, що й становить частку потенційного збільшення корисної потужності. При цьому, також, суттєво покращується якість вхідного струму споживача – він стає практично синусоїдальним.

Таким чином, коректор коефіцієнту потужності виконує у системі:

- формування такого вхідного струму установки, який повторює за формою вхідну напругу. Це збільшує коефіцієнт потужності та дозволяє збільшити крутний момент електроприводу за рахунок підвищення допустимого значення корисної потужності;
- підвищення та стабілізацію напруги U_d живлення інвертора ЕП. Це дозволяє отримати крутний момент, який не залежить від величини вхідної напруги.

Математичне моделювання електроенергетичних процесів у джерелі постійної напруги (ДПН) споживача необхідне не тільки для підвищення точності розрахунку електромагнітних процесів у системі, але й для визначення параметрів та вибору силових електронних приладів, дроселя ККП, конденсатора фільтра, для розрахунку розмірів охолоджуючого силові елементи радіатора.

1.3. Коефіцієнт потужності джерел енергії суднових електроприводів (на прикладі *SRM*-електроприводу)

Вентильний реактивний електродвигун (ВРД) є досить складною електромеханотронною системою (рис. 1), до складу якої входять власне індукторна машина ІМ, перетворювач-комутатор частоти ПЧ, система управління СУ, вентильний комутатор ВК і датчик положення ротора ДПР.

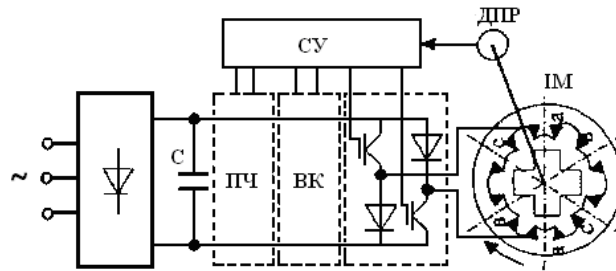


Рисунок 1 – Функціональна схема *SRM*-електроприводу

Функціональне призначення цих елементів *SRM* очевидне: перетворювач частоти забезпечує живлення фаз ІМ однополярними імпульсами напруги прямокутної форми; ІМ здійснює електромеханічне перетворення енергії, а система управління СУ, відповідно до закладеного в неї алгоритму і сигналів зворотного зв'язку, що надходять від датчика положення ротора, керує всім процесом обертання ротора двигуна. Робота інвертора, що комує фази *SRM* двигуна, супроводжується періодичними режимами споживання струму від конденсатора *C* та його наступної підзарядки. Звичайно, такий характер перебігу струму призводить до імпульсного споживання енергії з мережі. Приймаємо, у загальному випадку, що імпульсний блок живлення є однофазним мостовим випрямлячем, навантаженим на ємнісний фільтр і високочастотний імпульсний перетворювач. Така схема характеризується негармонічною формою споживаного струму (див. рис. 2, 3 та 4).

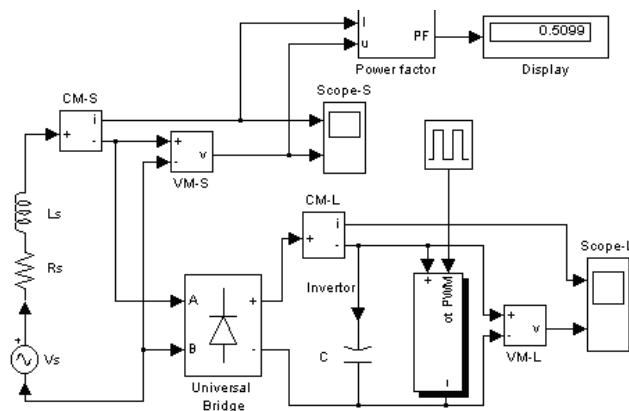


Рисунок 2 – Схема однофазного імпульсного джерела живлення, навантаженого на одну фазу *SRM*

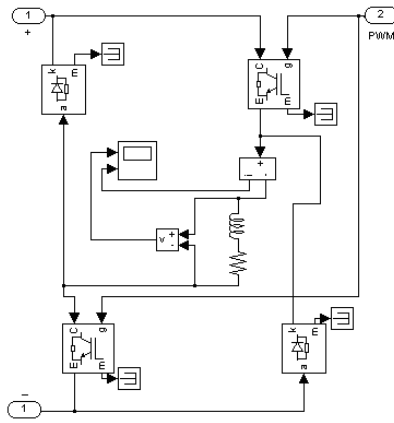


Рисунок 3 – Схема підключення однієї фази інвертора SRM

При синусоїдальній вхідній напрузі мережі споживаний струм $I_{ВХ}$ кожен напівперіод набуває форми імпульсу, тривалість t_i і амплітуда I_{iM} якого залежать від моменту відмикання діодів і вхідного опору випрямляча на інтервалі споживання ним струму, і характеризується певним коефіцієнтом амплітуди (див. рис. 4).

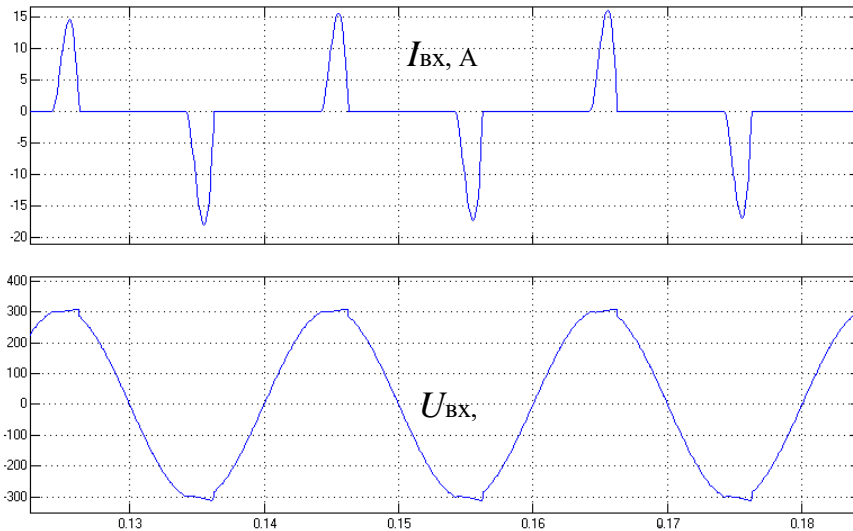


Рисунок 4 – Форма напруги та струму на вході випрямляча

Як видно із рис. 4, такого роду навантаження споживає з мережі струм короткими імпульсами, що в свою чергу говорить про неприпустимо низький коефіцієнт потужності. Це підтверджується за допомогою модельних розрахунків. Користуючись формулами п.1.1 можна розрахувати величину коефіцієнту потужності. У розробленій моделі для розрахунку коефіцієнту потужності служить блок *Power factor*, внутрішня структура якого показана на рис. 5 [3].

Обчислення коефіцієнту потужності проводиться за формулою:

$$K_p = \cos\varphi_1 \cdot K_{нл} = \cos\varphi_1 \cdot \frac{1}{\sqrt{1+K_c^2}},$$

де $K_c = THD$ (*Total harmonic distortion*); $\cos\phi_1$ – фазовий зсув між першими гармоніками напруги та струму. Для визначення використовуються блоки *Fourier analyzer* та блоки стандартних математичних функцій.

Як показали результати моделювання, коефіцієнт потужності звичайного джерела живлення для *SRM*-електроприводу не перевищує 0,6. Це для сучасних виробів дуже низьке значення. Крім того, слід звернути увагу ще на дві обставини.

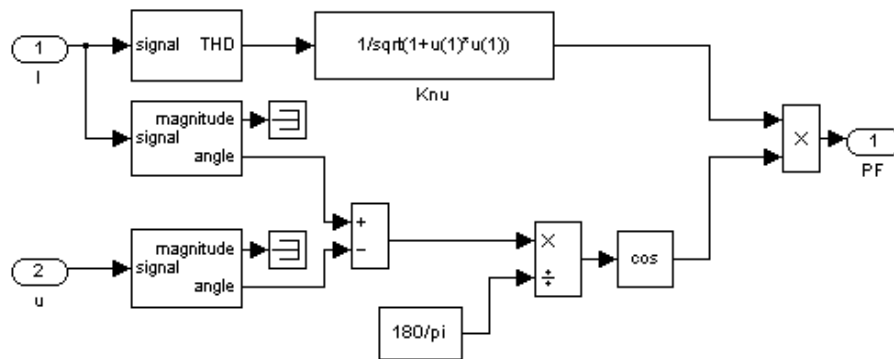


Рисунок 5 – Структура блоку вимірювання коефіцієнту потужності

По-перше, це те, що піковий струм, який споживається з мережі, виявляється у кілька разів вищим, ніж середній. Як відомо, корисна потужність визначається середнім струмом, тоді як падіння напруги на дротах – піковим.

По-друге, струм, споживаний короткими імпульсами, має високу швидкість зміни і, відповідно, створює електромагнітні перешкоди для суднової мережі у широкому спектрі частот.

Але значення гармонік струму споживання обмежені досить жорсткими міжнародними стандартами. І, наприклад, якщо традиційні перетворювачі та інвертори до, приблизно, 250 Вт перетвореної активної потужності з хорошим мережним фільтром задовольняють цим стандартам, то при великих потужностях (вже більших 300 Вт), перетворювач, силовий інвертор або блок живлення (БЖ) принципово не можуть відповідати їм. Вихід на світовий ринок із таким виробом неможливий. У зв'язку із зазначеним, з'являється гостра необхідність у застосуванні спеціальних засобів для підвищення коефіцієнту потужності.

Такі засоби, з одного боку позитивно діють на мережу живлення, а з іншого боку – дають підвищення енергетичного фактору споживача, у нашому прикладі – *SRM*-електроприводу. Дещо покращити проблему дозволяє використання у схемотехніці перетворювачів і інверторів елементів пасивної корекції енергетичного фактору *PF* (*PPFC*). Такі пасивні елементи відрізняються значно більшою масою, у порівнянні з АККП. У корпусі *PPFC*, на виході випрямляча, розміщується великогабаритний дросель класичного *LC*-фільтру. Дросель і конденсатор згладжують імпульси струму та напруги, роблячи процес споживання потужності з мережі більш рівномірним. Але вирішити основну проблему, пов'язану з імпульсним характером споживання струму на подвоєній частоті мережі, у такий спосіб не вдасться [10].

Усього вищезазначеного можна уникнути, якщо з боку мережі блок живлення буде виглядати як суто дисипативний опір. Незважаючи на різноманітність існуючих пристроїв та застосованих у них рішень, принцип роботи інверторів з АККП (*APFC*) можна розглянути на прикладі.

Коректор коефіцієнту потужності – це не що інше, як майже звичайний імпульсний регулятор, що живиться випрямленою, але не згладженою мережевою напругою, і стабілізує напругу на вихідному накопичувальному конденсаторі C (див. рис. 6).

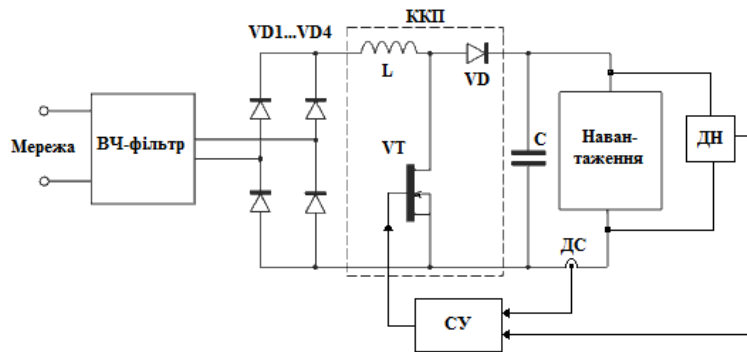


Рисунок 6 – Загальна схема джерела живлення з коректором коефіцієнту потужності

Основний принцип його дії є досить простий. Спочатку, на короткий період, замикається транзисторний ключ VT і в котушці індуктивності L починає наростати струм. Через деякий час ключ розмикається, а енергія, накопичена в котушці, через діод VD переходить у вихідний накопичувальний конденсатор C . Цей цикл безперервно повторюється. В результаті, на накопичувальний конденсатор C надходять порції енергії, значення яких залежать від: *a*) вхідної напруги; *б*) значення індуктивності встановленої котушки; *в*) часу замкнутого стану ключа.

Індуктивність L необхідно обирати невеликою, щоб розміри котушки та втрати у ній були незначні. Але частоту повторення циклів роблять високою, до сотень тисяч кГц. Необхідно підкреслити, що при збільшенні частоти циклу падає ККД АККП через суттєве зростання втрат на перемикання ключового транзистора. Саме таке протиріччя необхідно вирішувати не тільки попередніми розрахунками, а і засобами моделювання. Визначення втрат у ключі дозволяє обрати охолоджувальний радіатор. Площа поверхні радіатора дозволяє визначити масогабаритні показники АККП. Зрозуміло, що це є ітераційною задачею, яку неможливо вирішити без сучасних засобів моделювання.

Висновки. Показано, по-перше, що одним з головних завдань сучасних систем електропостачання засобів водного транспорту є забезпечення такого керованого циклу включень/вимкнень ключових елементів АККП, щоб вхід перетворювача з боку мережі поведився як дисипативний опір (тобто струм у кожний момент часу був пропорційний напрузі). По-друге, необхідно, щоб на вихідному конденсаторі підтримувалася постійна (стабілізована) напруга, яка щонайменше залежить від рівня і типу навантаження та напруги мережі. При цьому між напругою в мережі і струмом, що відбирається від неї, не буде ні зсуву фаз ($\cos\varphi = 1$), ні порушення пропорційності. Ці функції покладаються на алгоритм роботи контролера АККП. По-третє, застосування активного коректора коефіцієнту потужності є не лише бажаним (з точки зору міжнародних законів та економії енергоспоживання), а й обов'язковим, враховуючи необхідність підвищення стабільності і якості електропостачання на транспортних засобах.

ЛІТЕРАТУРА

1. Електрична енергія. Сумісність технічних засобів електромагнітна. Норми якості електричної енергії у системах електропостачання загального призначення.

- Міждержавний стандарт ГОСТ 13109-97: – На заміну ГОСТ 13109-87; чинний з 1999–01–01. – К.: Держспоживстандарт України, 1999. – 52 с.
2. Волянська, Я. Б. Спрощена модель безконтактного вентильного електроприводу та його технічна реалізація для автономного плавального апарата / Я. Б. Волянська, О. А. Онищенко // Автоматизація технологічних і бізнес-процесів. – 2018. – № 1 (2018). – Т. 10. – С. 64–68.
 3. Карпович О. Я. Аналіз схем електроприводів вентильно-індукторних двигунів з метою їх моделювання у середовищі Матлаб / О. Я. Карпович, Г. В. Налева, О. А. Онищенко // Sciences of Europe. – 2021. – Том 1. – № 75. – С. 42-49. DOI: 10.24412/3162-2364-2021-75-1-3-5.
 4. Anibal, T. Policy options to promote energy efficient electric motors and drives in the EU review article / Anibal, T. de Almeida, Joao Fong, Hugh Falkner, Paolo Bertoldi // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2017. – Vol. 74. – P. 1275–1286.
 5. Archa, V. S. A comparison on the performance of BLDC motor drive with DBR, Luo and BL-Luo / V. S. Archa, Sojy C. Rajan // Imperial Journal of Interdisciplinary Research. – 2016. – Vol. 2. – № 9. – P. 1038–1042.
 6. Arun Noyal Doss, M. Reduction in cogging torque and flux per pole in BLDC motor by adapting U-clamped magnetic poles / Arun Noyal Doss M., Vijayakumar S., Jamal Mohideen A., Sathiah Kannan K., Balaji Sairam N. D., Karthik K. // International Journal of Power Electronics and Drive System. – 2017. – Vol. 8. – № 1. – P. 297–304. DOI: 10.11591/ijpeds.v8i1.pp297-304.
 7. Bhadani, A. Modeling and controlling of BLDC motor / Bhadani A., Koladiya D., Devani J., Tahiliani A. // International Journal of Advance Engineering and Research Development. – 2016 – Vol. 3 – № 3. – P. 139-144.
 8. Fethi, Farhani Real time induction motor efficiency optimization / Farhani Fethi, Abderrahmen Zaafouri, Abdelkader Chaari // Journal of the Franklin Institute. – 2017. – Vol. 354 (8). – P. 3289–3304.
 9. Giri, F. AC electric motors control: advanced design techniques and applications / F. Giri. – Oxford: Wiley, 2013. – 578 p.
 10. Volyanskaya, Ya. Analysis of possibilities for improving energy indicators of induction electric motors for propulsion complexes of autonomous floating vehicles/ Ya. Volyanskaya, S. Volyanskiy, O. Onishchenko, S. Nikul // Eastern-European journal of enterprise technologies. – 2018. – № 2/8 (92). – P. 25–32. DOI: 10.15587/1729-4061.2018.126144.

**Волянская Я. Б., Волянский С. М., Онищенко О. А., Унгаров Д. В., Шевченко В. А.
ПРОБЛЕМЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ФАКТОРА СУДОВЫХ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ**

В статье рассмотрены проблемные вопросы создания энергоэффективных систем электроснабжения для регулируемого электропривода и других видов потребителей, используемых в средствах водного транспорта различного назначения. Рассмотрены электроэнергетические показатели судна, характеризующие эффективность использования и потребления электрической энергии, нагрузочные и перегрузочные характеристики всей судовой системы электроснабжения. Показано, что в последние годы особое внимание уделяется повышению качества потребляемой из судовой сети электроэнергии и обеспечению электромагнитной совместимости устройств. Проведен анализ существующих возможностей повышения энергетического фактора судовых потребителей. Предложено, с целью повышения энергетического фактора системы и для повышения конкурентоспособности конечного технического решения, на примере

SRM-электропривода, предусматривать предустановку разного типа и назначения корректирующих устройств, а именно активных корректоров коэффициента мощности АККМ (PFC).

Для анализа существующих алгоритмов работы активных корректоров коэффициента мощности, а также расчета элементов схемы и проверки работоспособности проектируемого устройства проведено моделирование с использованием MATLAB и его энергетических библиотек.

***Ключевые слова:** регулируемый электропривод, электромагнитная совместимость, корректор коэффициента мощности, качество электроэнергии.*

Volianska Ya. B., Volyansky S. M., Onishchenko O. A., Ungarov D. V., Shevchenko V. A.
PROBLEMS OF INCREASING THE ENERGY FACTOR OF SHIP POWER SUPPLY SYSTEMS

The article deals with the problematic issues of creating power supply systems for an adjustable electric drive and other types of consumers used in water transport for various purposes. The ship's electrical power indicators are considered, which characterize the efficiency of the use and consumption of electrical energy, load and overload characteristics of the entire ship's power supply system. It is shown that in recent years, special attention has been paid to improving the quality of electricity consumed from the ship's network and ensuring the electromagnetic compatibility of devices. The analysis of the existing possibilities for increasing the energy factor of ship consumers was carried out. It is proposed, in order to increase the energy factor of the system and to increase the competitiveness of the final technical solution, using the example of an SRM-electric drive, to provide for a preset of various types and purposes of corrective devices, namely active power factor correctors (APFC).

To analyze the existing algorithms for the operation of active power factor correctors, as well as to calculate the circuit elements and check the operability of the designed device, simulations were carried out using MATLAB and its energy libraries.

***Keywords:** controlled electric drive, electromagnetic compatibility, power factor corrector, power quality.*