

Варто також відзначити поліпшення маневреності судна, підвищення енергетичних та експлуатаційних характеристик, екологічність та раціональне розташування корисного вантажу, що у свою чергу веде до збільшення рентабельності вантажоперевезень.

Перетворювачі частоти (ПЧ) дозволяють вирішити проблеми електромагнітної сумісності потужних електричних установок та інших суднових споживачів електроенергії, що у свою чергу дало змогу об'єднати суднову електростанцію та всі споживачі електроенергії в єдину електроенергетичну систему (ЄЕЕС) [3, 4].

При цьому слід враховувати також особливості даних установок, як порівняння потужності джерел та приймачів електроенергії, порівняно невелику протяжність ліній електропередач, широкий діапазон зміни навантаження в експлуатаційних режимах роботи судна, наявність потужних напівпровідникових перетворювачів, що впливають на якість електроенергії в судновій мережі. Технологічні операції виконуються електричними пристроями, а теплові двигуни використовуються для виробництва електроенергії.

Однією з найбільш поширеною типовою схемою ЄЕЕС є електростанція, яка будується на базі синхронних генераторів змінного струму, частота напруги якої становить 50 або 60 Гц, а рівень напруги залежить від величини необхідної потужності.

У типовій структурі головна енергетична установка (ГЕУ) змінного струму отримує живлення від суднової електростанції судна змінного струму через узгоджувальні трансформатори, які необхідні для узгодження рівня напруги суднової електростанції та ГЕУ, отримання двох систем ізольованих напруг, зміщених одна до одної на 30 електричних градусів, забезпечення електромагнітної сумісності ГЕУ із споживачами власних потреб.

На рисунку 1 представлено схему роботи одного електродвигуна [5].

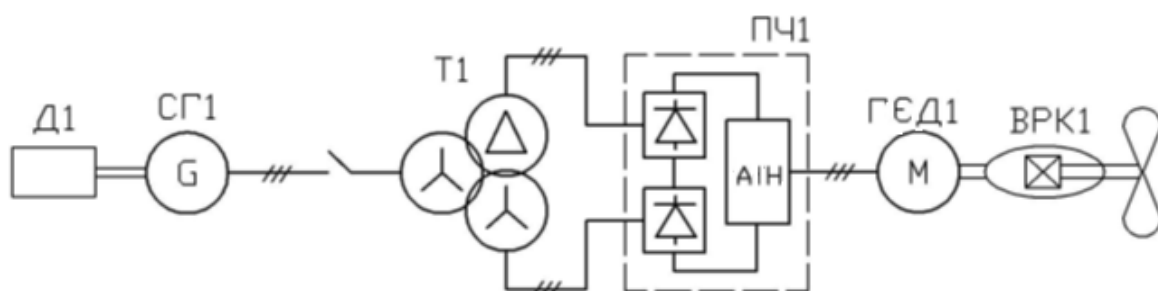


Рисунок 1 – Схема роботи одного електродвигуна з узгоджувальним трансформатором

Наявність узгоджувального трансформатора з трьома обмотками дозволяє придушити 5 і 7 гармонічні складові струму при роботі шестипульсних випрямлячів, що забезпечує високу якість напруги на шинах головного розподільного щита, від якого отримують живлення споживачі власних потреб судна. Узгоджувальний трансформатор забезпечує узгодження рівнів напруги суднової електростанції судна та гребної електричної установки, забезпечує

електромагнітну сумісність ГЕУ та суднових електроприладів, а також здійснює гальванічну розв'язку суднової електростанції судна та гребної електричної установки.

Варто зазначити, що на судах, що мають системи електроруху, основними споживачами електроенергії є електричні гребні установки. Інші суднові споживачі електроенергії можуть мати сумарну потужність значно меншу за потужність ГЕУ. Для таких суден доцільно будувати електроенергетичну систему таким чином, щоб скоротити кількість перетворень електроенергії при її передачі від генераторів до гребних електродвигунів (ГЕД). Для зниження втрат потужності в СЕЕС при передачі електроенергії від суднової електростанції до гребних електродвигунів можна виключити з ланцюга передачі електроенергії від генераторів до електродвигунів трансформатори. Узгоджувачий трансформатор має значну масу, габарити і вартість. При перетворенні напруги у необхідний рівень на трансформаторі відбуваються втрати потужності, що знижує загальний ККД системи. Знижений ККД системи, через наявність узгоджувального трансформатора, веде до збільшення витрати палива при експлуатації судна, що веде до збільшення витрат.

На рисунку 2 представлена схема СЕЕС, у якій гребна електрична установка працює безпосередньо від генераторних агрегатів. Гребний електродвигун отримує живлення від перетворювача частоти з урахуванням трирівневого автономного інвертора напруги (АІН). Два ізольовані джерела постійного струму, отримані шляхом застосування двох трифазних генераторних агрегатів. Споживачі потреб напруги (СПН) підключаються до вторинних обмоток трансформаторів Т1 і Т2. Первинні обмотки трансформаторів Т1 та Т2 підключаються до трифазних обмоток генераторів СГ1 та СГ2.

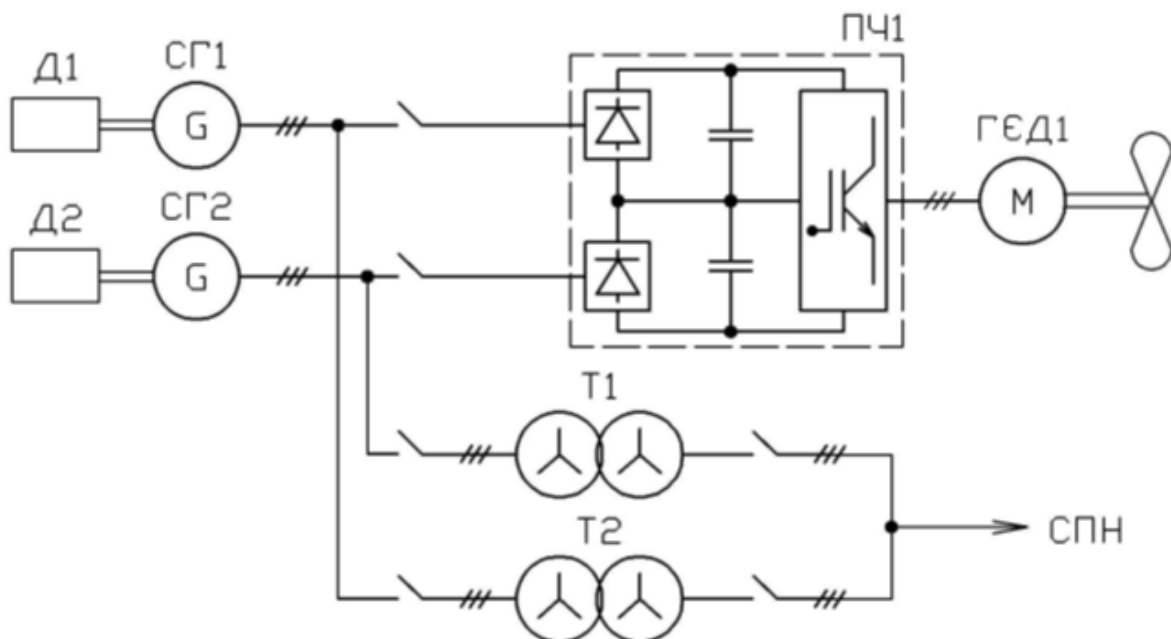


Рисунок 2 – Схема безтрансформаторної СЕЕС

Ця схема забезпечує більш високий ККД установки, коефіцієнт потужності. Зниження маси установки зменшує її вартість, дає змогу збільшити перевезення корисних вантажів, що призводить до збільшення рентабельності рейсу.

Таким чином можна зробити висновок, що на судах з електрорухом у схемах ЄЕЕС доцільно виключити трансформатори з ланцюга живлення ГЕД та ввести трансформатори в ланцюги живлення суднових споживачів. Це дає можливість скоротити масу та габарити ЄЕЕС, підвищити коефіцієнт корисної дії ЄЕЕС, а також вибрати для живлення ГЕД оптимальний рівень напруги та забезпечити стандартний рівень напруги для живлення суднових споживачів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Васин И. М., Хомяк В. А., Григорьев А. В. Комплексный подход при создании судовых электроэнергетических систем и установок // Судостроение. № 2. 2008. С. 30–31.
2. Григорьев А. В. Экспериментальные исследования системы электродвижения переменного тока с полупроводниковым преобразователем // Судостроение. № 3. 2007. С. 30–32.
3. Григорьев А. В., Ляпидов К. С., Макаров Л. С. Единая электроэнергетическая установка гидрографического судна на базе системы электродвижения переменного тока // Судостроение. 2006. № 4. С. 33–34.
4. Пашин В. М., Свиридов Г. М. Новые принципы построения мощных статических преобразователей гребных электрических установок // Судостроение. № 2. 2007. С. 29–33.
5. L. Leclere, C. Galmiche Convertteam. A Transformerless Full Redundant Electrical Propulsion Solution to Enhance Power Density, A Vailability and Low Noise Signature / IEEE ESTS 2011, April, 10–13, 2011, Virginia, pp. 296–299.

Лебедь Олег Миколайович к.т.н., доцент кафедри «Природничо-наукова підготовка» Херсонської державної морської академії. ORCID: <https://orcid.org/my-orcid?orcid=0000-0001-5603-9244>; lebed_lom@ukr.net.

УДК 621.314.52

БАГАТОРІВНЕВІ ІНВЕРТОРИ НАПРУГИ СУДНОВОГО ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНОГО КОМПЛЕКСУ

О. М. Лебедь

Херсонська державна морська академія

***Анотація:** У системах електроруху суден потужністю до 5–7 МВт як електродвигун гребної установки електротехнічного комплексу використовується асинхронний двигун (АД) з короткозамкненим ротором, живлення на який подається від інвертора напруги, що перетворює постійну напругу на змінну. Для регулювання частоти обертання АД використовується частотний метод, у якому регулюється як значення напруги, так і частота, що надходить до обмотки АД. Такий спосіб дозволяє регулювати частоту обертання АД за високого коефіцієнта корисної дії (ККД). Регулювання вихідної напруги здійснюється шляхом широтно-імпульсної модуляції з урахуванням автономних інверторів напруги. Наявність гармонік вищих порядків за струмом та напругою призводить до*