



УДК 621.43

Дощенко Галина Геннадіївна

кандидат технічних наук,

*доцент кафедри експлуатації суднового
електрообладнання і засобів автоматики,*

Херсонська державна морська академія

МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ НА СУДНОВИХ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМАХ

Вступ. Основні параметри, що визначають техніко-економічну ефективність суднових електроенергетичних систем (СЕЕС) – це рід струму, значення напруги, частота струму. Важливу актуальність набуває сьогодні і якість електричної енергії. На вимогу морського Регістру судноплавства коефіцієнт *несинусоїдальності* напруги суднової електричної мережі не повинен перевищувати 10%.

Основна частина. На судах [1, 2] дозволяється застосування постійного та змінного струму. Однак досвід експлуатації СЕЕС показав переваги змінного струму, особливо за великих потужностей енергетичних систем.

На деяких судах застосовуються два роди струму, коли гребні електродвигуни живляться постійним струмом, інші приймачі – змінним.

Відповідно до правил Регістру, номінальна напруга на виводах джерел електроенергії не повинна перевищувати наступних значень: 0,4 кВ (400 В) – за трифазної системи змінного струму; 0,230 кВ (230 В) – за однофазної системи змінного струму; 0,23 кВ (230 В) – при постійному струмі.

Слід зазначити, що напруга до 1000 В практично не впливає на масу, габаритні розміри та вартість електричних машин та трансформаторів. Маса, габаритні розміри та вартість електричних апаратів та кабельних ліній електропередачі залежать від напруги та струму, що протікає по них, а отже, і електророзподільні щити, в яких встановлюються електричні апарати мають масу, габаритні розміри та вартість, що залежать від напруги та струму.

Однак слід пам'ятати, що за малої потужності СЕЕС істотну роль починають грати такі фактори, як механічна міцність жили кабелю, дискретність стандартних значень, переріз жил кабелів тощо.

Основною частотою змінного струму як на судах, так і в берегових електроустановках прийнято частоту 50 Гц. На сучасних судах є група приймачів, частота струму яких дорівнює 400-500 Гц



(радіолокаційне, навігаційне та інше обладнання). Їхнє живлення здійснюється від суднової мережі з частотою 50 Гц через перетворювачі, що обертаються та статичні, кількість яких на великих судах може бути значним. Для таких приймачів іноді доцільно мати систему централізованого постачання електроенергією змінного струму частотою 400-500 Гц.

Дослідження показали [3], що збільшення частоти струму призводить до зниження маси і габаритних розмірів у машин, що обертаються, трансформаторів, магнітних підсилювачів, конденсаторів, елементів електроавтоматики. Однак маса та габаритні розміри комутаційних апаратів при підвищенні частоти струму збільшуються через погіршення умов дуго гасіння, а у зв'язку з цим через підвищення тепловідлень у шини проводах збільшуються маса та габаритні розміри електророзподільних пристроїв.

Підвищення частоти негативно позначається на масі та габаритних розмірах електричних кабелів, так як збільшення частоти призводить до збільшення втрат енергії та електричного опору кабелів.

Слід зазначити, що протягом останніх двадцяти років у суднобудуванні відбувалися швидкі та радикальні зміни, які пов'язані з удосконаленням та застосуванням гребних електричних установок. У ці роки для керування гребними двигунами змінного струму були розроблені перетворювачі частоти великої потужності, створені винторульові стовпчики, сучасні гребні установки. Ці досягнення набагато підвищили якісні характеристики гребних установок і дозволили їм потіснити пропульсивні комплекси з тепловими двигунами, що працюють безпосередньо на гребний гвинт.

Зазначимо, що серйозною проблемою під час створення СЕЕС є забезпечення електромагнітної сумісності загальносуднових споживачів та гребних установок, яка для суднової електростанції є нелінійним навантаженням. На вимогу морського Регістру судноплавства [2] у повністю укомплектованій судновій електроенергетичній системі коефіцієнт несинусоїдальної кривої напруги не повинен перевищувати 10%.

Суднобудівні організації застосовують структуру СЕЕС з трансформаторами у складі ГЕУ. У таких установках проблема електромагнітної сумісності достатньо успішно вирішена.

При створенні сучасних СЕЕС з повним електрорухом необхідна генерація та перетворення електричної енергії для потужних споживачів з використанням сучасних напівпровідникових перетворювачів та забезпечення їх надійної роботи.

Замість існуючої раніше так званої інтерференції гармонійного складу напруги в сучасних СЕЕС гармонійний склад напруги в електричній гілці підсумовується. Це є основною відмінністю



поставленого завдання від численних робіт з покращення гармонійного складу у "великій" та автономній енергетиці.

На СЕЕС бажано досягати мінімального гармонійного складу за рахунок щодо низьковитратних способів перетворення електроенергії (використання діодних мостів випрямлення, широтно-імпульсної модуляції (ШІМ) для систем управління, багаторівневих інверторів, розщеплення обмоток та ін.). В останню чергу необхідно використовувати різні фільтри, у тому числі активні.

Зазначимо, що статичні перетворювачі генерують у мережу вищі гармоніки. Загальновідомі їх негативні наслідки: зниження ККД та моментів електродвигунів, підвищений рівень нагрівання елементів системи, збої в системах управління, зв'язку та інше.

Основним параметром, що впливає на гармонійний склад напруги на ГРЩ, типових генераторів є надперехідний індуктивний опір. Зменшення цього опору наближає реальне джерело електроенергії до джерела нескінченної потужності. Щодо суднових генераторів надперехідний індуктивний опір змінюється від 0,11 до 0,32 ум.од.

На суднах часто встановлюються приймачі, які вимагають своєї роботи електричну енергію з параметрами, відмінними від тих, з якими її виробляють джерела електричної енергії. У суднових електростанціях перетворення електричної енергії зазвичай використовуються трансформатори, випрямлячі та інвертори. Інші перетворювачі, наприклад, перетворювачі частоти, частіше використовуються для окремих електроприводів.

Для підвищення показників якості електричної енергії (ЯЕЕ) пропонується застосування сучасних FACTS - (Flexible AC Transmission System) - гнучкі керовані системи змінного струму, для регулювання реактивної потужності та напруги в судновій електроенергетичній системі та зниження гармонік струму та напруги, а також коливання напруги при різких навантаженнях.

До пристроїв FACTS відносяться пристрої: поздовжньої компенсації як традиційного типу, так і регульовані тиристорно-реакторні групи, статичні тиристорні компенсатори; вставки постійного струму; електромеханічні перетворювачі частоти. Якщо до цього класу пристроїв віднести керовані реактори та синхронні компенсатори, то під FACTS слід зазначити, що застосування гнучких передавальних систем змінного струму підвищує якість електричної енергії [3].

Сукупність пристроїв, що встановлюються в судновій електричній мережі та які призначені для стабілізації напруги, підвищення стійкості, оптимізації, поточкорозподілу, зниження втрат, покращує якість електричної енергії.

Установка швидкодіючих STATCOM на шинах високої напруги (ВН, напругою 6 кВ) та низької напруги (НН, (440 В)). Такий розподіл STATCOM дозволяє покращити показники якості електричної енергії на СЕЕС [4]. На рисунку 1 наведено схематична схема уявлення STATCOM.

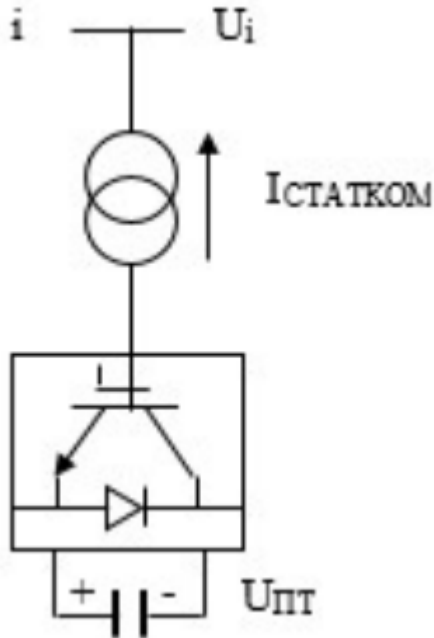


Рис. 1. Схематичне подання STATCOM

STATCOM, відомий як статичний компенсатор, є частина сімейства пристроїв, відомих як FACTS, призначений для стабілізації напруги шляхом виявлення та негайної компенсації коливань або мерехтіння та регулювання коефіцієнта потужності [5].

STATCOM – це інвертор, що працює як джерело напруги і може постачати або споживати реактивну потужність. Як пристрій він повністю має електронний контроль, STATCOM може доставити як ємнісну, так і індуктивну реактивну потужність.

Використання таких швидкодіючих STATCOM дозволяє зниження коливань напруги під час пусків асинхронних двигунів.



Висновки. Проведені дослідження продемонстрували залежність стійкості роботи суднової електроенергетичної системи, а також підвищення показників якості електричної енергії пропонується застосування сучасних FACTS для регулювання напруги та реактивної потужності. В роботі встановлено, що застосування швидкодіючих STATCOM дозволяє зниження коливань напруги під час пусків асинхронних двигунів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Hubert C. I., Triebel W. A. Operation, testing and preventive maintenance of electrical power apparatus. Prentice Hall, 2002.
2. Правила классификации и постройки морских судов (Правила регистра Украины), части XI, XV, 2010.
3. Баламетов А.Б., Халилов Э.Д. Применение гибких передающих систем переменного тока как эффективный способ решения проблем в ЭЭС. // Проблемы энергетики, 2010. – № 4. – С. 20-28.
4. Chandrasekhar R.; Chatterjee D.; Bhattacharya T. A Hybrid FACTS Topology for Reactive Power Support in High Voltage Transmission Systems. Proc. 44th Conference of the IEEE Industrial Electronics Society. Washington DC, USA, October 21-23, 2018. PP. 65-70. DOI: <https://doi.org/10.1109/IECON.2018.8591988>.
5. <https://www.nrec.com/ru/index.php/plan/planInfo/8.html>