

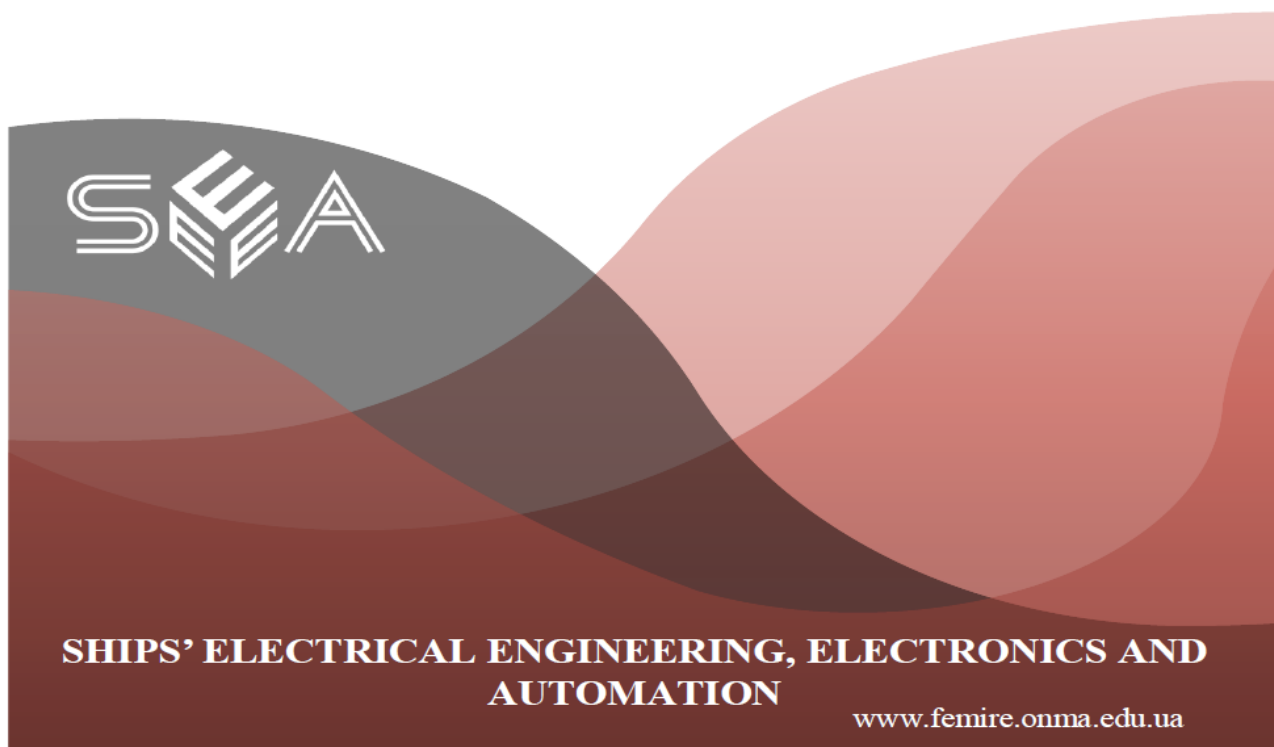
Міністерство освіти і науки України
Національний університет «Одеська морська академія»
Одеське відділення Інституту морської техніки, науки і технології Великобританії (IMarEST)
Морський інститут України (Nautical Institute of Ukraine).

МАТЕРІАЛИ

X Міжнародної науково-технічної конференції

«СУДНОВА ЕЛЕКТРОІНЖЕНЕРІЯ, ЕЛЕКТРОНІКА І АВТОМАТИКА»

24.11.2020 – 25.11.2020



Одеса – 2020

Матеріали X Міжнародної науково-технічної конференції
Материалы X Международной научно-технической конференции
Materials of the 10th international scientific and practical conference

**СУДНОВА ЕЛЕКТРОІНЖЕНЕРІЯ, ЕЛЕКТРОНІКА І
АВТОМАТИКА**

**СУДОВАЯ ЭЛЕКТРОИНЖЕНЕРИЯ, ЭЛЕКТРОНИКА И
АВТОМАТИКА**

**SHIPS' ELECTRICAL ENGINEERING, ELECTRONICS AND
AUTOMATION**

SEEEA-2020

Збірка матеріалів конференції

**24-25 листопада
2020 року
Одеса, Україна**

**24-25 ноября
2020 года
Одесса, Украина**

**November 24-25
2020
Odessa, Ukraine**

ПРОГРАМНИЙ КОМІТЕТ КОНФЕРЕНЦІЇ

Захарченко В. М. – д.т.н., професор (Україна);	Михайлов С. А. – д.т.н., професор (Україна);
Голіков В.А. – д.т.н., професор (Україна);	Гвоздева І. М. – д.т.н., професор (Україна);
Будашко В.В. – д.т.н., доцент (Україна);	Кошевий В. М. – д.т.н., професор (Україна);
Романюк В.В. – д.т.н., професор (Польща);	Попов В. Г. – д. ф-м. наук, професор (Україна);
Петрушин В.С. – д.т.н., професор (Україна);	Хандакжи Камаль – к.т.н., (Йорданія);
Муха М. Й. – д.т.н., доцент (Україна);	Базил Шафик – к.т.н., (Сирія);
Бушер В.В. – д.т.н., професор (Україна);	Луковцев В. С. – к.т.н., доцент (Україна).
Космас Здрозис – к.т.н., (Греція);	

ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ КОНФЕРЕНЦІЇ

<i>Голова:</i>	Міюсов М. В. – ректор НУ «ОМА», д.т.н., професор.
<i>Члени оргкомітету:</i>	Будашко В.В. – директор навчально-наукового інституту автоматики та електромеханіки; Оженко Є.М. – завідувач кафедри автоматизації суднових енергетичних установок; Торський В. Г. – професор кафедри морських технологій; Голобородько О.І. – начальник ВТЗН.
<i>Відповідальний секретар:</i>	Глазєва О.В. – заступник директора навчально-наукового інституту автоматики та електромеханіки.

У збірнику матеріалів конференції розміщено тези доповідей Х міжнародної науково-технічної конференції «Суднова електроінженерія, електроніка і автоматика», що відбулась 24-25 листопада 2020 року у Національному університеті «Одеська морська академія».

Тематика конференції охоплює наступні науково-методичні напрямки: енергозбереження в судновій енергетиці, технічна експлуатація сучасного електрообладнання та систем управління суден, енергоефективність та надійність електромеханічних систем, математичне моделювання процесів і явищ в енергетичних установках та радіотехніці, інформаційна безпека, автоматизація суднових технічних засобів, освітні та професійні стандарти.

Матеріали міжнародної науково-технічної конференції «Суднова електроінженерія, електроніка і автоматика», 24.11.2020 - 25.11.2020. – Одеса: НУ «ОМА», 2020. – 243 с.

Матеріали публікуються згідно з поданими авторами оригіналами, які є відповідальними за їх зміст.

ЗМІСТ

Секція 1. СУДНОВЕ ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ, ЕЛЕКТРОННА АПАРАТУРА ТА СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ

Луковцев В.С. Бандуров Г. І.

Виявлення та усунення асинхронного режиму після зовнішнього короткого замикання..... 9

Луковцев В.С., Бринза Г.

Дослідження асинхронного режиму після втрати збудження..... 12

Завадський В.А., Дранчук С.М., Кучеренко І.О.

Пристрій для вимірювання температурної сталості аналогово-частотних перетворювачів для тензометричних датчиків суднового обладнання..... 14

Крючков В.В., Михайленко В.С., Лещенко В.В.

Повышение эффективности эксплуатации судовых технологических средств путем внедрения системы поддержки принятия решений на базе нечеткой логики..... 18

Комарніцький Д.Д., Проноза М.О., Зарицька О.І.

Вплив конструкції ротора електродвигунів з постійними магнітами для «Азіпод» на основні характеристики СДПМ..... 22

Крицький Б.В., Крицький В.В., Бушер В.В.

Автоматизація систем керування кормовою та бічною апарелями ролкера 26

Сапожник І. І., Бушер В. В.

Оптимізація керування судновим ліфтом..... 32

Гаур Т.О., Зарицька О.І., Ліщинський А.О., Цацко В.І.

Дослідження суднової паливної системи із тензометричним витратоміром рідини..... 38

Дранчук С.М., Кочетков О.В., Мудрьонов І.С., Цацко В.І.

Дослідження впливу конструкції вимірювального трубопроводу на результати вимірювання витрат рідини в суднових системах..... 42

Михайленко В.С., Янков П.С., Лещенко В.В.

Вдосконалення системи управління електроприводу рециркуляційного вентилятору суднового допоміжного котла з метою зниження шкідливих викидів газів в атмосферу..... 45

<i>Вишневський Д.Л., Муха М.Й.</i> Перспективи використання конденсаторної системи управління в складі суднової електростанції.....	48
<i>Рожков С.О., Жук О.К., Жук Д.О.</i> Удосконалення зарядних систем для акумуляторних морських суден.....	49
<i>Бушер В.В., Лозгачов А.С.</i> Анализ способов реализации лимитирования рабочей зоны палубных грузовых кранов с электро- и электрогидравлическим приводом.....	54
<i>Сандлер А.К., Кузнецова А.А.</i> Датчик износа поверхностей цилиндрико-поршневых групп двигателей внутреннего сгорания.....	58
<i>Сандлер А.К., Опрышко М.О.</i> Волоконно-оптический датчик контроля состояния технических жидкостей и газов	63
<i>Пономаренко В.В., Шевченко В.А., Теплов Ю.І.</i> Спосіб підвищення швидкодії вимірювання параметрів суднових електроенергетичних систем.....	68
<i>Шапо В.Ф.</i> Применение технологии INTEL VPRO для удалённого администрирования компьютерных систем.....	75
<i>Шестака А. І., Мельнікова Л. В.</i> Пропозиції щодо автоматизації операцій вивантаження контейнерів палубним краном.....	80

Секція 2. ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ ТА НАДІЙНІСТЬ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИХ СИСТЕМ

<i>Budashko V., Vlasov V., Kosmas Zdrozis, Basil Shafiq</i> Design of power plants, propulsion complexes and control systems for ships of the future.....	85
<i>Шевченко В.А., Самонов С.Ф., Дубовик В.О., Кульбацький А.А.</i> Система берегового високовольтного електропостачання суден.....	96

Петрушин В.С., Пасечка М.В.

Розробка гребної електричної установки змінного струму з циклоконвер- 99
тором судна спеціального призначення.....

Секція 3. ЕЛЕКТРОМАГНІТНА СУМІСНІСТЬ ТА ЯКІСТЬ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ

Рожков С.О., Жук О.К., Жук Д.О.

Енергоефективність суден та якість електроенергії в суднових ЕЕС..... 102

Малявін І.П.

Вплив режиму роботи силових каналів знижуючого типу на вихідні 107
пульсації багатофазних імпульсних перетворювачів.....

Дранкова А.О., Красовський І.І., Семенюк А.О.

Підвищення показників якості судової електромережі з нелінійним 111
навантаженням при використанні активних фільтрів.....

Секція 4. СУЧАСНІ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДУ, КОМПОНЕНТИ ТА ДІАГНОСТИКА

Дудко С.А., Рак О.М., Дубовик В.О.

Алгоритми пошуку і усунення «електричного шуму» в електронній си- 115
стемі управління головним двигуном.....

Секція 5. МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ І ЯВИЩ В ЕЛЕМЕНТАХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВОК

Кривий О.Ф.

Методи побудови математичних моделей гідродинамічних сил на корпусі 120
судна.....

Гвоздева І.М., Миргород В.Ф., Демиров А.А.

Математическая модель температурного режима судовых дизель- 124
генераторных установок на основе радиально-базисной нейронной сети....

Карпеленя А.О., Бушер В.В., Захарченко В.М., Глазєва О.В.

Оптимізація використання просторово-векторної модуляції при компен- 128
сації аварій в високовольтних каскадних перетворювачах частоти.....

Попов В.Г., Кирилова О.І.

Математичне моделювання контактної взаємодії при крутильних коливаннях..... 133

Кривий О.Ф. Морозов Ю.О.

Фундаментальні розв'язки для кусково-однорідного трансверсально-ізотропного простору..... 137

Попов В.Г., Литвин О.В.

Моделювання напруженого стану в околі дефекта у вигляді n-ланкового включення при дії хвилі поздовжнього зсуву..... 141

Попов В. Г., Мішарін А.С.

Математичне моделювання напруженого стану в околі жорсткого включення з тріщиною на продовженні при зсувному гармонійному навантаженні..... 145

Орлова Н.Д.

Особливості математичних моделей процесу вібраційного подрібнення рослиної сировини..... 149

Копійка П.І., Слободенюк М.В., Чабан О.Х.

Математическое моделирование элементов волновой электростанции карусельного типа..... 152

Василець Д.І., Налева Г.В., Онищенко О.А.

Особливості функціонування та розробка алгоритму моделювання вентильно-індукторних електроприводів суднових механізмів та систем..... 157

Демидов О., Попов В.Г.

Математичне моделювання перехідних процесів в скінченних циліндрах з тріщинами при раптовому крутному навантаженні..... 161

Тимофєєв К.В., Бутаков І.Б., Козловський М.І.

Дослідження системи динамічного позиціонування офшорного судна..... 165

Секція 6. РАДІОТЕХНІКА, РАДІОЕЛЕКТРОННІ АПАРАТИ ТА ЗВ'ЯЗОК

Ковальов М.І.

Проектування термостійких РЕЗ підвищеного ступеня інтеграції..... 169

Кошевий В. М., Джаіані Л. М.

Синтез пари сигнал – фільтр при різних характерах допустимої амплітудної модуляції..... 171

Секція 7. ІНФОРМАЦІЙНА БЕЗПЕКА

Михайлов Н.С., Лукьяненко Р.Н.

Модель киберзащищенной системы автоматического управления курсом автономного судна..... 175

Шевцов Ю.С., Михайлов Н.С., Исарев И.И.

Защита цифровых данных в береговом сегменте морской инфраструктуры..... 180

Шевцов Ю.С., Михайлов Н.С., Дмухайлов Д.Д.

Захист цифрових даних в судновому сегменті морської інфраструктури... 183

Михайлов С.А., Кононенко А.С.

Анализ моделей и алгоритмов обнаружения компьютерных атак..... 186

Михайлов С.А., Харченко Р.Ю.

Підвищення рівня інформаційної безпеки конфіденційних даних судових інформаційних мереж 191

Секція 9. АВТОМАТИЗАЦІЯ СУДНОВИХ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ

Нікольський В.В., Оженко Є.М., Вовкович С.О., Кукузей Р.І.

Оцінка можливості використання п'єзоелектричного приво́ду для управління випускним клапаном судового малооборотного двигуна..... 193

Дрозд О.В.

Вдосконалення судових стрічкових конвеєрів..... 196

Миргород В.Ф., Гвоздева І.М., Ефанов І.Г.

Усовершенствование характеристик регуляторов судовых систем автоматического управления с помощью применения признака подобия по масштабу времени..... 200

Миргород В.Ф., Гвоздева І.М., Ковтун А.І.

Удосконалення характеристик судових систем автоматичного управління за допомогою застосування ланок із дробовим показником інтегрального перетворення..... 205

<i>Рябцов О.В., Войнорович М.Р.</i> Адаптивний елемент для суднових оптичних систем.....	208
<i>Горб С.И., Будуров Н.И.</i> Анализ состояния газового тракта дизеля безразборным методом.....	211
<i>Mikhailov S. A., Kharchenko R. Yu.</i> Intelligent climate management in vessels	217

Секція 10. ОСВІТНІ ТА ПРОФЕСІЙНІ СТАНДАРТИ

<i>Рева О.М., Камишин В.В., Шульгін В.А, Невиніцин А.М.</i> Особенности алгоритмизации личностно-ориентированой тренажерной подготовки диспетчерів управління повітряним рухом.....	220
<i>Медведева Ю. С., Кубрак В. В.</i> Формування «SOFT SKILLS» у майбутніх судноводіїв.....	230
<i>Кушнірук А. С., Шепель В. В.</i> Особенности подготовки майбутніх фахівців в умовах медіаосвітнього простору.....	233
БІБЛОГРАФІЧНИЙ ОПИС.....	237

Найбільш перспективною є компенсація реактивної потужності шляхом комутації конденсаторних секцій за допомогою тиристорних ключів. Динамічна компенсація реактивної потужності дозволяє поліпшити якість перехідних процесів при комутації змішаному навантаженні і пуску приводів сумірною потужності [4].

Також відкриваються перспективи використання установки компенсації реактивної потужності (УКРМ) в якості системи управління напругою застосованих на даний момент синхронних генераторних установок. Конденсаторні секції, що підключаються до статора, забезпечують безінерційність каналу управління, що дозволяє на порядок підвищити швидкодію системи управління напругою. Режим паралельної роботи генераторних агрегатів може управлятися спільним регулятором напруги, що спрощує систему регулювання.

Застосування УКРМ також дає можливість використовувати переваги асинхронних генераторів [5] в порівнянні з синхронними з метою підвищення надійності, безпеки і зменшення вартості електроенергії.

Висновки. Таким чином, використання конденсаторної системи управління в складі суднової електростанції дозволяє істотно підвищити якість і знизити вартість електроенергії, що виробляється судновою електростанцією.

ЛІТЕРАТУРА

1. Баранов А.П. Судовые автоматизированные электроэнергетические системы. - М.: Транспорт, 1988. - 328 с.
2. Голубев В.К. Современные системы управления судовыми теплоэнергетическими комплексами. -М.: "Мортехинформреклама", 1986. - 36 с.
3. Ерошкин А. В., Шейкин Ю.И. Сравнительный анализ вариантов технического решения плавного пуска мощных асинхронных электродвигателей // <http://www.toroid.ru/article1.html>
4. Муха Н. Й. Динамічна компенсація реактивної потужності в судових автономних електроенергетичних системах: Дис докт. техн. наук.- Львів, 2018.
5. Радин В.И., Винокуров В.А. Применение асинхронных генераторов как автономных источников переменного тока // Электротехника. – 1967. - №8. – С.17 – 20.

УДК 621.314.26

УДОСКОНАЛЕННЯ ЗАРЯДНИХ СИСТЕМ ДЛЯ АКУМУЛЯТОРНИХ МОРСЬКИХ СУДЕН

С.О. Рожков, д.т.н., професор

Херсонська державна морська академія

О.К. Жук, к.т.н., доцент

Д.О. Жук, к.т.н., доцент

Національний університет кораблебудування ім. адмірала Макарова

Анотація: розглянуто принципи підвищення енергоефективності і стабілізації режиму безко-
тактної зарядної системи для акумуляторних морських суден при зміні умов індуктивного зв'язку.

Ключові слова: індуктивна зарядна система, магнітна муфта, коефіцієнт зв'язку..

IMPROVEMENT OF CHARGING SYSTEMS FOR BATTERY SHIPS

S. Rozhkov, Dr. of Science, Professor

Kherson State Maritime Academy

O. Zhuk, Ph.D., Associate Professor

D. Zhuk, Ph.D., Associate Professor

Admiral Makarov National University of Shipbuilding

Abstract: *The principles of increasing energy efficiency and stabilization of the contactless charging system for battery marine vessels when the conditions of inductive coupling change are considered.*

Keywords: *inductive charging system, magnetic coupling, coupling factor.*

Вступ. При перевезеннях на судах з короткими маршрутами (наприклад, на поромах або портових буксирах) використання чисто електричних рухових установок з удосконаленими літій-іонними батареями високої ємності може забезпечити роботу з нульовим рівнем викидів за умови підзарядки до достатнього рівня енергії на кожній стоянці. Для поромів час стоянки, протягом якого здійснюється підзарядка, може становити всього 4-5 хв.[1].

Досвід експлуатації штекерних контактних стикувальних вузлів для зарядки акумуляторів, які застосовуються на електричних поромах або гібридних буксирах свідчить про їх недостатню надійність і відповідність вимогам електробезпеки в умовах засоленості, опадів і обмерзання. [2]. Крім того, морські системи зарядки потребують швидкого автоматичного підключення і відключення. З огляду на зазначені обставини мотивація використання індуктивної безконтактної передачі енергії для суднових систем зарядки акумуляторів є настільки ж великою, як і для подібних систем для електромобілів.

Індуктивні зарядні системи (ІЗС) можуть забезпечити негайну передачу енергії на судно, від моменту швартування і до того моменту, коли воно починає наступний рейс. Проте, впровадження технології індуктивної зарядки в морському секторі вимагає вирішення деяких конкретних проблем [3, 4, 5, 6]:

1. На відміну від електромобілів, електробусів або трамваїв, для суден потрібен значно вищий рівень енергії і потужності, що передаються, тому морський індуктивний зарядний пристрій повинен мати номінальну потужність порядку кількох одиниць мегават.

2 Судно під час зарядки може переміщуватися по відношенню до нерухомої берегової частини зарядної системи через комбіновану дію вітру, хвиль і зміну осадки у процесі завантаження і вивантаження. Це означає, що ефективність такої системи повинна бути незалежною від зсуву і зміни взаємного розташування елементів індуктивного зв'язку (катушок), а також довжини повітряного зазору між ними.

Метою даної роботи є аналіз напрямів удосконалення сучасних індуктивних зарядних систем для акумуляторних морських суден шляхом пошуку принципів забезпечення стабілізації переданої потужності (зарядного струму) і інваріантності показників енергоефективності зазначених систем до зміни умов індуктивного зв'язку.

Для досягнення мети необхідно вирішити наступні задачі:

- огляд та аналіз напрямів розвитку (механічна конструкція, схемотехнічні рішення та методи керування) сучасних морських ІЗС;
- аналіз основних залежностей зарядного струму і необхідної встановленої потужності інверторного перетворювача ІЗС від коефіцієнта зв'язку;
- розробка рекомендацій щодо можливих принципів компенсації впливу зміни коефіцієнта зв'язку на режим ІЗС.

Конструкція, схемотехніка та методи керування ІЗС.

До останнього часу у морських зарядних системах використовувались механічні контактні стикувальні вузли. Але на першому в світі норвезькому акумуляторному автомобільному поромі MF Ampere, побудований у 2014 р., мали місце аварії, пов'язані з відмовою гравітаційного штекера. Щоб уникнути проблем і обмежень, пов'язаних з механічними контактними вузлами, норвезька суднобудівна промисловість розробляє технологію бездротової безконтактної індуктивної передачі енергії на судно, принцип якої показано на рисунку 1 [7].

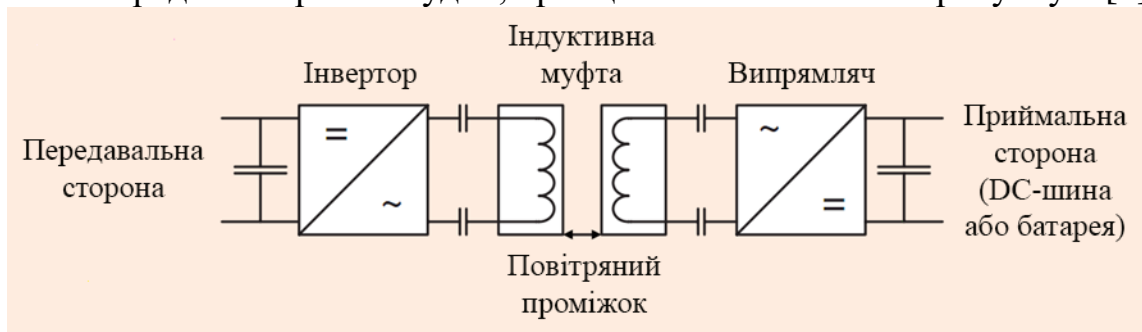


Рисунок 1 – Структурна схема індуктивної зарядної системи

Така система містить береговий та судновий компоненти, які не потребують гальванічного контакту. Технологія працює за рахунок досить близького розміщення двох індуктивних котушок, які утворюють т. з. індуктивну або магнітну муфту, через яку здійснюється безконтактна передача енергії через змінне магнітне поле.

У 2017 р. вперше в світі компанією Wärtsilä Marine Solutions вироблено, змонтовано і випробувано індуктивний зарядний пристрій на гібридному поромі MF Folgefonn. Реалізований пристрій забезпечує потужність передачі енергії до 2,5 МВт з ККД не менше 95% в умовах зміни повітряного проміжку між 15 і 50 см. Берегові та бортові частини пристрою зазвичай використовують напругу 690 В на змінному струмі. Також існує можливість підключення до розподільчих шин постійного струму. Щільність потужності, переданої через індуктивну муфту, складає 500 кВт/м² на робочій частоті в діапазоні 2 – 8 кГц. На вибір діапазону робочих частот впливає переважне використання у береговому інверторі ІЗС порівняно дешевих і доступних стандартних мостових IGBT-модулів. З урахуванням значних очікуваних відносних зміщень котушок муфти у напрямі вгору – вниз для зменшення відносної зміни зони перекриття і коефіцієнта зв'язку між ними використовується їх конструкція, подовжена у вертикалі.

Аналіз основних енергетичних показників ІЗС.

На рисунку 2 наведена топологія ІЗС з серієсно-серієсною (SS) ємнісною компенсацією реактивної потужності, а на рисунку 3 – еквівалентна розрахункова схема цієї системи.

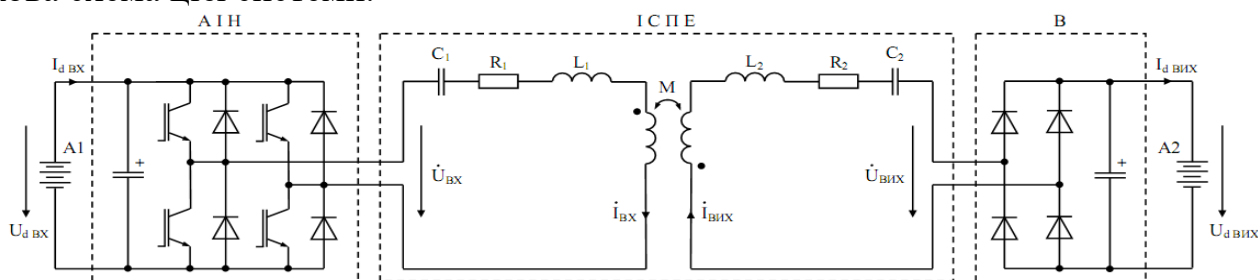


Рисунок 2 – Топологія типової ІЗС

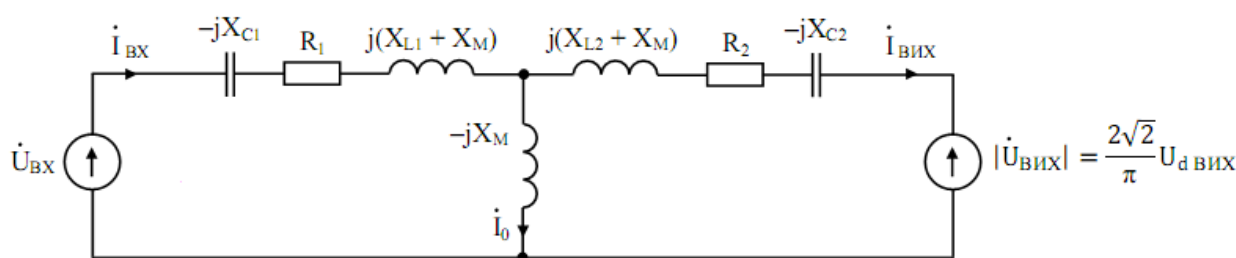


Рисунок 3 – Еквівалентна розрахункова схема ІЗС

Прийняті позначення: $R_1, L_1; R_2, L_2$ – активні опори та індуктивності розсіювання передавальної і приймальної котушок; M – взаємна індуктивність котушок; C_1, C_2 – компенсаційні ємності. Обидва контури (вхідний і вихідний) налаштовані на однакову резонансну частоту:

$$\omega_0 = \omega_{0 \text{ ВХ}} = \omega_{0 \text{ ВИХ}} = 1/(L_1 C_1)^{1/2} = 1/(L_2 C_2)^{1/2} = 2\pi f_0.$$

При аналізі використовуємо гармонічну апроксимацію змінних напруг і струмів; навантаження розглядаємо як еквівалентний опір. Діючі значення комплексів вхідної і вихідної напруги і струму:

$$0 \leq U_{\text{ВХ}} \leq 2\sqrt{2} U_{d \text{ ВХ}}/\pi; \quad U_{\text{ВИХ}} = 2\sqrt{2} U_{d \text{ ВИХ}}/\pi; \quad (1)$$

$$I_{\text{ВХ}} = \pi I_{d \text{ ВХ}}/(2\sqrt{2}); \quad I_{\text{ВИХ}} = \pi I_{d \text{ ВХ}}/(2\sqrt{2}). \quad (2)$$

Елементарний аналіз резонансного режиму еквівалентної схеми з нульовими втратами показує, що за умови $\dot{U}_{\text{ВХ}} = U_{\text{ВХ}}$:

$$\dot{I}_{\text{ВХ}} = U_{\text{ВИХ}}/X_M; \quad \dot{I}_{\text{ВИХ}} = -j U_{\text{ВХ}}/X_M; \quad \dot{U}_{\text{ВИХ}} = j U_{\text{ВХ}}.$$

Тоді виходить, що комплексні і активні потужності вхідного і вихідного контурів співпадають за модулем, але протилежні за знаком, тобто вхідний контур є генеруючим, а вихідний – споживаючим:

$$\tilde{S}_{\text{ВХ}} = -\tilde{S}_{\text{ВИХ}} = P_{\text{ВХ}} = -P_{\text{ВИХ}} = U_{\text{ВХ}} U_{\text{ВИХ}}/(\omega_0 M). \quad (3)$$

Якщо через зміну позиціонування котушок взаємна індуктивність змінюватиметься у діапазоні $M_{\min} \leq M \leq M_{\max}$ (при цьому вважається, що у слабко

зв'язаних системах індуктивності L_1 і L_2 , а отже і резонансні частоти обох контурів ω_0 залишаються сталими), то при номінальній переданій потужності $P_{\text{НОМ}}$ виконуються наступні співвідношення:

$$P_{\text{НОМ}} = U_{\text{ВХ max}} U_{\text{ВХ}} / (\omega_0 M_{\text{max}}) = U_{\text{ВХ min}} U_{\text{ВХ}} / (\omega_0 M_{\text{min}}). \quad (4)$$

Таким чином, максимальне значення необхідної встановленої потужності передавального АІН

$$S_{\text{ВХ max}} = U_{\text{ВХ max}} I_{\text{ВХ max}} = (M_{\text{max}} / M_{\text{min}}) P_{\text{НОМ}} = (k_{\text{max}} / k_{\text{min}}) P_{\text{НОМ}} \quad (5)$$

де $k = M / (L_1 L_2)^{1/2}$ – коефіцієнт зв'язку.

Останній вираз свідчить про те, що встановлена потужність пропорційна відношенню максимального і мінімального значень k , тобто, чим більшим є діапазон зміни коефіцієнта зв'язку k , тим вищим буде необхідний номінал встановленої потужності АІН при заданому номіналі переданої активної потужності.

Висновки: інваріантність ІЗС до значних позиційних переміщень і відповідних змін коефіцієнта зв'язку може бути досягнута двома способами: 1) механічне позиціонування для фіксації взаємного положення обох котушок індуктивного зв'язку; 2) деяка припустима варіація коефіцієнта зв'язку має бути компенсована системою керування силового інверторного перетворювача. Система має контролювати зміну умов зв'язку і автоматично компенсувати їх негативний вплив на ефективність ІЗС. Недоліками першого шляху є складність, недостатня надійність і значна вартість. Другий шлях вимагає попереднього теоретичного дослідження умов забезпечення високих енергетичних показників ІЗС разом і стабільності зарядного струму при зміні коефіцієнта зв'язку за рахунок керування вихідною частотою і напругою інвертора.

ЛІТЕРАТУРА

1. S. Karimi, M. Zadeh, J. A. Suul, "Shore Charging for Plug-In Battery-Powered Ships" IEEE Electrification Mag., vol. 8, No. 3, pp. 47- 61, Sept.2020.
2. G. Guidi, J. A. Suul, F. Jensen, I. Sørfohn, "Wireless Charging for Ships. High power inductive charging for battery electric and plug-in hybrid vessels". IEEE Electrification Magazine / september 2017, vol. 5, №4, pp. 22-32
3. G. Guidi, J. A. Suul, "Minimization of Converter Ratings for MW-scale Inductive Charger Operated under Widely Variable Coupling Conditions," in Proc. of the IEEE PELS Workshop on Emerging Technologies: Wireless Power, 2015 WoW, Daejeon, Korea, 5-6 June 2015, pp. 23-32
4. S. Li, C. C. Mi, "Wireless Power Transfer for Electric Vehicle Applications," IEEE Journal of Emerging and Selected Topics in Power Electronics, Vol. 3, No. 1, pp. 4-17, Mar. 2015
5. C. Zheng, H. Ma, J.-S. Lai, L. Zhang, "Design Considerations to Reduce Gap Variation and Misalignment Effects for the Inductive Power Transfer System," IEEE Trans. on Power Electron., Vol. 30, No. 11, pp. 6108-6119, Nov. 2015
6. C. Zheng, J.-S. Lai, R. Chen, W. E. Faraci, Z. U. Zahid, B. Gu, L. Zhang, G. Lisi, D. Anderson, "High-Efficiency Contactless Power Transfer System for Electric Vehicle Battery Charging Application," IEEE Journal on Emerging and Selected Topics in Power Electronics, Vol. 3, No. 1, pp. 65-74, Mar. 2015
7. www.wartsila.com WÄRTSILÄ® is a registered trademark. Copyright © 2018 Wärtsilä Corporation. Specifications are subject to change without prior notice. Wärtsilä Marine Solutions | Wireless Charging.

Наукове видання

МАТЕРІАЛИ

X Міжнародної науково-технічної конференції

"СУДНОВА ЕЛЕКТРОІНЖЕНЕРІЯ, ЕЛЕКТРОНІКА І АВТОМАТИКА"

24.11.2020 – 25.11.2020

Комп'ютерна верстка *Глазева О.В.*

Підписано до друку 18.12.2020.

Формат 60×84/16. Ум. друк. арк. 14,18.

Наклад 300. Зам. № И20-12-98.

НУ «ОМА»

Свідоцтво ДК № 1292 от 20.03.2003

65029, м. Одеса, вул. Дідріхсона, 8

тел./факс: (0482) 34-14-12

publish@ma.odessa.ua