

2. Гармаш А.И., Галинский А.М., Баглай А.П. Гидроизоляция зданий и сооружений. К. НДИБВ. 2012
3. Гармаш А.И. Система многоступенчатой гидроизоляции подземных частей зданий. Новые технологии в строительстве. 2012. №2
4. Майкл Т. Кубал. Справочник строителя. Гидроизоляция зданий и сооружений. Техносфера. М. 2012
5. Подземная гидроизоляция монолитных и сборных бетонных и железобетонных конструкций и эксплуатируемых кровель с применением материалов системы Пенетрон. ОАО «ЦНИИПРОМЗДАНИЙ». М. 2008
6. Покровский В.М. Гидроизоляционные работы. Справочник строителя. М. Стройиздат, 1985
7. Попченко С.Н. Гидроизоляция сооружений и зданий. Л, Стройиздат, 1981.
8. Шилин А.А. Гидроизоляция подземных и заглубленных сооружений. Технология строительства. 2001. №1, 2, 3, 4, 5
9. СН 301-65. Указания по проектированию гидроизоляции.

Waterproofing materials of the «penetron» system for infrastructure projects

Darmosiuk Ihor¹

¹Kherson branch «Penetron-Odessa» company

Abstract. The main directions of application of materials Penetron system are given. The main characteristics of the materials are given. The efficiency of materials use in various infrastructure projects is discussed.

Key words: deep penetration waterproofing; Penetron

УДК 621.314.26

БЕРЕГОВІ ЗАРЯДНІ СИСТЕМИ ДЛЯ АКУМУЛЯТОРНИХ СУДЕН

Жук О. К.¹, Дзисюк Я. В.², Слабодчиков А. А.³

¹*кандидат технічних наук, професор кафедри програмованої електроніки, електротехніки та телекомунікацій,
akzhuk2@gmail.com*

²*аспірантка кафедри програмованої електроніки, електротехніки та телекомунікацій,
yana_dz@ukr.net*

³*аспірант кафедри програмованої електроніки, електротехніки та телекомунікацій
andrey0636477508@gmail.com*

*Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова
м. Миколаїв, Україна*

Анотація. Розглянуто структури зарядних систем великої потужності для акумуляторних суден з використанням новітніх технологій і компонентів: бездротової індуктивної передачі енергії, удосконалених комутаційних елементів (з'єднувачів), засобів суднової силової електроніки, берегових накопичувачів, оптимізації процесу зарядки. Виконано порівняльний аналіз можливих топологічних рішень зарядних систем, виходячи з умови досягнення найбільшої енергоефективності з урахуванням типу суднової електроенергетичної системи (СЕЕС), доступного часу зарядки та можливостей портової електричної мережі. Надано загальний огляд вимог до системи управління береговою зарядкою.

Ключові слова: акумуляторні судна з електричними та гібридними пропульсивними енергоустановками, силові напівпровідникові перетворювачі, індуктивні системи зарядки, інтерфейс берег-судно, контроль та управління зарядних систем.

Створення і удосконалення електричних пропульсивних енергоустановок є основним напрямом підвищення функціональності, маневреності і енергоефективності суден. Зазначений напрям, крім економії палива, створює умови для переходу до морського транспорту з нульовими викидами. Основними типами електрифікованих суднових силових установок є традиційні дизель-електричні рішення та системи електричного руху з бортовими акумуляторними накопичувачами енергії – гібридні і повністю електричні [1]. Існує досвід успішної експлуатації найбільшого в світі судна з гібридною ЕЕС – круїзного лайнера Roald Amundsen, на якому встановлено дві акумуляторні системи з потужностями заряду і розряду відповідно 627 кВт і 1750 кВт [1]. Втім, найбільше практичне використання суто акумуляторні енергоустановки вже знайшли на поромках або на портових буксирах для перевезень на короткі відстані, що значно зменшує викиди вздовж узбереж. У перспективі, лише в Норвегії до 2030 р. заплановано мати близько 200 подібних суден, які працюватимуть на 130 маршрутах [7,8]. Міжнародна морська організація (ІМО) рекомендує розвивати портову інфраструктуру зарядки, зокрема з використанням відновлювальних джерел енергії [9]. Показники існуючих акумуляторних суден (Таблиця 1) свідчать, що відповідні берегові системи повинні забезпечувати два основних режими: довготривалої (до 8 год.) нічної зарядки та швидкої, короткочасної (4-25 хв.) зарядки – для під час стикування.

Таблиця 1. Показники деяких плагінних суден

Назва	Тип судна	Перший рейс	Режим зарядки	Ємність батарей	Потужність зарядної системи
<i>MF «Ampere»</i>	Повністю електричний пором	2015 р.	10 хв. і нічний	1,04 МВт.год	1,2 МВт. при струм зар. 1250-1650 А
<i>MF «Folgefonn»</i>	Гібридний пором	2015 р.	Від 4 хв До 20-25 хв	1,0 МВт.год	1,0 МВт
<i>MF «Ticho Brahe»</i>	Гібридний пором	2017 р.	Від 5 хв.30с. До 9 хв.	4,16 МВт.год	10,5 МВт при напр. 10кВ
<i>MS «Color Hybrid»</i>	Гібридне круїзне	2019 р.	25 хв. і нічний	5,0 МВт.год	7,0 МВт
<i>MF «Ellen»</i>	Повністю електричний пором	2019 р.	20 хв. і нічний	4,3 МВт.год	4 МВт при напр. 1000В

Отже, необхідні подальші дослідження напрямів удосконалення систем берегової зарядки для підвищення їхньої енергоефективності з урахуванням типу СЕЕС, що обслуговуються, необхідного часу зарядки, наявності берегових накопичувачів та можливості використання відновлювальних джерел енергії в «розумних» портах.

Основна частина. Берегові зарядні системи (БЗС) складається з чотирьох основних компонентів: інтерфейс під'єднання до портової мережі, зокрема знижувальний трансформатор; можливо, берегова система накопичення і зберігання енергії (акумуляторні батареї та силові напівпровідникові перетворювачі); з'єднувач берег-судно; судновий (бортовий) зарядний пристрій. Сучасні технології зарядки використовують дротову і бездротову (індуктивну) передачу енергії берег-судно, а також механізми заміни суднової акумуляторної батареї.

Системи дротової зарядки поділяються на два типи: змінного струму (AC) і постійного струму (DC) [1]. На рисунку 1,а показана БЗС, що підключається до гібридної СЕЕС з єдиною шиною постійного струму і одержує живлення від берегової мережі змінного струму.

Крім інтерфейсу мережі, існує берегова стаціонарна акумуляторна батарея, яка повільно заряджається в нічний час і забезпечує не тільки зменшення пікового навантаження на місцеву мережу, але й споживання дешевої енергії. Трансформатор Т12 забезпечує необхідну знижену напругу на береговій шині та гальванічну ізоляцію останньої від мережі. DC/DC перетворювач С12, який безпосередньо підключений до бортової батареї В11, контролює передану потужність

під час зарядки та розрядки. Подібним чином DC/DC перетворювач C17 контролює потужність зарядки та розрядки берегової батареї B12. AC/DC перетворювач C16 працює як випрямляч при зарядці берегової батареї і як інвертор при зарядці бортової батареї.

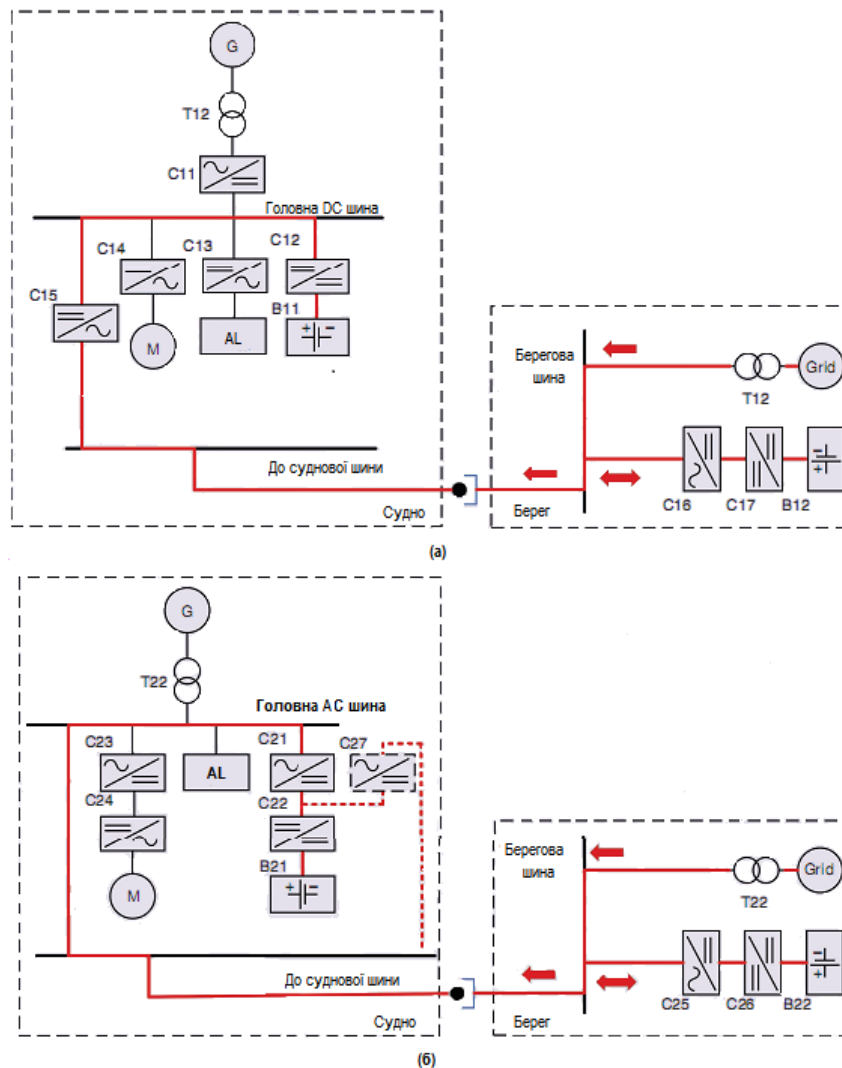


Рис. 1. Берегові зарядні системи змінного струму :
(а) для СЕЕС постійного струму ; (б) для СЕЕС змінного струму. AL – допоміжне навантаження;
G – генератор; М – гребний двигун, Grid – берегова мережа

На рисунку 1,б , також показана БЗС з живленням від берегової мережі змінного струму, але, на відміну від рисунку 1,а, вона приєднана до СЕЕС з єдиною шиною змінного струму. Перед підключенням такої БЗС до судна для уникнення неприпустимих зрівняльних струмів слід виконати умови точної синхронізації напруги бортової мережі до мережі берегової. Єдиним винятком є випадок, коли бортова енергосистема пасивна (генератор вимкнений). З огляду на тривалий процес синхронізації, систему, показану на рис.1,б не можна визнати належним рішенням для забезпечення швидкої зарядки протягом часу стикування. Натомість, використання такої структури є доцільним в тривалому режимі «холодного прасування» для живлення допоміжних навантажень судна на стоянці від берегової мережі при відключених бортових дизель-генераторах з метою економії вичерпаного палива та зменшення шуму. Щоб уникнути ускладнень синхронізації, замість перетворювача C21 може бути використаний додатковий активний або пасивний випрямляч C27, підключення якого виділено пунктиром. В трасу підключення C27 до берегової шини може бути вбудований не показаний на схемі бортовий трансформатор для узгодження напруг берегової та суднової шин. Слід враховувати, що

використання такого додаткового трансформатора призведе до збільшення вартості та зниження енергоефективності зарядної системи. Загалом, основний зарядний пристрій може бути встановлений на борту або розміщений поза бортом у спеціальній береговій зарядній станції. Незважаючи на те, що у складі дротових зарядних систем бортові зарядні пристрої досить легко підключаються механічними контактними з'єднувачами, існують суттєві обмеження щодо розміру, ваги та вартості бортового обладнання, насамперед високошвидкісних поромів, які знижують потужність зарядки та продуктивність судна. На відміну від цього, вага, розмір та потужність спеціальних берегових зарядних станцій не обмежені, що забезпечує скорочення часу зарядки. Використання таких станцій, усунення бортового низькочастотного (50Гц) трансформатора, а також мінімізація етапів перетворення параметрів електроенергії на борту – важливі напрями підвищення ефективності електрифікованого морського транспорту з нульовими викидами.

На рисунку 2,а зображено поєднання БЗС та гібридної СЕЕС постійного струму. Очевидно, що таке рішення має переваги у порівнянні зі схемою БЗС змінного струму, оскільки воно дозволяє зменшити кількість і вагу бортових перетворювачів. Наприклад, бортовий перетворювач С15 на рисунку 1,а замінюється береговим перетворювачем С35 на рисунку 2,а.

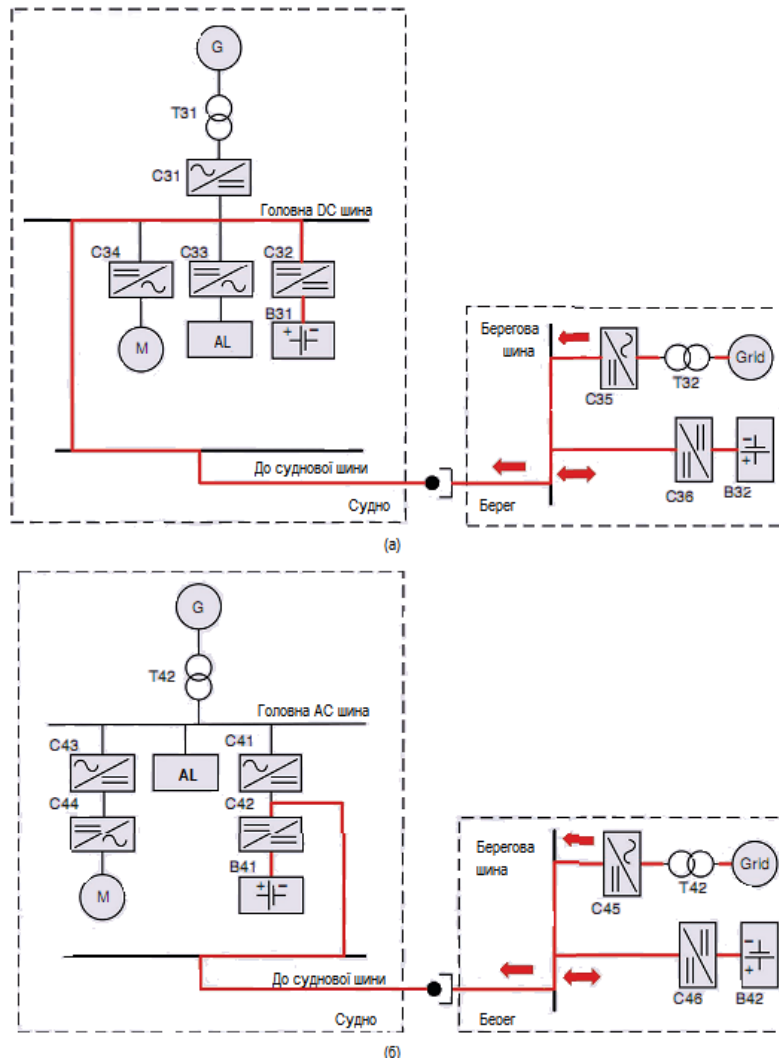


Рис. 2. Берегові зарядні системи постійного струму :
(а) для СЕЕС постійного струму; (б) для СЕЕС змінного струму

Крім того, в системі постійного струму DC/DC перетворювач суднового зарядного пристрою С32 можна взагалі вилучити, тоді судновий акумулятор безпосередньо підключається

до шини постійного струму через штекер, а береговий AC/DC перетворювач C35 використовується для управління зарядкою.

На рисунку 2,б розглянуто живлення гібридної СЕЕС змінного струму від БЗС постійного струму. Суднова DC шина підключена до входу DC/DC перетворювача C42, тому траєкторія зарядки така ж, як на рисунку 2, а.

Системи бездротової зарядки. Використання технологій бездротової (безконтактної) індуктивної передачі енергії надає акумуляторним суднам унікальних переваг з точки зору повного використання короткого часу стикування для зарядки незалежно від складних погодних умов та впливу обмерзання та засоленості [2,3,4]. Спрощена модель індуктивної зарядної системи берег-судно для СЕЕС постійного струму показана на рисунку 3.

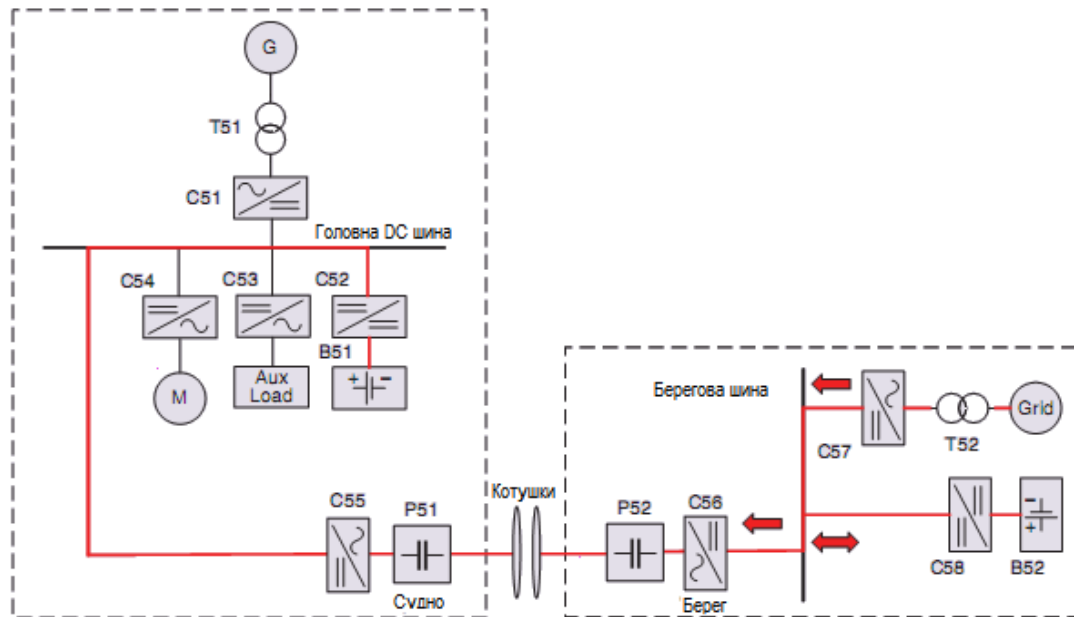


Рис. 3. Індуктивна зарядна система берег-судно для СЕЕС постійного струму

Котушки передавального і приймального контурів діють як трансформатор з низькою взаємною індуктивністю. Ємнісні елементи (P51 і P56) використовуються для компенсації реактивної потужності, споживаної котушками. Перетворювач C56 (дворівневий інвертор напруги) генерує високочастотну (кілька кілогерц) прямокутно-хвильову напругу для живлення передавальної котушки. Високочастотна вихідна напруга приймальної котушки випрямляється діодним перетворювачем C55 і надходить на вхід зарядного пристрою (C52). При індуктивній зарядці усувається необхідність у виділеному бортовому трансформаторі та через збільшення доступного часу зарядки знижується необхідний рівень потужності системи, що дозволяє зменшити витрати на інфраструктуру. Як проблеми індуктивної системи слід відзначити, що її досяжна ефективність чутлива до зміщення котушок в умовах експлуатації. Негативний вплив зазначеного фактору можна дещо компенсувати збільшенням частоти передачі та/або розмірів котушок. Однак, збільшення розмірів одночасно призводить до зростання обсягу та ваги котушок, тоді як проблеми із тепловими втратами обмежують можливість збільшення робочої частоти.

Заміна батарей. Розряджені бортові батареї під час стоянки судна замінюються повністю зарядженими. Переваги методу – зменшений вплив наземних зарядних станцій на берегову електромережу, оскільки батареї заряджаються в тривалому, не піковому нічному режимі дешевшою електроенергією, яка може використовувати також і відновлювальні джерела. Однак, зазначені переваги повинні оцінюватись з урахуванням додаткових капітальних витрат на запасні

акумуляторні батареї, потужне вантажопідйомне та робототехнічне обладнання для здійснення обміну акумуляторних блоків.

Інтерфейс берег-судно складається з елементів, що забезпечують електричне з'єднання між береговими та бортовими енергосистемами: дротовий зв'язок (гнучкі кабелі, штекери та розетки), бездротовий індуктивний зв'язок (передавальна та приймальна котушки), механічні конструкції (роботизовані важелі, пантографи, вежі). Ручне підключення і відключення зарядних кабелів через штепсельні стикувальні вузли, наприклад на MS «Severin Synnevåg» [1], де вони передають зарядну потужність 1,2 МВт, займає декілька хвилин. Використання типового автоматизованого роз'єму берег-судно NG3 PLUG дозволяє покращити умови безпеки та збільшити доступний час зарядки. Зазначена система використовується на MS «Color Hybrid» при потужності нічної зарядки 2,5 МВт і короткочасної денної зарядки 6,5 МВт [1]. На двох сестринських поромках MS «Aurora» та MF «Tycho Brahe» система автоматичного підключення ABB IRB7600 має робот-маніпулятор, розміщений на причалі і оснащений 3D лазерним пристроєм розпізнавання бортових штепселів і механічного з'єднання [1]. На зазначених судах використовується також автоматизована баштова плагін-система (APS) компанії Cavotec, яка забезпечує процес заряджання через 1 хв. після причалювання за допомогою вакуумного пристрою [6]. Пристрій Mobimar Nectors з роз'ємами для систем постійного та змінного струму в районі носової секції також забезпечує автоматичну зарядку MF «Ellen» потужністю 4 МВт постійного струму [4].

Береговий контактний пристрій Stemann-Technik FerryCHARGER для заряджання акумуляторних суден використовує пантограф, що рухається всередині башти на 15 футів по вертикалі і на 1,3 фута по горизонталі [5]. Стикувальний вузол з пантографом має переваги у порівнянні з штепсельним, оскільки забезпечує більш швидке підключення (через 10с) і допускає більше зміщення судна відносно причалу. Система Zinus Port Power P850 пропонує автоматичне контактне з'єднання берег-судно при зарядці струмом 4500 А, має 10-метровий регулятор припливної різниці та автоматично втягує зарядні кабелі в сухе приміщення.

Існують два приклади успішної реалізації перспективних безконтактних систем індуктивної зарядки. В системі Wärtsilä для MF Folgefonn для наближення берегової котушки передавача до приймальної котушки на судні використовується роботизована рука-маніпулятор, яка компенсує вертикальне зміщення котушок внаслідок припливів і відпливів та вантажно-розвантажувальних операцій. Дана система передає 1 МВт потужності при зміні відстані між котушками в межах 15-50 см.

Управління береговою зарядкою. Можна виділити два рівні управління: 1) низького рівня, що охоплює керування напівпровідниковими перетворювачами у складі зарядних пристроїв в залежності від режиму роботи; 2) високого рівня, на якому здійснюється загальносистемне керування енергією, визначаються задані значення потужності, струму та напруги для забезпечення стабільної і енергоефективної роботи системи у процесі зарядки. Другий, інтелектуальний рівень видає команди управління на основі врахування розкладу акумуляторних суден, режиму навантаження місцевої берегової мережі та оцінки стану зарядки (SoC) бортових та берегових акумуляторів.

Функціональна блок-схема керування перетворювачами комплексу: берегова зарядна система постійного струму – гібридна СЕЕС постійного струму показана на рисунку 4. Перетворювач C35 відповідає за контроль напруги постійного струму на береговій шині і також може забезпечити регулювання напруги на боці змінного струму або регулювання реактивної потужності з урахуванням питань якості електроенергії для берегової мережі. Зазвичай, C35 є дворівневим перетворювачем джерела напруги, який працює як автономний інвертор напруги або як активний випрямляч. Система керування C35 містить блок синхронізації з береговою мережею, контролер струму (зазвичай PI- контролер), широтно-імпульсний модулятор (ШІМ-блок) PWM, який генерує сигнали для силових ключів C35, а також контролери зовнішнього контуру, що визначають активну I_d та реактивну I_q складові струму. Берегова батарея B32,

підключена до берегової шини через оборотний DC/DC перетворювач постійного струму C36, який забезпечує два режими: 1) зарядку B32 від берегової мережі та 2) розрядку B32 при заряджанні суднової батареї B31. Для літій-іонних акумуляторів процес зарядки зазвичай починається з постійного струму незмінного рівня, при зростанні напруги батареї до деякого заданого значення, після чого зарядка продовжується при постійній напрузі та спадному струмі. Контролер керування перетворювачем C36 складається з регулятора потужності, внутрішнього контуру управління струмом, а також ШІМ-блоку PWM. Керування аналогічним бортовим оборотним DC/DC перетворювачем C32 здійснюється за подібним принципом.

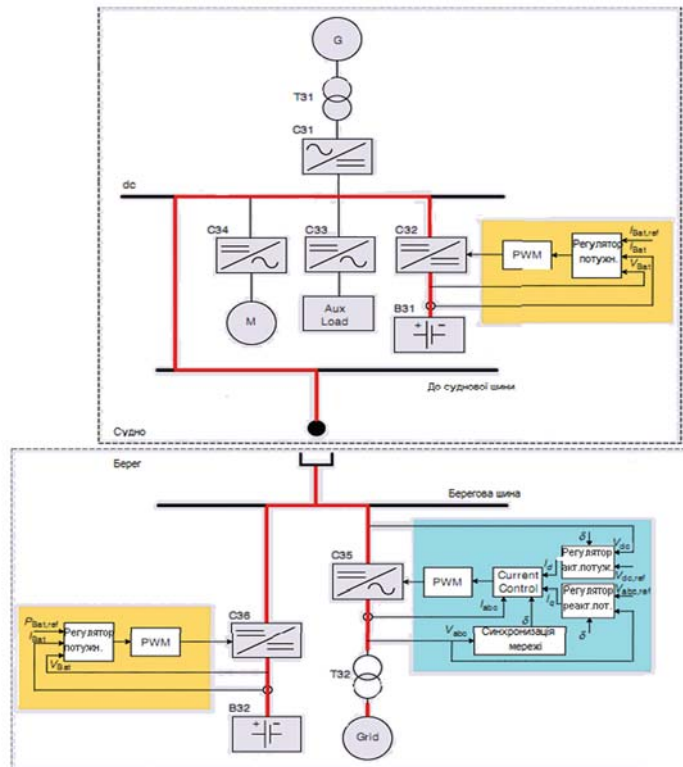


Рис. 4. Функціональна блок-схема керування перетворювачами комплексу: берегова зарядна система постійного струму – гібридна СЕЕС постійного струму

Приклад блок-схеми управління високого рівня показаний на рисунку 5. При визначенні стратегії управління високого рівня слід окремо розглянути призначення та функції відповідних берегових та бортових контролерів, які відрізняються між собою і залежать від конкретних вирішуваних задач. Для берегової зарядної станції існують чотири режими роботи: 1) заряджання берегових акумуляторів, коли жодне судно не пришвартоване; 2) передача енергії на судно лише від берегової мережі; 3) передача енергії на судно лише від берегових акумуляторів; 4) передача енергії на судно як від берегової мережі, так і від берегових акумуляторів.

Берегові акумулятори, як правило, заряджаються вночі малою потужністю або більшою потужністю між зарядками поромів. Бортова система надсилає запит на необхідну загальну енергію, тому берегова система повинна визначити частку потужності мережі і берегового акумулятора при зарядці. З одного боку, використання берегового акумулятора підвищує енергоефективність системи, оскільки зменшує вплив великої потужності зарядки на локальну мережу та може дозволити зменшити загальні витрати на електроенергію при заряджанні в години пік. З іншого боку, використання при зарядці берегового акумулятора є менш енергоефективним, ніж використання мережі, через втрати енергії, спричинені додатковими перетворювачами силової електроніки, які використовуються в інтерфейсі берегової батареї, та

самою батареєю. Отже, берегова система енергоменеджменту має приймати рішення про оптимальний розподіл навантаження між мережею і береговими акумуляторами.

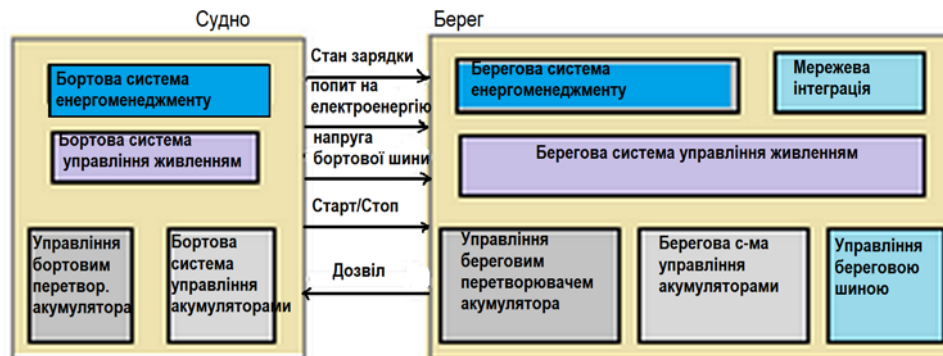


Рис. 5. Структура управління високого рівня зарядним комплексом берег-судно

Режими бортової системи управління: 1) робота в повністю електричному режимі, 2) робота в гібридному режимі (або аварійний режим для повністю електричних поромів) і 3) зарядка з берега. У першому режимі перетворювач, підключений до бортових батарей, повинен контролювати не тільки вихідну потужність акумулятора, а також напругу на шині постійного струму (оскільки бортові генератори відсутні). У другому та третьому режимах перетворювач С32 контролює лише заряд батареї. Щоб уникнути нестабільності під час зарядки, коли бортова шина постійного струму з'єднана з береговою, не слід допускати одночасну роботу перетворювачів С32 і С36 з PI- контролерами постійної напруги. У випадку, коли суднові акумулятори безпосередньо підключені до бортових шин, повинен існувати спеціальний береговий зарядний DC/DC перетворювач, що робить наземні берегові системи енергоменеджменту та управління живленням більш складними. Моніторинг стану заряду та рівня напруги бортових батарей, а також команди запуску та зупинки здійснюються за допомогою бортової системи управління живленням.

Висновки

1. Розглянуто стан та напрямки розвитку сучасних зарядних технологій для сучасних акумуляторних морських суден, включаючи архітектури енергосистем та їх елементи, компоненти інтерфейсу, інфраструктуру систем управління.

2. Виконано порівняння чотирьох структур дротових зарядних комплексів з використанням можливих поєднань берегових та бортових частин на основі змінного і постійного струму. Показані переваги застосування берегової зарядки постійним струмом для бортових установок як змінного, так і постійного струму з огляду на економію обсягу та ваги бортового перетворювального обладнання.

3. Для кращого розуміння рівня досягнутих практичних рішень представлені приклади деяких сучасних інтерфейсів зарядки берег-судно.

4. Використання унікальних переваг індуктивних систем бездротової зарядки можливо лише за умови вирішення проблеми їх інваріантності до умов зв'язку.

5. Підвищення енергоефективності зарядки та підтримка локальної мережі досягається правильним вибором стратегії управління високого рівня БЗС.

ЛІТЕРАТУРА

1. P. Ghimire, D. Park, M. K. Zadeh, J. Thorstensen, and E. Pedersen, "Shipboard electric power conversion: System architecture, applications, control, and challenges," IEEE Electrific. Mag., vol. 7, no. 4, pp. 6–20, Dec. 2019. doi: 10.1109/MELE.2019.2943948.

2. G. Guidi, J. A. Suul, F. Jensen, and I. Sørensen, "Wireless charging for ships: High-power inductive charging for battery electric and plug-in hybrid vessels," IEEE Electrific. Mag., vol. 5, no. 3, pp. 22–32, 2017. doi: 10.1109/MELE.2017.2718829.

3. R. Bosshard and J. W. Kolar, "Inductive power transfer for electric vehicle charging: Technical challenges and tradeoffs," IEEE Power Electron. Mag., vol. 3, no. 3, pp. 22–30, Sept. 2016. doi: 10.1109/MPEL.2016.2583839.
4. "Wireless charging," Wartsila, Helsinki, Finland. Accessed on: Jan. 27, 2020. [Online]. Available: <https://www.wartsila.com/marine/build/power systems/shore-connections/wireless-charging>
5. "FerryCHARGER for electric ferries," Stemann-Technik, Schüttorf, Germany. Accessed on: Jan. 27, 2020. [Online]. Available: http://www.stemann.com/en/products/charging_systems/ferrycharger
6. "E-CHARGING," Cavotec, Lugano, Switzerland. Accessed on: Jan. 27, 2020. [Online]. Available: <http://www.cavotec.com/en/your-applications/ports-maritime/e-charging>.
7. M. S. Eide, "Charting a course for green coastal shipping," DNV GL, Oslo, Norway, 2016. doi: 10.13140/RG.2.2.32516.94088.
8. "Analysis of charging- and shore power infrastructure in Norwegian ports: ReCharge," DNV GL, Oslo, Norway. Accessed on: Jan. 27, 2020. [Online]. Available: https://www.nek.no/wp-content/uploads/2019/03/DNV-GL-2017-0101_ReCharge.pdf
9. T. W. P. Smith et al., Third IMO GHG Study 2014. London: International Maritime Organization (IMO), 2014.

Coastal charging systems for battery vessels

Zhuk O. K.¹, Dzysiuk Ya. V.², Slabodchikov A. A.³

¹⁻³Admiral Makarov National University of Shipbuilding, Mykolayiv, Ukraine.

Abstract. The structures of high-power charging systems for battery ships using the latest technologies and components are considered: wireless inductive power transmission, advanced switching elements (connectors), marine power electronics, shore storage, charging process optimization. A comparative analysis of possible topological solutions of charging systems is performed, based on the condition of achieving the highest energy efficiency, taking into account the type of ship power system (SPS), available charging time and capabilities of the port electricity network. An overview of the requirements for the coastal charging control system is given.

Keywords: rechargeable vessels with electric and hybrid propulsion power plants, power semiconductor converters, inductive charging systems, shore-to-ship interface, control and management of charging systems.

УДК 681.128

ВИБІР МЕТОДІВ ТА ЗАСОБІВ ВИМІРЮВАННЯ КІЛЬКОСТІ РІДКИХ/ТВЕРДИХ СЕРЕДОВИЩ ДЛЯ ЗЕМСНАРЯДІВ

Жуков Ю.Д.¹, Зівенко О.В.²

¹доктор технічних наук, професор Національного університету кораблебудування
імені адмірала Макарова, м. Миколаїв, Україна
yuriy.zhukov@nuos.edu.ua

²кандидат технічних наук, доцент Національного університету кораблебудування
імені адмірала Макарова, м. Миколаїв, Україна
oleksii.zivenko@nuos.edu.ua

Анотація. Наведено огляд методів контролю кількості вантажу підводного земснаряду. Надані рекомендації та аргументи щодо вибору засобів вимірювання. В якості основних засобів вимірювання обрано ультразвукові сенсори, комплексовані із датчиками тиску та сигналізаторами рівня.