ИЗСЛЕДВАНЕ НА ПОВЕДЕНИЕТО НА ХИБРИДНАТА ЕЛЕКТРИЧЕСКА СИСТЕМА НА КАТАМАРАН ПО ВРЕМЕ НА МОРСКИ ПРЕХОД

Гинко Георгиев, Силвия Лецковска, Радостин Долчинков
Бургаски свободен университет

INVESTIGATION OF THE BEHAVIOR OF THE HYBRID ELECTRICAL SYSTEM OF A CATAMARAN DURING A SEA VOYAGE

Ginko Georgiev, Silviya Letskovska, Radostin Dolchinkov
Burgas Free University

Abstract: *This report examines a hybrid propulsion system for a sea vessel for tourist trips. The behavior of the system during the sea transition - charge and discharge of batteries, energy production, etc. Was studied.*

Key words: *PV-system, sea voyage, hybrid system.*

Въведение

Въздействията върху околната среда от големите фериботи, туристическите и круизни кораби включват емисии на парникови газове от дизеловите двигатели, замърсяване с нефт и акустика. Отработените газове от изгарянето на дизеловото гориво в корабите са важен източник на замърсяване на въздуха (SOX, NOX, PM, CO, CO_2 и HCs). Въз основа на проучването на Международната морска организация (IMO) еквивалентните емисии на въглероден диоксид от корабоплаването са оценени на 2,2% от общите емисии [2]. Прогнозираните еквивалентни емисии на CO_2 от големите кораби се очаква да се увеличат с 50% –250% до 2050 г., ако не се предприемат действия. Освен това влиянието на морските дизелови двигатели е по-значително в близост до пристанищата, т.к. като дизеловото гориво в петролните танкери и контейнерните кораби има по-високо съдържание на сяра и е по-евтино в сравнение с дизеловото гориво, използвано за сухопътни приложения.

Фотоволтаичната технология може да бъде едно рентабилно решение за корабите. Фотоволтаичните системи могат да действат като идеални допълнителни източници на енергия, независими от електромеханичната система на кораба [1,2]. Те имат следнете предимства:

- Произвеждат електрическа енергия без странични продукти от типа на газови емисии или шум;
- Имат ниски разходи за поддръжка;
- Използват ограничено или не използват механично движещи се части;
- Имат лесен монтаж и бърза подмяна в случай на стареене или дефекти;

- Имат задоволителен живот при гарантирана изходна мощност на фотоволтаичния панел, която обикновено не може да бъде по-малка от 80% от номиналната след 25 години експлоатация;
- Могат да се поставят в малки повърхности.

Морската среда може да бъде вредна както за електрониката, така и за панелите на фотоволтаичната система. Високите нива на влажност и сол могат да причинят късо съединение и да предизвикат корозия на механичните части на преобразувателите.

Европейският комитет за електротехническа стандартизация (CENELEC) разработи степени на защита срещу проникване (IP код), която мащабира нивата на защита на електрическата верига от твърди предмети, материали и течности. Класът на защита на преобразувателите, вградени в морските фотоволтаични централи, трябва да бъде най-малко IP54 или IP54 W.

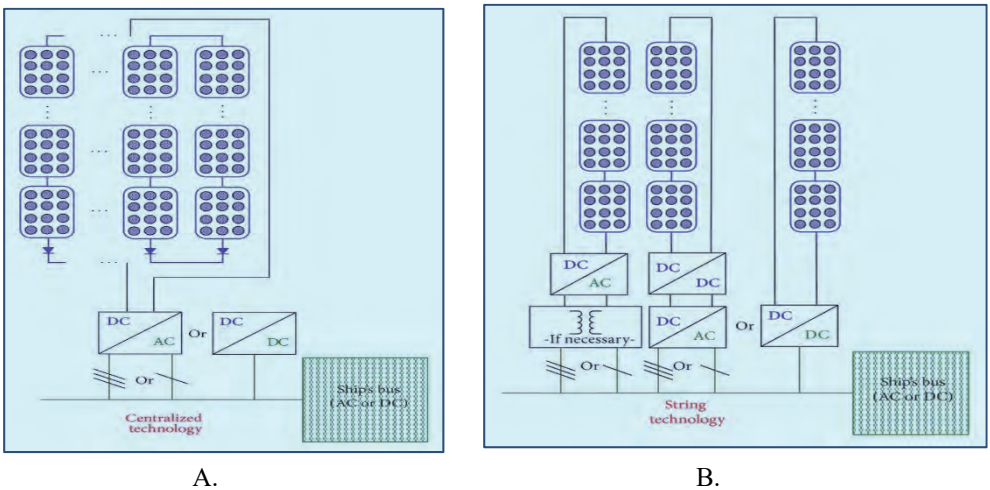
Инсталирането на фотоволтаични инсталации на морски плавателен съд също е под ограничение на площта. Системите не трябва нито да възпрепятстват прехвърлянето на товари и хора, нито да покриват места с финансово значение като палуба, складови зали и резервоари.

При морските PV-приложения изборът на типа клетки е свързан с общите разходи и вида на инсталационната повърхност. Кристалните клетки са по-подходящи за плоски повърхности. Те имат ниска цена, висока ефективност и висока плътност на мощността, което дава възможност да се използват напълно малките инсталационни площи. Изборът на монокристален или поликристален тип панел се определя от общия бюджет и наличната площ. Модулите с тънък филм са по-предпочитани за прозрачни повърхности като прозорци и стъклени фасади, за кривини и за сенчести места.

I. Технологии за инсталиране на фотоволтаични панели и преобразуватели, адаптирани за морски приложения

1.1. Централизираната технология (с единичен преобразувател)

Мощността се генерира от паралелно свързани редове панели.



A. B.

Фиг. 1. Централизираната и струнна технология.

Всеки низ осигурява необходимото високо DC напрежение, което задвижва преобразувателя, докато паралелната им връзка генерира голям ток [3,4,5,6].

Допълнителни характеристики на централизираната технология (Фиг. 1, A) са използването на единична контролна система за проследяване на максималната точка на мощност (MPPT) и диоди в края на всеки низ, които блокират обратните токове поради сенките или температурните разлики в мрежата.

Предимствата на централизираната технология в морските приложения са следните:

- Могат да се генерират големи количества електрическа енергия;
- Преобразувателят може да бъде далеч от PV мрежата, защитен от влага и прах.
- Може да се прилага както за еднофазна, така и за трифазна AC шина.

Недостатъците са:

- Необходимост от големи монтажни площи;
- Единичния преобразувател няма резерв, което повишава риска от пълна повреда на системата в случай на неизправност;
- Само един и същ тип фотоволтаични панели могат да бъдат инсталирани;
- Има високо напрежение в точката на свързване между PV мрежата и преобразувателя, което води до а) по-висок риск от токов удар,
- По-висока цена на окабеляването (специални спецификации за изолация и висок пренос на мощност), и др.

1.2. Стринг технология

Възможен заместител на централизираната технология е стринг технологията, която е популярна в страните, пионери на PV-технологията, като Германия. За разлика от централизираната технология, PV-мрежата се състои само от един низ, който е прикрепен към преобразувател, характеристика, която намалява инсталираната мощност, но дава много предимства на новата технология. Диаграма на стринг технологията е представена на Фиг. 1, B.

Предимства на технологията са:

- Поради последователното свързване на панелите, не винаги е необходимо допълнително усилване на входното напрежение на преобразувателя;
- По-малко нужда от инсталационна площ, но все още значителна;
- По-висока ефективност в сравнение с централизираната технология;
- Преобразувателят може да е далеч от PV мрежата, защитен от влага и прах;
- Може да се прилага както за еднофазна, така и за трифазна шина за променлив ток.

Недостатъците са:

- Само един и същ тип фотоволтаични панели могат да бъдат инсталирани;
- В зависимост от инсталирания брой PV панели, генерираната мощност от всеки низ варира между 0,7 kW и 3 kW и др.

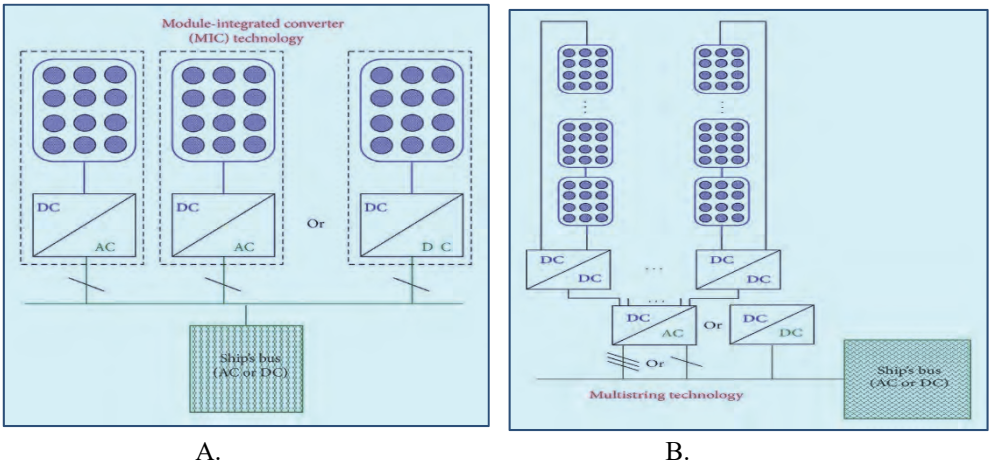
1.3. Мултистринг технология

Мултистринг технологията (Multistring technology), която напоследък се налага на световния пазар, е еволюция на стринг технологията (Фиг. 2, A). Предлаганото управление на захранването е подобно на централизираната технология без недостатъците на втората.

Както е показано на Фиг. 2, А в дизайна се изискват множество низове от панели със съответните им преобразуватели, паралелно свързани към един централен преобразувател[5,6].

Предимствата на технологията са:

- Във всеки низ могат да се инсталират различни видове и брой панели;
- Блокиращи диоди не са необходими;
- Преобразувателят може да бъде далеч от PV мрежата, защитен от влага и прах;
- Може да се прилага както за еднофазна, така и за трифазна шина за променлив ток.



А. В.

Фиг. 2. Multistring technology (A) и MIC технология (B).

Недостатъците са:

- Допълнителният преобразувател във всеки низ увеличава общите разходи;
- Проблемите с високото постояннотоково напрежение към точката на свързване между PV-мрежата и преобразувателите и явленията за гореща точка все още остават;
- Дори системата да е толерантна по време на повреда на преобразувателя на низ, тя не може да остане работеща, ако основният преобразувател е повреден;
- Необходими са големи монтажни площи.

1.4. MIC технология

В сравнение с гореспоменатите технологии MIC имат следните характеристики (Фиг. 2, B):

Предимства:

- Напрежението в точката на свързване между панела и преобразувателя е ниско;
- Изисква се минималната инсталационна площ, което ги прави идеални за морски приложения, особено в PV инсталации, интегрирани в прозорци и стъклени фасади;

- Надстройката на инсталирания капацитет на мощност е успешна чрез инсталиране на повече модули към шината, без допълнителни ограничения от предишния дизайн на системата;
- Фотоволтаичната централа, базирана на многобройни MIC, може да генерира енергия дори когато един или повече преобразуватели не работят;
- Панелите са без риск от горещи точки.

Недостатъци:
- MIC е предназначен за еднофазни приложения, като изходното напрежение малко надвишава 300 V (без използването на трансформатор). При морските приложения обаче може да се наложи не само да доставят трифазни товари, но и да достигнат изходни напрежения, равни на 400 V (DC или AC);
- Максималната генерирана мощност се определя от номиналната мощност на фотоволтаичния панел. Според настоящата търговска технология тя не може да преодолее 350 W;
- Поради разположението в близост до панела, преобразувателят е изложен на екстремни експлоатационни условия (влажност, температура), които намаляват експлоатационния живот и правят проектните спецификации по-трудни за успех;.
- Ефективност в сравнение с другите топологии е по-ниска. През последните години обаче се провеждат интензивни изследвания, за да се увеличи [7,8,9].

II. Хибридна система за осигуряване на електроенергия на плавателен съд

2.1. Описание на системата

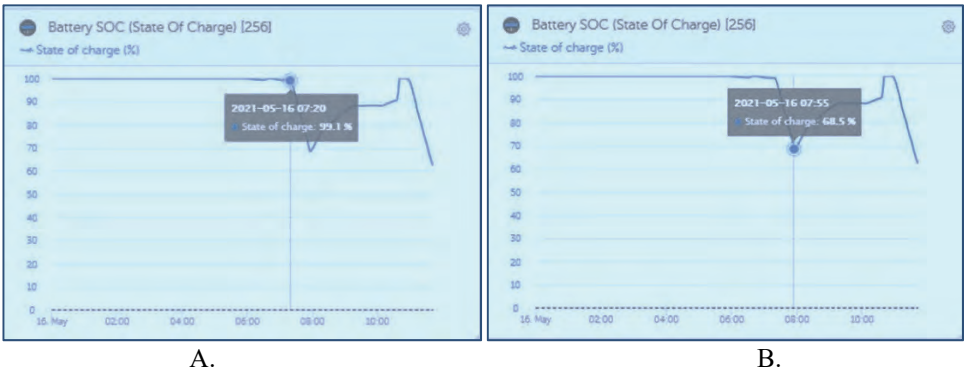
Системата включва два дизелови двигателя с мощност 82.5 kW всеки и фотоволтаична централа, включваща 20 броя поликристални панели с размери 1.2/0.8 Мощността на всеки панел е 160 W, а общата инсталирана мощност – 3,2 kWp.

Алгоритъмът на работа на системата включва:
- Маневриране от излизане от пристанище – на електроход;
- След спад на заряда на акумулатора на 70% (оптимален вариант) се включват двата дизелови двигатели, което води до увеличаване на скоростта на движение и заряд на акумулаторите;
- След достигане на 100% заряд на акумулатора може да се премине отново на електроход;
- Влизане в пристанище – на електроход.

2.2. Експериментални резултати

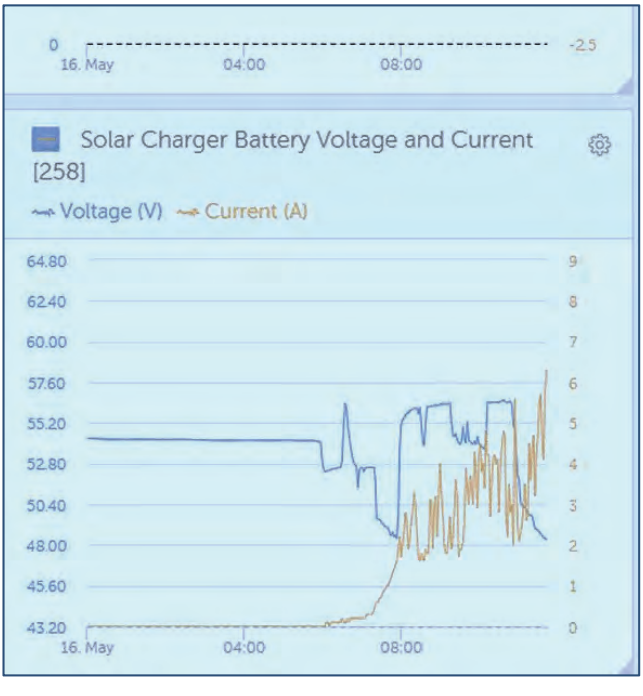
Тестът на хибридната система бе проведен при следните условия: излизане на плавателния съд от пристанището на електроход, при което се получи разреждане на акумулаторните батерии на 70% (Фиг. 3, A, B).

Полученото напрежение при съвместната работа на фотоелектричната централа и дизеловите двигатели е показано на Фиг. 4.



A. B.

Фиг. 3. А - Начало (99,1%) процеса на разряд на акумулаторите при движение на електроход; В – край на разряда.



Фиг. 4. Експериментални резултати от съвместната работа на елементите на хибридната система.

Заключение

Предложената хибридна система за електозахранване на катамаран за туристически пътувания има следните предимства:

- Системата разполага с няколко източника на енергия – дизелови двигатели, фотоволтаична система и акумулатори;

- Системата е надеждна, т.к. не разчита само на един източник на енергия;
- Различните източници на енергия си взаимодействат по начин, който е най-благоприятен за живота на акумулаторите;
- При случай на свръхпроизводство на енергия от фотоволтаичната система, респективно и от дизеловите двигатели, зарядният ток се ограничава с цел осигуряване на оптимални условия на работа на акумулаторите.

Литература

[1]. Albert Embankment, Study Published by the international maritime organization, London, Third International Martime Organization GHG, SE1 7SR, www.imo.org (2015)
[2]. Emmanuel Tatakis and John Prousalidis, PV Systems Installed in Marine Vessels: Technologies and Specifications
[3]. Камен Д. Сейменлийски, Ц.Т.Цанев, Г.С. Тянова, Ограничаване на неблагоприятното влияние на преобразувателни устройства върху качеството на електрическата енергия, Списание „ЕЛЕКТРОТЕХНИКА И ЕЛЕКТРОНИКА“,бр. 3-4/1994 г. ; ISSN: 0861-4717, 1994 г., Издание на „СЕЕС“, с. 22 – 26
[4]. К. Сейменлийски, П. Георгиев, П. Рахнев, Непосредствен честотопреобразувател за асинхронно електрозадвижване, Научна конференция с международно участие на тема: „Икономика на знанието – възможности и предизвикателства пред висшето образование”, БСУ, Бургас, 2008, ISBN 978-954-9370-63-8, стр. 143-147. издателство ИРИТА ПРИНТ
[5]. Георгиев П. В., К. Д. Сейменлийски, А.Аврамов, Дискретен модел на състоянието на асинхронен двигател в синхронизирана с полето координатна система, Бургаски Свободен Университет, Научна конференция с международно участие – „Съвременни технологии – 07“, БСУ 2007 г., ISSN 1313-2407, стр. 64-69 издателство ИРИТА ПРИНТ ООД
[6]. Георгиев П. В., К. Д. Сейменлийски, А.Аврамов, Дискретен модел на състоянието на асинхронен двигател в установена координатна система, Бургаски Свободен Университет, Научна конференция с международно участие „Съвременни технологии – 07“, БСУ 2007 г., ISSN 1313-2407, стр. 81-86 издателство ИРИТА ПРИНТ ООД
[7]. Георгиев П. В., К. Д. Сейменлийски, А. Аврамов, М.Ушева , Непрекъснат модел на състоянието на асинхронен двигател в синхронизирана с полето координатна система, INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE, UNITECH Gabrovo, 23-24 November 2007, ISSN 1313-230X, стр. 180-184, Унив. Издателство ТУ-Габрово
[8]. Георгиев П. В., К. Д. Сейменлийски, А. Аврамов, М.Ушева, Непрекъснат модел на състоянието на асинхронен двигател в установена координатна система с оси алфа и бета, INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE, UNITECH Gabrovo, 23-24 November 2007, ISSN 1313-230X, стр. 184-187, Унив. Издателство ТУ-Габрово
[9]. Камен Сейменлийски, Кремена Димитрова, Вариантно решение на контур за решаване на модула на вектора на главното потокосцепление на трифазен асихронен двигател, Годишник на БСУ 2014 том XXX; ISSN: 1311-221-X, стр. 250-257, Печатница „ЕКС-ПРЕС” ООД – Габрово