

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

науково-методичної конференції

**"АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ СУДНОВОЇ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКИ,
ЕЛЕКТРОМЕХАНІКИ ТА РАДІОЕЛЕКТРОНІКИ"**

11.12.2017 – 12.12.2017



Одеса – 2018

У збірнику матеріалів конференції розміщено тези доповідей, які заслуговували на пленарних та секційних засіданнях науково-методичної конференції "Актуальні проблеми суднової електроенергетики, електромеханіки та радіоелектроніки", що відбулась 11-12 грудня 2017 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, інформаційна безпека, оптимізація функціонування радіоелектронних пристроїв та систем.

Матеріали науково-методичної конференції «Актуальні проблеми суднової електроенергетики, електромеханіки та радіоелектроніки», 11.12.2017 - 12.12.2017. – Одеса: НУ «ОМА», 2018. – 150 с.

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

Організатори:

Факультет електромеханіки та радіоелектроніки
Національного університета «Одеська морська академія»,
Одеське відділення Інституту морської техніки, науки і технології
Великобританії (IMarEST)
Морський інститут України (Nautical Institute of Ukraine).

ЗМІСТ

ПЛЕНАРНІ ДОПОВІДІ

В.А. Голюков, В.Д. Савчук

Науково-технічна діяльність Національного університету «Одеська морська академія» у 2016 році..... 8

В.В. Будашко

Концептуалізація науково-прикладних досліджень суднових енергетичних установок комбінованих пропульсивних комплексів..... 14

С.А. Михайлов

Концепция информационной безопасности судовых информационных систем..... 16

V.M. Koshevyy

Some results of NCSR 4 on integration and presentation of available navigation related information exchange via communication equipment integrated with INS..... 21

СУДНОВЕ ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ, ЕЛЕКТРОННА АПАРАТУРА ТА СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ

В.С. Луковцев, А.В. Алексенко

Асинхронный режим и ресинхронизация судовых синхронных генераторов 23

В.Ф. Шапо

Анализ характеристик протоколов передачи данных в промышленных сетях..... 24

Р.И. Куделькин, В.С. Луковцев, В.В. Будашко

Программные и аппаратные средства системы управления комплексом измерения параметров асинхронных электродвигателей..... 28

А.В. Рябцов, С.В. Няму

Перспективы применения оптических коммутаторов в современных судовых системах управления..... 30

В.С. Луковцев, Е.А. Босый

Уменьшение влияния ударного тока короткого замыкания в судовых электроэнергетических системах..... 32

<i>В.Е. Загоруйко, В.С. Петрушин</i> Дослідження процесів та оптимізація регульованих асинхронних кранових електроприводів балкера.....	35
<i>С.Ф. Самонов, В.А. Дубовик</i> Совершенствование мониторинга судового рулевого электропривода с преобразователем частоты фирмы «Роллс-Ройс».....	36
<i>Д.В. Унгаров, О.А. Онищенко</i> Підвищення динамічної стійкості суднової електроенергетичної системи....	38
<i>А.Г. Калусев, Ю.И. Евдокимова</i> Усовершенствование методов обеспечения остойчивости судна в динамических условиях работы.....	40

ЕЛЕКТРОМАГНІТНА СУМІСНІСТЬ ТА ЯКІСТЬ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ

<i>В.В. Бондаренко, В.В. Бушер, О.В. Глазева</i> Дослідження електромагнітної сумісності підрулюючого пристрою з тиристорним перетворювачем напруги контейнеровоза місткістю 8500 контейнерів із судновою мережею в динамічних режимах.....	43
--	----

ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ ТА НАДІЙНІСТЬ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИХ СИСТЕМ

<i>Н.Г. Ермошкин, А.А. Игнатенко, Г.Г. Стельмах</i> Электроэнергетические системы судов настоящего и будущего.....	49
<i>Н.Г. Ермошкин, А.А. Игнатенко, Н.С. Бабенчук, В.В. Лукинова</i> Методика оценки теплонапряженного состояния соединительных фрикционных муфт, применяемых в дизель-редукторных агрегатах.....	54
<i>О.К. Колбанов, Г.О. Чаусовский</i> Забезпечення надійної роботи системи аварійного живлення пасажирського судна.....	61
<i>И.М. Гвоздева, С.Н.Сакали, В.О. Берест</i> Экспериментальное исследование характеристик систем фотоэлектрических преобразователей.....	63

С.А. Дудко

Устройство компенсации реактивной энергии как способ повышения энергетической эффективности судна.....	65
--	----

СУЧАСНІ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДУ, КОМПОНЕНТИ ТА ДІАГНОСТИКА

Я.Б. Волянская, О.А. Онищенко

Система электродвижения автономного плавательного аппарата.....	68
---	----

В.С. Михайленко, П.О. Почивалов

Нейро-нечеткая система диагностики и управления судовым дизель генератором.....	70
---	----

О.Н. Мазур, В.В. Голіков

Визначення потужності електроенергетичної установки багатоцільового судна подвійного призначення.....	72
---	----

Д.В. Бондаренко, І.С. Слободянюк, В.В. Будашко

Підвищення ефективності управління електроприводами рушіїв комбінованого пропульсивного комплексу.....	74
--	----

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ТА ПРИСТРОЇВ В ЕЛЕКТРО- ТА РАДІОТЕХНІЦІ

І.Г. Бондар, В.В. Бушер

Розробка і дослідження режимів роботи СЕЕС в MATLAB нового покоління.....	78
---	----

П.В. Петров, О.В. Глазева, І.П. Малявін

Моделювання та експериментальне дослідження трифазного кола за допомогою фільтрів симетричних складових напруги.....	80
--	----

П.В. Петров, О.В. Глазева, А.В. Буланов

Моделювання роботи ФСПП та ФСЗП для дослідження трифазних мереж з лінійним та нелінійним навантаженням.....	87
---	----

В.Е. Загоруйко, О.В. Глазева, В.В. Власов

Дослідження впливу несиметрії напруги живлення на роботу асинхронного двигуна.....	93
--	----

РАДІОТЕХНІКА, РАДІОЕЛЕКТРОННІ АПАРАТИ ТА ЗВ'ЯЗОК

V.M. Koshevyy, V.V. Dermenzhi

Sets of optimal waveform and mismatched filter pairs investigation with consideration doppler shift for marine radar.....	101
---	-----

<i>О.В. Шишкін, Н.І. Маркевич</i> Особливості побудови мережі передачі даних на основі LTE.....	103
<i>V.M. Koshevyy, A.A. Shevchenko</i> Radar radiation pattern linear antennas array with controlling value of directivity coefficient.....	105
<i>О.В. Шишкін, С.С. Ліщенко</i> Використання ширококутових сигналів в супутникових системах морського радіозв'язку.....	107
<i>Е.Л. Пашенко</i> Анализ свойств функции неопределенности составных многофазных сигналов с дополнительной амплитудной модуляцией.....	108
<i>В.М. Кошевой, А.В. Рудковская</i> Синтез основных дискретных сигналов, обеспечивающих хорошие корреляционные свойства.....	111
<i>А. В. Шишкин, Т. Ю. Гапеева</i> Исследование сигналов с расширенным спектром для УКВ радиосвязи.....	113
<i>V.M. Koshevyy, V.S. Triguba</i> Clutter suppression using complementary signals in marine radar application.....	114
<i>ЗВ.М. Кошевой, А.И. Чулак</i> Оптимальный прием элемента сигнала. Произвольная помеха.....	117
<i>Е.Л. Пашенко, А.И. Чулак, В.В. Заим</i> Исследование влияния оконных функций на примере кода Баркера и М-последовательности.....	119
<i>В.И. Купровский, А.А. Степаненко</i> Антиподные линии радиосвязи в декаметровом диапазоне.....	121
<i>В.М. Кошевой, А.А. Степаненко</i> Автокорреляционная функция и отклик согласованного фильтра.....	127
<i>В.М. Кошевой, О.В. Переходнюк</i> Корреляционные функции АМФ сигналов.....	128

ІНФОРМАЦІЙНА БЕЗПЕКА

<i>С.А. Михайлов, Г.О. Касьяненко.</i> Дослідження заходів та засобів захисту судових комп'ютерних систем від кіберзагроз з боку берегових серверів.....	131
<i>С.А. Михайлов, І.М. Журбенко</i> Правовые аспекты создания и эксплуатации роботизированных судов без экипажа.....	133
<i>С.А. Михайлов, Ю.С. Шевцов, В.Е. Хрущов</i> Цифровые технологии и кибербезопасность в морской индустрии.....	135
<i>С.А. Михайлов, Ю.С. Шевцов, Є.Є. Постніков</i> Устойчивость программного обеспечения морских информационных систем к кибератакам.....	137
<i>С.А. Михайлов, А.И. Чулак</i> Информационная безопасность судовых электронных картографических навигационно-информационных систем.....	139
<i>С.А. Михайлов, И.М. Кулешов, В.В. Заим</i> Информационная защита систем управления и контроля судовых энергетических установок.....	142
<i>С.Н. Дранчук, О.Я. Пышный, А.А. Платика</i> Разработка устройства измерения эффективного напряжения в гигагерцовом диапазоне частот.....	144
<i>В.А. Завадский, О.Я. Пышный, К.О. Сикорская</i> Разработка устройства измерения уровня мощности сигналов в сетях безпроводных датчиков.....	147

ПЛЕНАРНІ ДОПОВІДІ

НАУКОВО-ТЕХНІЧНА ДІЯЛЬНІСТЬ НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ «ОДЕСЬКА МОРСЬКА АКАДЕМІЯ» У 2016 РОЦІ

Голіков В.А., проректор з наукової роботи, д.т.н., професор,
Савчук В.Д., начальник науково-дослідної частини, к.т.н., професор

Наукові дослідження та розробки в університеті здійснюються за рахунок коштів державного бюджету, які фінансуються Міністерством освіти і науки України, коштів замовників, при виконанні госпдоговірних робіт та в рамках кафедральних пошукових науково-дослідних робіт.

Науково-педагогічні кадри, які беруть участь у НДДКР:

Показники	2016
Чисельність науково-педагогічних працівників, які виконують НДДКР, усього осіб	691
з них - докторів наук	44
з них - кандидатів наук	219

Кількість виконаних робіт та їх фінансування:

Категорії робіт	2016	
	кількість одиниць	тис. грн.
Фундаментальні	1	94,53
Прикладні	1	115,44
Госпдоговірні	6	1525,21

За рахунок коштів державного бюджету було виконано 2 роботи:

1. Фундаментальна НДР: «Теоретичні засади, методи та інструментальні засоби інформаційної технології діагностування динамічних об'єктів на основі моделей Вольтера» - наук. керівник к.т.н., доцент Ковальов М.І.

Практична цінність результатів полягає у створенні інструментальних програмних засобів, що реалізують обчислювальні алгоритми детермінованої ідентифікації об'єкту управління.

Цінність результатів для навчальної роботи. Результати досліджень використовуються в навчальному процесі кафедри «Морський радіозв'язок» НУ «ОМА» при викладанні дисциплін «Радіоавтоматика», «Радіоелектронні системи», «Інформаційні радіосистеми» та «Системи та мережі комп'ютерного та мобільного зв'язку», а також при розробці тем магістерських дипломних робіт. Опубліковано наукових 6 статей у фахових виданнях України та 1 статтю у зарубіжному періодичному виданні зі Scopus; опубліковано 15 наукових доповідей, у т.ч. 6 у зарубіжних виданнях, що входять до наукометричних баз, 4 англійською мовою, приймалася участь в 7 міжнародних конференціях.

2. Прикладна НДР «Акустична система моніторингу терористичних погроз на водному транспорті» - наук. керівник д.т.н., професор Вишневський Л.В.

Наукові результати: Підтверджена можливість створення цифрових адаптивних систем виявлення і розпізнавання терористичних загроз за рахунок

застосування високоефективних обчислювальних структур, що забезпечує підвищення достовірності прийняття рішення оператором на відстані 10-12 км до цілі з точністю до 2 градусів.

Практична цінність результатів. Результати роботи рекомендуються до впровадження на стадіях проектування та виготовлення систем локації для транспортних суден і кораблів, а також підприємствах морської та річкової галузі, для охорони режимних об'єктів. Розроблені обчислювальні алгоритми доцільно впровадити у програмне забезпечення звуколокаційних комплексів АЗК-7 артилерійської розвідки, які знаходяться на озброєнні України. Перспективним напрямком застосування результатів роботи є виявлення безпілотних літальних апаратів по звуку двигуна.

Виконано госпдоговірні роботи та надані послуги:

1. На замовлення ДУ «Національний Антарктичний науковий центр» (м. Київ) була виконана підготовка експертного висновку щодо вибору судна для проведення XXII Української антарктичної експедиції - науковий керівник доцент Голюков В.В., вартість роботи 30,0 тис. грн.

2. По договору з ТОВ «ЮРИДИЧНА КОМПАНІЯ “ЛІГАЛ ГРАН ТТ”» (м. Одеса) було виконано науково-технічну експертизу положень пункту 3.3 розділу III Порядку справляння та розмірів ставок портових зборів, затверджених наказом Міністерства інфраструктури України № 316 від 27.05.2013 р. - науковий керівник доцент Давидов І.П., вартість роботи 10,0 тис. грн.

3. На замовлення Компанії «Almar Shipping Corp.» (м. Одеса) виконано підготовку експертного висновку про вплив пошкодженого правого гребного гвинта на стан пропульсивного комплексу т/х «ZOYA» (прапор Того)» - науковий керівник професор Веретеннік О.М., вартість роботи 50,0 тис. грн.

4. Прокуратура Одеської області (м. Одеса) дала доручення фахівцям університету виконати первинну науково-технічну експертизу за фактом затонулого судна “Іволга”. Експертизу виконав Кулік В.Л., вартість роботи 30,0 тис. грн.

5. По договору з ДП «Державний проектно-вишукувальний та науково-дослідний інститут морського транспорту» ("ЧОРНОМОРНДІПРОЕКТ") виконано імітаційне моделювання добового руху суден на акваторії МП «Південний» відповідно плану розвитку порту до 2023 р. в режимі реального часу з застосуванням навігаційного тренажера з візуалізацією «NAVI TRAINER PROFESSIONAL 5000». Робота виконана колективом дослідників під керівництвом професора Мальцева А.С. та доцента Голюкова В.В., вартість роботи 1960,0 тис. грн.

6. По договору з ТОВ «МеДетокс» проведено повторне пробне подрібнення та помол тканини АУВМ «Дніпро» для подальшого її використання в фармакології. Роботи виконані під керівництвом доцента Голюков В.В., вартість роботи 13,3 тис. грн.

На кафедрах університету у відповідності з затвердженими науково-технічною радою технічними завданнями, в межах робочого часу викладачів, протягом 2016-17 років, виконувалися 46 пошукових науково-дослідних робіт.

На факультеті електромеханіки і радіоелектроніки - 5 НДР, за пріоритетними напрямками:

- фундаментальні наукові дослідження з проблем розвитку людського потенціалу для забезпечення конкурентоспроможності України у світі та сталого розвитку суспільства і держави. Створення методології управління системами на морському та річковому транспорті;

- енергетика та енергоефективність морських суден та технологій;

- інформаційні та комунікаційні технології для судноплавства, включаючи Е-навігацію.

1. «Концепції, технології та напрямки удосконалення СЕУ комбінованих пропульсивних комплексів» - науковий керівник к.т.н., доцент Будашко В.В.

Мета роботи - обґрунтування методів побудови систем управління єдиними електроенергетичними системами комбінованих пропульсивних комплексів.

Об'єкт дослідження - процеси різного фізичного характеру у суднових енергетичних установках комбінованих пропульсивних комплексів.

Отримані результати: виконано комп'ютерне моделювання енергетичних процесів для різних експлуатаційних режимів комбінованих пропульсивних комплексів; досліджена ефективність функціонування СЕУ комбінованих пропульсивних комплексів при різних режимах роботи підрулюючого пристрою; досліджено процеси заощадження енергії у гібридному дизель-електричному пропульсивному комплексі; здійснено фізичне моделювання багатфункціонального пропульсивного комплексу; отримані схемні та конструктивні рішення комбінованих (гібридних) пропульсивних комплексів. Отримано патент України "Суднова система моніторингу для попередження ефекту Коанда" (Будашко В.В., Нікольський В.В., Хнюнін С.Г.), опубліковано 14 наукових статей та 8 тез доповідей.

2. «Моніторинг, діагностика та управління процесами і обладнанням суднових енергетичних систем» – науковий керівник к.т.н., доцент Муха М.Й.

Результати наукових досліджень: виконано аналіз принципів побудови та огляд суднових систем моніторингу СЕУ; розроблені методи прогнозування та контролю в системах моніторингу технічного стану головного двигуна (евристичного прогнозування, математичні методи часової та просторової екстраполяції, логістичні і структурні методи функціонування систем); виконано моделювання нейромережових алгоритмів прогнозування режимів параметрів суднових дизель-генераторів; створена інтелектуальна система моніторингу, діагностики і управління енергетичними процесами суднових СЕУ; створено тренажерний комплекс суднової автоматизованої електроенергетичної системи; опубліковано 2 монографії, 23 наукові статті, 6 тез доповідей на міжнародних конференціях та 4 – на конференціях НУ «ОМА»; отримано 2 патенти України «Тренажер суднової електроенергетичної системи» та «Повномасштабний тренажер суднової автоматизованої електроенергетичної системи для підготовки та перевірки компетентності морських інженерів» - (Муха М., Дранкова А.).

3. Теорія і технічні засоби енерго- і ресурсозберігаючого управління судновими енергетичними комплексами – науковий керівник, к.т.н., доцент Луковцев В.С.

Результати роботи: досліджено принципи побудови, методи і методики

синтезу та аналізу перспективних технічних засобів, які забезпечують енерго- та ресурсозбереження в суднових комбінованих енергетичних комплексах. Розробляються математичні моделі та алгоритми, які забезпечують моделювання процесів. Розроблені та впроваджені в навчальний процес: лабораторний стенд-тренажер комплексу «Авторульовий-Рульова машина» на базі АР «АИСТ»; лабораторний стенд-тренажер МППСУ судновим ДГ на базі ПК РС-51. По результатах досліджень опубліковано 15 наукових статей та 14 тез доповідей на наукових конференціях.

4. «Підвищення якості програмованих користувачем НВІС (FPGA) для систем захисту інформації» - д.т.н., професор Михайлов С. А.

Розроблені та експериментально перевірені фізико-математичні моделі: процесу виникнення та співвідношення спадкових і ростових дефектів структури в напівпровідниках; гетероепітаксії шарів; впливу домішок на структурні та електричні властивості шарів. Вперше розроблені і експериментально перевірені фізико-математичні моделі виникнення дефектів у шарах в процесі рідиннофазової епітаксії. Запропонований на цій основі метод курування електричним полем в об'ємі шару є перспективним для використання при виготовленні перспективних НВІС (FPGA) для систем захисту інформації. Надруковано 16 наукових статей та 12 доповідей.

5. «Математичні моделі процесів і явищ в елементах конструкцій і енергетичних установках» – науковий керівник д.ф-м.н., професор Попов В.Г.

Розробляється математичне моделювання: динамічно напруженого стану в тілах з тонкими дефектами і кутовими точками в умовах плоскої деформації; взаємодії поверхневих хвиль з похилою площиною. Опубліковано 38 статей та 26 доповідей.

По результатам наукових досліджень, які виконанні професорсько-викладацьким складом на кафедрах університету, були опубліковані: 5 монографій, 5 підручників, 33 навчальних посібники, 325 наукових статей та доповідей. Подано 8 заявок на винаходи та патенти України, отримано 6 патентів України - автори Голіков В.А., Голубєв М.В., Стеценко М.С.; Голіков В.В., Мальцев С.Е.; Великодний С.С.; Савчук В.Д., Клименко Є.М.; Савчук В.Д., Хом'яков В.Ю.; Будашко В.В., Нікольський В.В., Хнюнін С.Г.

У 2016 році в університеті було захищені 1 докторська (Сотніченко Л.Л.) та 13 кандидатських дисертацій (Солодовніков В.Г., Князь О.І., Берестовий І.О., Якушев О.О., Бурмака О.І., Бужбецький Р.Ю., Булгаков О.Ю., Чеснокова М.В., Терновський В.Б., Голубєв М.В., Стеценко М.С., Астайкін Д.В, Журавльов Ю.І.).

Протягом 2016 року в університеті проведено 11 науково-технічних конференцій, на яких були розглянуті: актуальні питання перспектив та проблеми нових підходів до підготовки плавскладу на другому рівні вищої освіти; результати виконаних досліджень суднових енергетичних установок і систем; експлуатації та ремонту флоту, суднова теплоенергетика і холодильна техніка; актуальні питання суднової електротехніки і радіотехніки, електрообладнання, електронна апаратура та системи управління, радіотехніка, радіоелектронні апарати і зв'язок; удосконалення методів судноводіння,

перспективи розвитку інформаційних технологій та технології перевезення вантажів морським і річковим флотом, методика підвищення рівня викладання курсантам ділової англійської мови та інші.

У листопаді 2016 року Міжвідомчою координаційною радою з питань морських досліджень МОН та НАН України в рамках науково-практичної конференції «Морські дослідження і технології в Україні: стан та перспективи розвитку» на засіданні секції «Судноводіння» були розглянуті актуальні питання вдосконалення системи підготовки та перепідготовки фахівців для морської галузі, забезпечення безпеки мореплавання при проведенні системних морських досліджень.

Матеріали усіх конференцій опубліковані.

Науково-дослідна робота курсантів та студентів за кошти бюджету або окремого фінансування не здійснювалась, а виконувалась відповідно планам науково-педагогічної діяльності викладачів кафедр університет.

У 2016 році у 1-му етапі Всеукраїнського конкурсу студентських наукових робіт прийняло участь 37 курсантів. У 2-му етапі Всеукраїнського конкурсу студентських наукових робіт зі спеціальності «Двигуни та енергетичні установки» і «Суднобудування та водний транспорт» прийняли участь 18 курсантів.

Наказом Міністра освіти і науки України від 20.07.2016 року № 859 Дипломами II ступеня нагороджені 2 курсанти Курочкін С.В. (керівник професор Кошевий В.М.) та Гавращенко П.О. (керівник Половинка Е.М.), Дипломами III ступеня нагороджені курсанти Шулянський О.О. (керівник доцент Варбанець Т.В.), Салабутіна Д.С. (керівник професор Михайлов С.А.), Клименко М.Є. та Загонтова А.Г. (керівник ст. викладач Домбровський В.А., ДІ НУ «ОМА»). Дипломами Галузових конкурсних комісій нагороджені 5 курсантів (Шулянський О.О., Дуванов В.Ю., Калуга О.О., Зацепілов А.С., Кокошенко Д.Д.) Грамотами відмічено 7 курсантів (Клименко М.Є., Гавращенко П.О., Міщенко І.А., Курочкін С.В., Салабутіна Д.С., Попова Н.А., Сухий О.В.).

Курсантами підготовлено 416 доповіді, по яким вони звітували на кафедрах та факультетах і зроблено 263 доповіді на науково-технічних конференціях НУ «ОМА», опубліковано 76 тез доповідей, з них 31 – самостійно.

Стаття 19 Закону України «Про наукову і науково-технічну діяльність» вказує, що наукова та науково-технічна діяльність у вищих навчальних закладах є невід’ємною складовою освітньої діяльності і провадиться з метою інтеграції наукової, освітньої і виробничої діяльності в системі вищої освіти і провадиться відповідно до законів України "Про освіту", "Про вищу освіту", "Про наукову і науково-технічну діяльність".

Вищі навчальні заклади в частині провадження ними наукової (науково-технічної) діяльності підлягають державній атестації в порядку, визначеному Кабінетом Міністрів України.

На вищі навчальні заклади (університети, академії, інститути), що пройшли державну атестацію в частині провадження ними наукової (науково-технічної) діяльності, поширюються гарантії забезпечення наукової (науково-

технічної) діяльності, визначені цим Законом для наукових установ. На науково-педагогічних працівників таких вищих навчальних закладів поширюються гарантії наукової (науково-технічної) діяльності, визначені цим Законом для наукових працівників.

Статтею 11 Закону України “Про наукову і науково-технічну діяльність” передбачається, що для наукових установ державної форми власності державна атестація проводиться в обов’язковому порядку не менше одного разу на п’ять років, для новоутворених - не пізніше як через три роки після утворення. Порядок проведення державної атестації наукових установ розробляється в порядку, визначеному цим Законом, і затверджується Кабінетом Міністрів України.

Під час проведення державної атестації наукових установ здійснюється їх оцінювання за такими напрямками:

- забезпеченість науковими і науково-технічними кадрами;
- стан матеріально-технічної бази;
- якість наукової і науково-технічної діяльності - на основі експертної оцінки з використанням наукометричних та інших показників, що використовуються в міжнародній системі експертизи.

Оцінка ефективності наукової і науково-технічної діяльності має здійснюватися відповідно до завдань наукової установи.

Результати державної атестації наукових установ використовуються органами, до сфери управління (відання) яких належать наукові установи, під час: планування обсягу видатків державного бюджету для забезпечення діяльності таких наукових установ; формування тематики наукових досліджень та науково-технічних розробок таких наукових установ; розгляду питання продовження (дострокового розірвання) контракту з керівником наукової установи; розгляду питання щодо реорганізації, ліквідації наукової установи.

Стаття 58 Закону «Про наукову та науково-технічну діяльність» передбачає, що у подальшому буде проводитись конкурсний відбір наукових і науково-технічних робіт, які будуть фінансуватися за рахунок коштів державного бюджету.

Для визначення наукових і науково-технічних робіт, що плануються до виконання за рахунок коштів державного бюджету, та виконавців таких робіт Міністерство освіти і науки України протягом останніх 10 років вже застосовує механізм конкурсного відбору проектів НДР. Наказом МОН України оголошується терміни проведення I та II етапів Конкурсу; зразки форм запитів та рекомендації щодо їх заповнення та інші обов’язкові умови конкурсу. У минулі роки кафедри університету подавали для участі у Конкурсі 8-10 проектів, на 2015 рік було подано 5 проектів, 2 з яких пройшли відбір та отримали фінансування, у 2016 році було подано 3 проекти, які у II етапі Конкурсу отримали низькі оцінки експертів, фінансування не було відкрито. В квітні 2017 року МОН України оголосило про проведення конкурсного відбору проектів, фінансування яких розпочнеться у 2018 році. Усі умови конкурсу проектів були доведені до факультетів та кафедр, однак в НДЧ були представлені 2 проекти з запізненням на 2-4 доби, тобто після закінчення

терміну їх подання. Результат – у 2018 році жодного проекту за рахунок коштів державного бюджету не буде виконуватись.

Отже, колективам кафедр необхідно у січні-лютому 2018 року здійснити підготовку проектів науково-дослідних робіт, представити їх у науково-дослідну частину для подальшої участі у II етапі Конкурсу.

Щорічно Міністерство освіти і науки України видає наказ про проведення Всеукраїнського конкурсу студентських наукових робіт з галузей знань і спеціальностей. У 2017 році на Конкурс було подано 20 курсантських робіт. Результати участі були наведені вище.

Для проведення в університеті 1-го туру ВСО у 2017-18 навчальному році наказом ректора від 17 жовтня 2017 року № 445 створено конкурсні комісії з галузей знань: двигуни та енергетичні установки, безпека життєдіяльності; електроніка та електромеханіка, електричні машини та апарати, радіотехніка; інформатика, обчислювальна техніка та автоматизація; суднобудування та водний транспорт; юридичні науки; економіка підприємства та управління виробництвом, менеджмент та туризм; політичні науки. Термін проведення 1-го туру закінчується 25 січня 2018 року. До цієї дати головам конкурсних комісій курсантські роботи з супровідними документами необхідно представити в НДЧ.

УДК 62-83:629.584

КОНЦЕПТУАЛІЗАЦІЯ НАУКОВО-ПРИКЛАДНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ СУДНОВИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВОК КОМБІНОВАНИХ ПРОПУЛЬСИВНИХ КОМПЛЕКСІВ

В. В. Бодашко, к.т.н., доцент
Национальный университет "Одесская морская академия"

У сучасній морській науці активно виникають сукупності нових ідей і методів досліджень, пов'язаних з підвищенням ефективності функціонування суднових енергетичних установок (СЕУ) комбінованих пропульсивних комплексів (КПК).

Головною мотивацією цих досліджень є існуючі на сьогоднішній день запити практики у галузі експлуатації СЕУ КПК [1-3].

Концептуально ці актуальні запити можна визначити, як необхідність:

- забезпечення мінімізації невідворотних втрат під час передачі потужностей від СЕУ до рушіїв КПК;
- удосконалення процесів контролю передачі потужностей в СЕУ КПК з динамічними принципами утримання (ДПУ);
- підвищення експлуатаційної [3] надійності і міцності СЕУ КПК;
- створення нових і удосконалення існуючих систем підтримки прийняття рішень (СППР) під час експлуатації, досліджень і проектування СЕУ КПК.

На підставі аналізу існуючого стану розвитку СЕУ КПК встановлена наявність низки невирішених проблем і протиріч на лініях рушіїв, в системах жив-

лення двигунів підрулюючих пристроїв (ПП) та в системах розподілу потужності. Ці концептуальні проблеми, можна характеризувати наступним чином:

- зменшення тяги гвинта і крутного моменту в наслідок надходження води перпендикулярно до осі гребного гвинта, викликане течією від швидкості судна або потоків з інших двигунів з силою в напрямку припливу через відхилення потоку гвинта (крос–поєднання опорів), що приводить до зменшення ефективності КПК, особливо у режимах позиціонування (*DP*);

- наявність кавітації для важких навантажень на гвинти (всмоктування повітря) веде до зменшення тиску на лопаті гвинта та може статися під час малого занурення гвинта за рахунок руху судна поперек хвилям;

- раптові падіння тяги й крутного моменту з ефектом гістерезису внаслідок великих амплітуд руху судна перпендикулярно поверхні води;

- одночасне зниження тяги і зміна напрямку тяги через взаємодію потоку від ПП з корпусом (ефект Коанда);

- втрата упору ПП та зниження тяги, що викликані впливом гребного потоку від одного двигуна на сусідні двигуни;

- обмеження зростання обертаючого моменту індуктивністю асинхронного двигуна із запобіганням пошкодження механічної частини електроприводу;

- обмеження максимальної потужності ПП, що враховується при визначенні перевантажувальної спроможності електродвигуна і перетворювача частоти (ПЧ);

- відсутність стратегії управління ПЧ ПП, заснованій на всережимних регуляторах, які забезпечують перехід споживачів, що працюють на гіперболі постійної потужності, у режим регулювання моменту або частоти обертання;

- необхідність дотримання систем *DP* вимогам менеджменту якості, з якими стикаються на етапі експлуатації;

- уніфікація *PMS*;

- відповідність системи умовам збільшення навантаження з точки зору достатності для забезпечення нормальної роботи в залежності від будь-якої ненормального режиму і не перевантажування суднової електроенергетичної системи (СЕЕС) взагалі.

Висновок. Означені концептуальні проблеми зумовили формулювання основного комплексного завдання, яке необхідно досліджувати [4]: розробки СППР для проектування, дослідження і удосконалення СЕУ КПК.

Це головне, концептуальне, завдання складається з трьох допоміжних задач: розробки системи моніторингу деградаційних ефектів на лініях гребних потоків рушіїв із ідентифікацією відповідних маркерів, розробки стратегії всережимних регуляторів потужністю, моментом та частотою обертання електродвигунами ПП КПК і розробки методології побудови багатокритеріальних стратегій управління розподілом потужності СЕУ КПК.

ЛІТЕРАТУРА

1. Budashko, V.; Nikolskyi, V.; Onishchenko, O.; Khniunin, S. Decision support system's concept for design of combined propulsion complexes, Eastern-European Journal of Enterprise

Technologies, №3 (8(81)), 10-21, 2016, <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-85008259896&partner ID=MN8TOARS>

2. Budashko, V.V.; Onishchenko, O.A.; Ungarov, D.V. Modernization of hybrid electric-power system for combined propulsion complexes, Electrotechnic and computer systems, №23(99), 17-22, 2016.

3. Логишев, И.В.; Онищенко, О.А. Управление технической эксплуатацией флота. Учебник. - Одесса: "Феникс", 2016. - 232 с. ISBN 978-966-928-088-6.

4. Голіков В.А., Козьмініх М.А., Онищенко О.А. Методологія наукових досліджень: навчальний посібник. - Одеса: ОНМА, 2015. - 218 с.

УДК 621.391.6

КОНЦЕПЦИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ СУДОВЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Михайлов С.А. д.т.н., проф.

Национальный университет «Одесская морская академия»

На вопрос: «В каких судовых системах необходимы меры по защите информации в них от киберугроз?» есть простой и короткий ответ – «Во всех!». И конечно этот короткий ответ требует подробных пояснений.

Судовые системы давно уже стали электронными и **компьютеризованными**, а именно такие системы являются уязвимыми объектами для кибератак. Кроме того, судовые информационные системы также давно уже стали **интегрированными**, т.е. связанными между собой информационными сетями и связями. Поэтому, информационное повреждение одного локального объекта немедленно отражается на работе системы, в которую он входит, а также других, связанных с ним систем. И, наконец, судовые информационные системы **перестали быть автономными**, работающими в своей ограниченной сфере функционирования. Подавляющее большинство судовых систем через соседние системы связаны с внешним информационным миром. Несмотря на видимую автономность морского судна, как субъекта мореплавания, его информационные системы связаны средствами беспроводной, космической, спутниковой, эфирной связи со всем остальным информационным миром планеты. Как бы громко и пафосно это ни звучало, но дело обстоит именно так!

Безусловно, при реализации стратегии e-Navigation будут внедряться новые технологические решения, связанные с обменом информацией. В частности, для обмена информацией в e-Navigation могут быть применены новые технологии беспроводного доступа в компьютерные сети, которые позволят обеспечить качественную цифровую связь в направлении «судно - берег», «берег - судно», «судно 1 - берег - судно 2» при нахождении судов в зоне действия базовых станций систем радиодоступа.

Применение новых беспроводных информационных технологий открывает широкие возможности для передачи на суда различной информации, относящейся к навигации (СУДС, АИС, метеорологической и т.д.), а также позволяя-

ет осуществить доступ экипажу судна к сети Интернет, IP-телефонии, телефонной сети общего пользования, услугам Skype, Viber и т.д. Береговые службы также смогут получать необходимую навигационную информацию с судна практически в реальном масштабе времени.

Прежде всего, следует выделить основные разделы и подразделы концепции построения защищенных судовых информационных систем. Для этого, *во-первых*, необходимо выделить **источники**, от которых могут поступать угрозы. *Во-вторых*, следует четко определить **пути распространения** этих угроз. Наконец, *в-третьих*, установить **системы и объекты** на судне, которым может быть причинен вред.

Итак, **источники** киберугроз:

- соседнее компьютерное устройство;
- локальная судовая сеть;
- глобальная сеть Internet;
- электронная почта;
- зараженные файлы;
- устройство внешней flash-памяти, банальная «флешка».

Системы и объекты на судне, которым может быть причинен вред:

К ним можно отнести, в первую очередь, электронные карты (ECDIS), автоматические идентификационные системы (AIS), навигационное оборудование, регистратор данных рейса VDR («черный ящик»). Эти и другие судовые комплексы являются компьютерными информационными системами, объединенными между собой локальной информационной сетью с возможностью выхода на глобальную информационную сеть Internet и, следовательно, доступные для действия на них со стороны всех опасностей и кибератак извне и внутри этих сетей.

С появлением информационных технологий на первый план вышли вопросы обеспечения безопасности и конфиденциальности информации. Основные угрозы безопасности связаны с перехватом информации спецслужб, коммерческих предприятий и частных лиц, кражей оплаченного времени соединения, вмешательством в работу информационных и телекоммуникационных систем, несанкционированным доступом к конфиденциальной информации и др.

Пути распространения киберугроз Один из подходов обеспечения кибербезопасности, например, компьютерных «облачных технологий», заключается в построении глубоко эшелонированной безопасности сети. Хорошо известно, что защита любой сетевой инфраструктуры одними лишь методами создания охраняемого периметра неэффективна, поскольку чаще всего наиболее опасные атаки вызваны факторами внутри сети, например:

- противоправными действиями собственных сотрудников;
- внедрением вредных программ (вирусов, троянов, и тому подобное);
- применением одноранговых коммуникаций в канале связи;
- действиями гостей компании, которые получили доступ к сети.

При построении системы кибербезопасности «облачных технологий» нужно использовать основные механизмы защиты, к которым относятся:

- контроль доступа;
- аутентификация пользователей;
- шифровка трафика;
- система предотвращения вторжений в беспроводную сеть;
- система выявления чужих устройств и возможности их активного подавления;
- мониторинг искажения сигналов и DoS-атак;
- мониторинг уязвимостей в беспроводной сети и возможности аудита уязвимостей;
- функции повышения уровня безопасности инфраструктуры беспроводной сети, например, аутентификация устройств (X.509 и т.д.), защита данных управления - MFP (Management Frame Protection).

Предлагаются следующие методы защиты от вирусных и кибератак:

- Защита оборудования – аппаратного обеспечения, как персональных компьютеров, так и компьютеров, подключенных и работающих в локальной судовой компьютерной сети. При необходимости, компьютеры также должны быть защищены от воздействия экстремальных условий окружающей среды: чрезмерного тепла, вибраций, влажности, и т. д.
- Защита программного обеспечения: антивирусные программы и противовредоносное программное обеспечение должны защищать всю систему и постоянно обновляться.
- Организация соответствующего резервного копирования данных, как бортовой, так и береговой информационных систем.
- Организация ранжирования и контроль доступа пользователей – каждый пользователь на борту должен иметь доступ к локальной информационной сети соответственно его рангу, капитан ли он, или посторонний посетитель. Контроль может осуществляться паролем или физическим доступом.
- Восстановление при сбоях – если рабочая компьютерная станция или сервер выходят из строя, они могут быть перезагружены и восстановлены с предварительно созданной и сохраненной резервной базой данных.

Предлагаются следующие основные базовые методические мероприятия с целью сохранения кибербезопасности бортовых компьютерных информационных систем, эти правила не являются сложными и значительно снижают риск заражения:

- 1) установка строгого контроля доступа пользователей к аппаратному обеспечению и компьютерам;
- 2) установка строгого контроля доступа компьютеров в судовую локальную информационную сеть;
- 3) организация резервного копирования и создание резервной базы данных;
- 4) тестирование планов действий по восстановлению судовых информационных систем при кибератаках;
- 5) регулярное обновление и проверка антивирусной системы.

Можно отметить, что с каждым годом проблема вирусных и кибератак становится все более и более актуальной, увеличивается количество случаев несанкционированного доступа в судовые информационные компьютерные сети. Вместе с тем, пока эта проблема не приобрела глобального значения, необходимы поиски путей скорейшего ее решения. В работе предложены основные уровни и составляющие системы кибербезопасности на судне, а также предложены правила для соблюдения кибергигиены и контроля над несанкционированным доступом в судовые системы.

Из медицинской терминологии можно позаимствовать и применить новый термин «кибергигиена» и дать ему определение, например, как «меры, которые пользователи компьютеров могут реализовать, чтобы улучшить защиту своей информации, обеспечить свою кибербезопасность и лучше защитить самих себя в компьютерной сети». Эти меры могут включать в себя реорганизацию инфраструктуры компьютерных систем и сетей, аппаратного обеспечения, оборудования и устройств; контроль и корректировку лицензионного авторизованного программного обеспечения, исправление и удаление нелегитимного неавторизованного программного обеспечения; постоянный контроль, подготовка и анализ; формализация существующей неформальной информации по управлению информационной безопасностью.

Во многих случаях моряки не отличаются от других пользователей компьютеров и нуждаются во внедрении подобных мер «кибергигиены». Компьютерное оборудование на борту судна зачастую монтируется по принципу «установлено-и-забыто». Для судовых информационных компьютерных систем такой подход не может быть приемлемым, в них должны быть предусмотрены мероприятия по обеспечению информационной безопасности и защиты. Важно, чтобы такая концепция нашла понимание среди экипажей и всего персонала судов, получила одобрение и поддержку морской общественности и специалистов, так, как это уже реализуется в береговых компьютерных информационных системах.

Из военной терминологии можно позаимствовать и применить новый термин «несколько рубежей глубоко эшелонированной обороны» и дать предложения относительно развития и совершенствования систем безопасности судовых информационно-телекоммуникационных сетей на основе модели многоуровневой защиты. Эта модель определяет набор уровней или профилей защиты информационной системы. Корректная организация защиты на каждом из выделенных уровней позволяет уберечь систему от реализации угроз информационной безопасности. В многоуровневую защиту входят физическая защита, защита сети, защита узлов, защита консультативных приложений и защита данных в сети.

ЛИТЕРАТУРА

1. Analysis of cyber security aspects in the maritime sector, ENISA, 10.2011.
2. Maritime Cyber-Risks, CyberKeel, 15.10.2014.
3. Safety and Shipping Review 2015, H. Kidston, T. Chamberlain, C. Fields, G. Double, Allianz Global Corporate & Speciality, 2015.

4. All at sea: global shipping fleet exposed to hacking threat, J. Wagstaff, Reuters, 23.04.2014.
5. MARIS ECDIS900, MARIS brochure.
6. AIS Exposed: Understanding Vulnerabilities & Attacks 2.0 (video), Dr. M. Balduzzi, Black Hat Asia 2014.
7. Preparing for Cyber Battleships – Electronic Chart Display and Information System Security, Yevgen Dyravyy, NCC Group, 03.03.2014.
8. Voyage Data Recorder of Prabhu Daya may have been tampered with, N. Anand, The Hindu, 11.03.2012.
9. Lost voice data recorder may cost India Italian marines case, A. Janardhanan, The Times of India, 13.3.2013.
10. Maritime Security: Hacking into a Voyage Data Recorder (VDR), R. Samanta, IOActive Labs, 09.01.2015.
11. The Critical Infrastructure Gap: U.S. Port Facilities and Cyber Vulnerabilities, Comdr (USCG) J. Kramek, Center for 21st Century Security and Intelligence at Brookings, 07.2013.
12. The Mob's IT Department: How two technology consultants helped drug traffickers hack the Port of Antwerp, J. Robertson, M. Riley, Bloomberg Businessweek, 07.07.2015.
13. To Move Drugs, Traffickers Are Hacking Shipping Containers, A. Pasternack, Motherboard, 21.10.2013.
14. Spread Spectrum Satcom Hacking: Attacking the Globalstar Simplex Data Service, C. Moore, Black Hat USA 2015.
15. Hackers Could Heist Semis by Exploiting This Satellite Flaw, K. Zetter, Wired, 30.07.15.
16. A Wake-Up Call for SATCOM Security, R. Santamarta, IOActive, 09.2014.
17. University of Texas team takes control of a yacht by spoofing its GPS, B. Dodson, gizmag, 11.08.2013.
18. Михайлов С.А., Шевцов Ю.С. Нові функції аудиту та моніторингу у забезпеченні кібербезпеки підприємств. – Інформатика та математичні методи в моделюванні. - Одеса, - ОНПУ, 2011, том 1, № 3. – С. 243-247с.
19. Михайлов С.А., Шевцов Ю.С. Методи аналізу рівня експлуатаційної кібербезпеки судових інформаційних систем. - Судовождение: Сб. науч. трудов / НУ "ОМА", - Вып. 26. – Одеса: ВидавИнформ, 2016. – С. 166-176
20. Шевцов Ю.С. Функції керування кібербезпекою на морському транспорті // В кн.: "Актуальні питання судової електротехніки і радіотехніки". - Національний університет «Одеська морська академія», 2016, - с. 101-104.
21. ITU-T Recommendation X.800. Security architecture for Open Systems Interconnection for CCITT applications. – Geneva, 1991. – 48 с. – Режим доступу: <http://www.itu.int/net/home/index.aspx>
22. ITU-T recommendation X.816. Information technology – Open System Interconnection – Security frameworks for Open systems: Security audit and alarms framework.
23. David Patraiko. Cyber security onboard. // Seaways: The International Journal of The Nautical Institute/ September, 2014. - London - UK.: Stephens&George, Merthyr Tydfil, 2011. - p. 9.
24. Steven Jones. Keeping clear of a new threat. // Seaways: The International Journal of The Nautical Institute/ September, 2014. - London - UK.: Stephens&George, Merthyr Tydfil, 2011. - p.10.
25. Paul Thomas. Cyber: it's about operational risk management. //Alert! The International Maritime Human Element Bulletin/ Issue №39 September 2015. – London – UK. – p.6.
26. Sea Review: The International Maritime Journal of the Nautical Institute of Ukraine/ March, 2015. – Odessa – Ukraine.: p.40.
27. Михайлов С.А., Мельникова Д.В. Информационная безопасность программных и аппаратных средств судовых компьютерных систем // "Актуальні питання судової електро-

техніки і радіотехніки". - Матеріали науково-методичної конференції, Одеська національна морська академія, 10-11 грудня 2014 р., с. 120-122.

28. Kevin Tester. GLONASS failure affects satellite positioning. // Seaways: The International Journal of The Nautical Institute/ September, 2014. - London - UK.: Stephens&George, Merthyr Tydfil, 2011. - p. 12-14.

29. Wake Philip. Guarding against failure. // Seaways: The International Journal of The Nautical Institute/ September, 2014. - London - UK.: Stephens&George, Merthyr Tydfil, 2011. - p. 3.

SOME RESULTS OF NCSR 4 ON INTEGRATION AND PRESENTATION OF AVAILABLE NAVIGATION RELATED INFORMATION EXCHANGE VIA COMMUNICATION EQUIPMENT INTEGRATED WITH INS.

V.M. Koshevyy

Introduction

1. At MSC 95, it was approved that a planned output on “the development of draft Guidelines for the harmonized display of navigation information received via communications equipment” be included in the High-level action plan as item 5.2.6.2.

2. This output relates to e-navigation solution, integration and presentation of available navigation related information exchange via communication equipment.

Background

3. E-navigation aims to provide needed information, by electronic means to and from the ship to enhance the safety and efficiency of navigation. This will involve the integration of new and existing bridge technologies to enable the provision a common data structure on board. E-navigation will, therefore, help simplify the exchange of information between ships, ships and shore. E-navigation is expected to equip shipboard users and those ashore responsible for the safety of shipping with effective, user –friendly, proven tools in order to make marine navigation and communications more reliable and user-friendly. The implementation of e-navigation is crucial for ships and seafarers to continue being safe and efficient in a world that is undergoing unprecedented technology-driven change.

4. One core objective related to the e-navigation concept states: “integrate and present information on board and ashore through a humane machine interface which maximizes navigational safety benefits and minimizes any risks of confusion or misinterpretation on the part of the user”.

5. Integrating of data received via communication equipment into the integrated navigation system makes it possible to optimize control of a vessel and to avoid possible misses and incorrect decisions by the navigator.

6. An overload of information given by different displays for navigation, communication and operational information makes the navigator on watch (OOW) inaccessible to prioritized information due to chaotic misplacement of information displays.

Information display

7. An information display (Conning Display) incorporates all the relevant and important information for the vessel conning together to one place. Conning Display may be implemented in the frame of INS-Module F for integration and presentation of available navigation related information exchange provided via communications equipment. This Conning Display should be integrated with appropriate communications equipment and with Integrated Navigational System (INS).

8. The Conning Display, in particular, should be capable of displaying VHF/MF/HF DSC information (NCSR 4.7 (Annex 2), NCSR 4.8 (Annex)) and therefore should be connected to VHF DSC controller and MF/HF DSC controller. Internal interfaced navigation information between bridge navigation equipment (AIS, ECDIS, INS) are also routed to the INS.

Discussions

9. For providing connection to VHF DSC controller and to MF/HF DSC controller the same protocol may be used, which described in NCSR 3/INF.15, paragraph 8; MSC 97/19/9, paragraphs 4,5,6; NCSR 4/7/1, paragraph 6), where instead of software ECDIS the software of Conning Display is used:

.1 Click on the vessel's AIS mark on the Conning Display for sending the MMSI from Conning Display to DSC controller automatically, transferring controlling commands to DSC for providing DSC call by this;

.2 Display the calling vessel by a blinking AIS mark on the called vessel's Conning Display (a red blinking mark in the case of distress call), transferring MMSI from DSC controller to Conning Display automatically for identification the calling vessel on Conning Display by this;

.3 Open exchange of information, without wasting any time on working out who is who. The working channel (frequency) can be set by default (or may be chosen manually, if necessary, using standard computer actions).

The additional connection sat-AIS to Conning Display should be done (for MF/HF DSC). All actions according to the protocol are fulfilled using special software of Conning Display using of a common maritime data structure, based on the work of IHO and their S-100 data structure. The principle of layering the new information over an existing may be used. All of these give the possibility to avoid necessity to change PS ECDIS (resolution MSC. 232 (82)) for realization the protocol of communication.

10. Additional symbols for possible addition to SN. 1/Circ.243/Rev.1 when Source is DSC may be used that presented in document NCSR 4.8 (Appendix). Only two letters, from our point of view, may be added to them: when the source is MF DSC – MF, and when the source is HF DSC – HF.

11. It should be foreseen of using part of Conning Display screen, if necessary, to interface the region where a vessel for MF/HF communication is dislocated.

In this report some of advantages were presented that may be got after integration INS with communication means for presentation of available navigation related information exchange provided via communication equipment using VHF/MF/HF DSC.

СУДНОВЕ ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ, ЕЛЕКТРОННА АПАРАТУРА ТА СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ

УДК 621.311: 629.5.004

АСИНХРОННИЙ РЕЖИМ І РЕСИНХРОНІЗАЦІЯ СУДОВИХ СИНХРОННИХ ГЕНЕРАТОРІВ

Луковцев В.С. к.т.н., доцент

Алексенко А.В., курсант

Національний університет «Одеська морська академія»

Актуальність задачі. Асинхронний режим для більшості синхронних генераторів представляє серйозну небезпеку, т.к. може привести до їх поломки, крім того порушується стійка робота судової електроенергетическої системи, що влечет за собою можливе обесточування судна. Асинхронний режим настає в двох випадках: при глухом короткому замиканні на фідері потужного споживача або при надмірно великому скин-накид навантаження, а також при втраті збудження через несправність системи самозбудження.

В асинхронному режимі генератор звичайно споживає з енергосистеми значительну реактивну потужність, що призводить до збільшенню струму статора. Оскільки гранична величина струму статора обмежена, гранична активна потужність генератора також обмежується 30...50 % номінальної потужності. Це призводить до дефіциту активної потужності в електричеській системі, що в свою чергу негативно впливає на роботу всіх споживачів. Тому збереження стійкого синхронного режиму роботи системи в цілому є дуже важливою задачею для судових електроенергетических систем.

Постановка задачі дослідження. В даній роботі досліджується процес переходу з синхронного режиму в асинхронний і навпаки – з асинхронного режиму в синхронний (ресинхронізація). Оскільки час роботи в асинхронному режимі обмежений небезпечністю пошкоджень самого генератора, то в умовах експлуатації необхідно в найкоротший термін виявити цей режим і відновити нормальний синхронний режим роботи електроенергетическої системи без відключення від мережі впавшого з синхронізму генератора шляхом ресинхронізації.

В відповідності з вищесказаним, ставиться задача дослідження асинхронного режиму з допомогою натурного експерименту і моделювання.

Опис експерименту. Експериментальне дослідження планується виконати на лабораторному стенді «Синхронізація генераторів перемінного струму» кафедри електрообладнання і автоматики судів в наступному порядку: на одній з пар двигун постійного струму (ДПТ) – синхронний генератор (СГ), працюючих паралельно, при незмінній навантаженні записують показання всіх приладів, відключають автомат гашення поля (АГП), і СГ переходить в

асинхронный режим работы. Записываются показания всех приборов при работе в этом режиме. Включается АГП, генератор втягивается в синхронизм. После восстановления синхронного режима вновь записываются показания всех приборов. Испытания выполняются без воздействия на частоту вращения первичных ДПТ при неизменном положении задающих реостатов возбуждения.

Для контроля скольжения устанавливается вольтметр, которым измеряют напряжение на кольцах ротора. Кроме того, процесс контролируется с помощью осциллографа. Скольжение S определяется по числу полных колебаний стрелки этого вольтметра или стрелки амперметра в цепи статора [3].

$$s = \frac{N_{\text{ст}} \cdot 100}{2 \cdot t \cdot f} = \frac{N_{\text{ст}}}{t} (\%)$$

Если скольжение, с которым генератор работает в асинхронном режиме, станет равным нулю, то скорость вращения генератора станет синхронной. Это условие необходимое, но недостаточное для втягивания генератора в синхронизм. Синхронный момент M_c должен быть больше момента первичного M_c двигателя

$$M_c > M_c .$$

Выводы

Исследование асинхронного режима синхронного генератора с помощью лабораторной установки не всегда позволяет с достаточной точностью оценить количественные значения трудно измеряемых параметров асинхронного режима, а также выявить моменты времени, в которые возможна успешная ресинхронизация генератора, выпавшего из синхронизма, поэтому в работе предполагается исследовать асинхронный режим с методом моделирования на электронной вычислительной машине с помощью уравнений Парка-Горева.

ЛИТЕРАТУРА

1. Константинов В.Н. Синхронизация судовых синхронных генераторов. Теория и методы расчета. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – Л: Судостроение, 1978. – 216с.
2. Баранов А.П. Судовые автоматизированные электроэнергетические системы. М.: Транспорт, 1988. – 328с.
3. Васильев С.Е., Забарский Б.М., Забокрицкий Е.И. Холодовский В.А. Справочник по наладке электроустановок и электроавтоматики. Изд. 2-е, переработ. и доп. - Киев: Наукова думка, 1972.- 624 с.

УДК 004.735

АНАЛИЗ ХАРАКТЕРИСТИК ПРОТОКОЛОВ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ В ПРОМЫШЛЕННЫХ СЕТЯХ

В.Ф. Шапо, к.т.н., доцент
Национальный университет "Одесская морская академия"

В течение 5-7 последних лет в промышленности, на всех видах транспорта, в энергетической отрасли чрезвычайно активно внедряются технологии ин-

формационного обмена данными между отдельными устройствами, их группами и сетями на базе концепций Industry 4.0 (4-я промышленная революция), IoT (Internet of Things, Интернет вещей), IIoT (Industrial Internet of Things, Интернет вещей в промышленности). В соответствии с этими концепциями множество различных устройств стали интеллектуальными, обладая собственными процессорами, оперативной памятью и интерфейсами обмена данными с внешним миром. Некоторые из них позволяют объединять различные сетевые сегменты, обладая достаточной производительностью и гораздо более низкой стоимостью по сравнению с компьютерами [1].

С начала 90-х годов 20-го века в промышленности активно внедряются протоколы и технологии передачи данных, наиболее известными из которых являются ASi, ProbiBus, FieldBus, HART, ModBus, CAN, ВАС и некоторые другие. Однако в связи с развитием Интернет и появлением принципиально новых задач появился ряд протоколов и технологий, которые основаны на IP-протоколе (вначале версии IPv4, а в последние 2 года и на версии IPv6). Эти технологии позволяют выполнять удалённое управление сложнейшими техническими комплексами (в т.ч. морскими судами, находящимися на расстоянии сотен километров от берега), что позволяет повысить качество управления, уменьшить время реакции на форсмажорные ситуации и стоимость управления и эксплуатации подобных систем. Общеизвестными стали протоколы и технологии ProfiNet, ModBus/TCP, Ethernet/IP, EtherCAT и др., которые сохраняют совместимость с предыдущими поколениями, но позволяют решать принципиально новые задачи. Однако в ряде случаев по соотношению цена/производительность выигрывают протоколы и технологии, которые не получили очень широкого распространения, но уверенно занимают свою нишу. Некоторые из них описаны ниже.

ACN (Architecture for Control Networks), – протокол управления сетями, изначально предназначенный для индустрии развлечений [2]. Проект имеет открытый исходный код, поддерживает ряд подчинённых протоколов представленных в табл. 1. Описан в международном стандарте ANSI E1.17.

Anything In Anything (AYIA), – сетевой протокол для создания туннелей между IP-сетями и управления ими [3]. Часто используется для обеспечения транзита пакетов IPv6 через сети на базе протокола IPv4. Сетевая безопасность обеспечивается отсутствием возможности подделки адресов и содержимого туннелируемых пакетов. Хотя бы одна из двух конечных точек туннеля поддерживает подключение мобильных устройств.

Common industrial protocol (CIP), – набор стандартов [4], которые поддерживаются открытой ассоциацией производителей DeviceNet (Open DeviceNet Vendors Association, ODVA). Расширения CIP, – протоколы CIP safety, CIP Sync и CIP Motion. CIP содержит полный набор требований и возможностей для построения комплексных систем автоматизации и их подсистем, – управление, безопасность, обеспечение движения, информирование. На базе CIP построены некоторые важнейшие протоколы и технологии промышленной передачи данных, кратко описанные ниже.

EtherNet/IP – открытый промышленный протокол, использующий стандартные микросхемы Ethernet и кабельные системы. EtherNet/IP использует стандарт Ethernet IEEE 802.3, набор протоколов TCP/IP и создан на базе протокола CIP (Common Industrial Protocol, стандартного промышленного протокола), служащего для обмена сообщениями ввода/вывода в режиме реального времени и информационными сообщениями в сетях DeviceNet и ControlNet. CIP предоставляет общий прикладной уровень между сетями, не зависящий от физической среды передачи данных. Это позволяет выполнять прямую маршрутизацию сообщений CIP по сетям EtherNet/IP, ControlNet и DeviceNet.

Таблица 1 – Семейство протоколов ACN и описывающие их стандарты

Протокол	Стандарт
Root Layer Protocol (RLP)	ANSI E1.17
Session Data Transport Protocol (SDT)	ANSI E1.17
Service Location Protocol (SLP)	RFC 2609
Simple Network Time Protocol (SNTP)	RFC 2030, ANSI E1.30-3 - 2009
Trivial File Transfer Protocol (TFTP)	RFC 1350
Device Description Language (DDL)	ANSI E1.17
Device Management Protocol (DMP)	ANSI E1.17
Streaming ACN (sACN)	ANSI E1.31
RDM Extension (RDMNet)	ANSI E1.33
Remote Device Management (RDM)	ANSI E1.20

В зависимости от требований приложения сеть EtherNet/IP может быть автономной или объединенной с сетью DeviceNet или ControlNet для предоставления дополнительных информационных служб и служб управления. Это многообразие обеспечивает гибкость в управлении и установке, что дает наилучшие возможности управления. EtherNet/IP передает большое количество информации, данные по конфигурированию и данные ввода/вывода по единой высокоскоростной сети; тесно связывает технологические и корпоративными операции; способствует сокращению расходов по техническому обслуживанию благодаря использованию имеющихся сетевых ресурсов и средств; позволяет коммерческим и промышленным технологическим уровням существовать в единой сети; предоставляет дополнительные возможности по высокоскоростной передаче данных; поддерживает стандартные протоколы TCP/IP, HTTP.

Протокол DNP3 (Distributed Network Protocol, версия 3), – набор коммуникационных протоколов [5], которые применяются для передачи данных между компонентами в системах автоматизации. Был разработан в 2010-2012 г.г. для связи между разными типами оборудования для сбора данных и управления, описан в стандарте IEEE 1815. В SCADA-системах DNP3 используется мастер-станциями (центрами управления) SCADA, удалёнными терминальными модулями (Remote Terminal Unit, RTU) и различными интеллектуальными электронными устройствами (Intelligent Electronic Device, IED). Протокол использует 3 уровня модели OSI (канальный, транспортный и прикладной) и содержит

механизм Secure Authentication v5, позволяющий удалённой или мастер-системе DNP3 однозначно определить, что связь установлена с легитимным пользователем или системой, а не с системой злоумышленников.

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
49	3.990094	192.168.1.40	192.168.1.10	S7COMM	89	ROSCTR:[Job] Function:[Download block] -> Block:[DB1]
50	3.990182	192.168.1.10	192.168.1.40	COTP	61	DT TPDU (0) [COTP fragment, 0 bytes]
51	3.990239	192.168.1.10	192.168.1.40	S7COMM	301	ROSCTR:[Ack_Data] Function:[Download block]
52	3.995048	192.168.1.40	192.168.1.10	S7COMM	89	ROSCTR:[Job] Function:[Download block] -> Block:[DB1]
53	3.995170	192.168.1.10	192.168.1.40	COTP	61	DT TPDU (0) [COTP fragment, 0 bytes]
54	3.995246	192.168.1.10	192.168.1.40	S7COMM	135	ROSCTR:[Ack_Data] Function:[Download block]
55	4.011169	192.168.1.40	192.168.1.10	S7COMM	89	ROSCTR:[Job] Function:[Download ended] -> Block:[DB1]
56	4.011375	192.168.1.10	192.168.1.40	COTP	61	DT TPDU (0) [COTP fragment, 0 bytes]
57	4.011375	192.168.1.10	192.168.1.40	S7COMM	74	ROSCTR:[Ack_Data] Function:[Download ended]
58	4.011645	192.168.1.10	192.168.1.40	S7COMM	97	ROSCTR:[Job] Function:[PI-Service] -> _INSE(DB1)
59	4.024151	192.168.1.40	192.168.1.10	S7COMM	74	ROSCTR:[Ack_Data] Function:[PI-Service]
60	4.024255	192.168.1.10	192.168.1.40	COTP	61	DT TPDU (0) [COTP fragment, 0 bytes]
61	4.096099	192.168.1.40	192.168.1.10	TCP	60	102 -> 4185 [ACK] Seq=1089 Ack=1210 Win=4096 Len=0
62	4.312255	192.168.1.10	192.168.1.40	TCP	54	4185 -> 102 [RST, ACK] Seq=1210 Ack=1089 Win=0 Len=0
63	4.321218	192.168.1.10	192.168.1.40	TCP	66	4186 -> 102 [SYN] Seq=0 Win=8192 Len=0 MSS=1460 WS=256 SACK_PERM=1
64	4.322202	192.168.1.40	192.168.1.10	TCP	60	102 -> 4186 [SYN, ACK] Seq=0 Ack=1 Win=4096 Len=0 MSS=1460
65	4.322255	192.168.1.10	192.168.1.40	TCP	54	4186 -> 102 [ACK] Seq=1 Ack=1 Win=64240 Len=0
66	4.322364	192.168.1.10	192.168.1.40	COTP	76	CR TPDU src-ref: 0x0008 dst-ref: 0x0008
67	4.326142	192.168.1.10	192.168.1.40	COTP	76	CC TPDU src-ref: 0x0003 dst-ref: 0x0008
68	4.326287	192.168.1.10	192.168.1.40	S7COMM	79	ROSCTR:[Job] Function:[Setup communication]

Frame 1: 60 bytes on wire (480 bits), 60 bytes captured (480 bits)
 Ethernet II, Src: Siemens_23:eb:3b (00:1b:1b:23:eb:3b), Dst: AsustekC_84:5e:41 (90:e6:ba:84:5e:41)
 Destination: AsustekC_84:5e:41 (90:e6:ba:84:5e:41)
 Source: Siemens_23:eb:3b (00:1b:1b:23:eb:3b)
 Type: IPv4 (0x0800)
 Padding: 7e7e
 Internet Protocol Version 4, Src: 192.168.1.40, Dst: 192.168.1.10
 Transmission Control Protocol, Src Port: 49176, Dst Port: 102, Seq: 0, Len: 0
 Source Port: 49176
 Destination Port: 102
 [Stream index: 0]
 [TCP Segment Len: 0]
 Sequence number: 0 (relative sequence number)
 Acknowledgment number: 0
 0110 = Header Length: 24 bytes (6)
 Flags: 0x002 (SYN)
 Window size value: 4096
 [Calculated window size: 4096]
 Checksum: 0x491a [unverified]
 [Checksum Status: Unverified]
 Urgent pointer: 0

0000 90 e6 ba 84 5e 41 00 1b 1b 23 eb 3b 08 00 45 00^A... .#;..E.
 0010 00 2c 00 cc 00 00 1e 06 18 7e c0 a8 01 28 c0 a8~...(.
 0020 01 0a c0 18 00 66 00 02 fb 08 00 00 00 00 60 02f.....
 0030 10 00 49 1a 00 00 02 04 05 b4 7e 7eI.....~

Рисунок 1 – Анализ пакетов передаваемых данных Сименс S7 в анализаторе сетевого трафика Wireshark

Протокол HART-IP [6] работает на базе стандартного аппаратного обеспечения Ethernet (IEEE 802.3) и кабельных систем (витая пара и оптоволокно), а также с оборудованием Wi-Fi (IEEE 802.11), поэтому его можно применять со стандартными сетевыми коммутаторами, маршрутизаторами, точками доступа, кабелями и разъёмами. Его можно использовать в стандартных сетевых структурах с избыточными средами передачи данных, – ячеистыми или кольцевыми топологиями, а также со стандартом подачи питания по витой паре PoE (Power over Ethernet). Поддерживаются скорости 10 Мбит/с, 100 Мбит/с и 1 Гбит/с. Сеть HART, включая устройства, работающие по беспроводному протоколу Wireless HART, совместима с офисными и промышленными LAN-коммутаторами, оптоволоконными медиа-конвертерами, точками доступа Wi-Fi и др. оборудованием. Совместимость со стандартным протоколом HART позволяет задействовать шлюзы и работать с аналоговыми технологиями 4-20 мА. Использование IP в качестве базового протокола взаимодействия позволяет

HART-IP работать совместно в единой сети с множеством других протоколов, базирующихся на IP и Ethernet.

В мире установлено более 60 млн устройств с поддержкой протокола HART. HART over Ethernet или HART-IP расширяют доступность HART в локальных внутрипроизводственных сетях с увязкой с корпоративными сетями и программным обеспечением ERP (Enterprise Resource Planning, планирование ресурсов предприятия).

Переменные и диагностические данные HART инкапсулированы в пакеты HART-IP, что позволяет реализовывать процессы реального времени в существующих корпоративных сетях и использовать корпоративные виртуальные сети (VPN, Virtual Private Networks) и другие безопасные сети TCP/IP.

ЛИТЕРАТУРА

1. Shapo V. Programmable Logic Controllers Applying for Multi Segment Industrial Data Transfer Networks Developing [Электронный ресурс]: <http://medcraveonline.com/IRATJ/IRATJ-03-00060.php> (дата обращения: 2.12.2017).

2. Architecture for Control Networks [Электронный ресурс]: <https://acn.codeplex.com> (дата обращения: 2.12.2017).

3. SixXS – IPv6 Deployment & Tunnel Broker [Электронный ресурс]: <https://www.sixxs.net/tools/ayiya/> (дата обращения: 2.12.2017).

4. The future of industrial automation [Электронный ресурс]: <https://www.odva.org/Technology-Standards/Common-Industrial-Protocol-CIP> (дата обращения: 2.12.2017).

5. Distributed network protocol [Электронный ресурс]: <https://www.dnp.org/AboutUs/DNP3%20Primer%20Rev%20A.pdf> (дата обращения: 2.12.2017).

6. Instrumentation tools [Электронный ресурс]: <http://instrumentationtools.com/what-is-hart-ip/#.WibYR3lx1aQ> (дата обращения: 2.12.2017).

УДК 621.313.33.016

ПРОГРАММНЫЕ И АППАРАТНЫЕ СРЕДСТВА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КОМПЛЕКСОМ ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

Р.И. Куделькин, аспирант

В.С. Луковцев, к.т.н., доцент

В.В. Будашко, к.т.н., доцент

Национальный университет «Одесская морская академия»

Асинхронные электродвигатели переменного тока являются наиболее распространенными электродвигателями на сегодняшний день. Они нашли широкое применение в качестве приводных электродвигателей всевозможных механизмов как в быту, так и в самых различных отраслях промышленности (водоснабжения, системах кондиционирования и вентиляции, компрессорных установках, насосах и т.д.). Подавляющее большинство занимаемых позиций по

праву принадлежат им. Но с развитием полупроводниковой техники и более высокому техническому уровню использования свойств полупроводниковых материалов, АД уверенно номинируются в тех отраслях, в которых, не так давно, их применение считалось бы просто парадоксальным. В настоящее время наибольшую популярность набирает номинация АД в качестве тягового электродвигателя. Но если буквально вчера речь шла о тяговых электродвигателях для легковых автомобилей, то сегодня речь пойдет о тяговых электродвигателях наземного городского электрического транспорта на уровне государственных предприятий. Так, компания «Белкоммунмаш» уже представила несколько образцов электротранспорта на асинхронных электродвигателях с транзисторной системой управления [1].

Исходя из этого видно, что попытки замещения других типов электродвигателей происходит довольно быстро и большинство из них проходят успешно. Конечно, данное решение является далеко не идеальным и содержит ряд как общих недостатков электродвигателей, так и ряд «своих» недостатков, но в большинстве случаев такое решение является оптимальным, а главное – оправданным с технико-экономической стороны.

Также, учитывая, что на современных судах, количество АД может составлять несколько сотен, существует проблема оперативной проверки параметров АД после проведенных ремонтных работ и в течение эксплуатации. Существующие измерительные комплексы довольно громоздки, дороги и используются, в основном, на предприятиях изготовителях АД. Создаваемый комплекс, позволит получать оперативную информацию о состоянии АД. Также может использоваться в обучающем процессе, в качестве стенда для исследования характеристик АД, изучения современных датчиков-преобразователей и получения навыков работы с микроконтроллерами.

На данный момент тема является довольно актуальной, работа над созданием аппаратно-программного комплекса для измерения вращающего момента асинхронных электродвигателей [2, с.26] продолжается, дополнительно комплекс был снабжен тремя датчиками тока типа ACS712, фирмы Allegro Microsystems [3]. Была написана предварительная программа для обработки получаемых сигналов с датчиков ACS712 в силу того, что данный тип датчика основан на эффекте Холла, что с одной стороны позволяет довольно точно и быстро зафиксировать мгновенное значение тока, а с другой стороны требует объемного анализа сигнала, для выделения действующего значения тока [4, с.38], при этом не внося дополнительных погрешностей. Так же было написано меню («Controller Based Menu (CBM)») для полноценного управления комплексом. Структура меню управления комплексом приведена на рис. 1.

В результате проведенной работы было написано меню для управления комплексом, подключены три платы с датчиками тока, написана предварительная программа для обработки получаемых сигналов с датчиков тока.

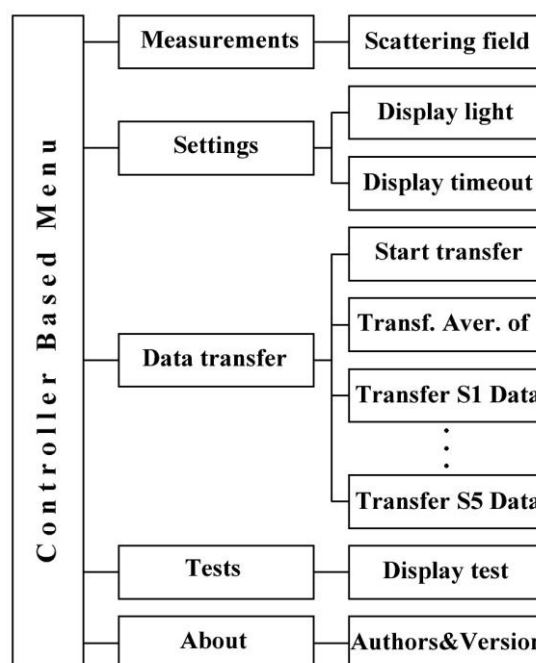


Рисунок 1 – Структура меню управления комплексом

ЛИТЕРАТУРА

1. ОАО «Управляющая компания холдинга «Белкоммунмаш». URL: <https://bkm.by>
2. Матеріали науково-методичної конференції «Актуальні питання суднової електротехніки і радіотехніки», 29.11.2016 - 30.11.2016. – Одеса: НУ «ОМА», 2016. – 156 с.
3. Fully Integrated, Hall Effect-Based Linear Current Sensor IC with 2.1 kVRMS Isolation and a Low-Resistance Current Conductor. [Электронный ресурс] Allegro MicroSystems Inc. Application Information, 2017. URL: <http://www.allegromicro.com/>
4. С. Г. Иванова, В. В. Новиков. Теоретические основы электротехники. – Красноярск: ИПК СФУ, 2008. – 230 с.

УДК 629.5.052.6

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ОПТИЧЕСКИХ КОММУТАТОРОВ В СОВРЕМЕННЫХ СУДОВЫХ СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ

А.В. Рябцов, к.т.н., доцент

С.В. Нямцу, студент

Национальный университет «Одесская морская академия»

На современных судах все шире внедряются различного рода электронные системы управления, позволяющие автоматизировать практически все процессы управления судном. При этом существенно возрастает объем информации, передаваемый по судовым кабельным линиям связи. В то же время энергонасыщенность современных судов достигает такой степени, что уровень помех от работающего электрооборудования становится неприемлемым, и требует применения целого комплекса дорогостоящих мер по его снижению. Оптимальным решением в данной ситуации является применение оптоволоконных

линий связи, обладающих невосприимчивостью к электрическим помехам и практически неограниченной пропускной способностью, что означает возможность многократного увеличения скорости обмена и общего объема информации, передаваемой по судовым каналам связи. Это делает исследования в области судовых оптических систем весьма актуальными и перспективными.

Но если задача применения однолинейных волоконно-оптических кабелей в судовых условиях уже решена, то вопрос создания надежных и доступных по цене коммутаторов оптических сигналов, без которых невозможно построение разветвленных магистральных оптических сетей на судне, все еще остается нерешенным.

В настоящее время известны два основных метода коммутации оптических сигналов. Первый основан на применении оптико-электро-оптических коммутаторов (ОЕО, Optical-Electrical-Optical), а второй - полностью оптических (АО, All-Optical). Каждый из применяемых методов имеет свои достоинства и недостатки

ОЕО коммутаторы принимают световые импульсы из входящих оптоволоконных кабелей и преобразуют их в электрические сигналы. Затем эти сигналы коммутируются при помощи традиционных электронных переключающих устройств, и далее, после обратного преобразования с помощью лазеров снова в световые сигналы, отправляются по отходящим кабелям. Недостатками таких коммутаторов является низкое быстродействие вследствие двойного преобразования сигналов, высокая сложность и стоимость, довольно большие габариты и малая надежность.

Второй подход - это так называемая полнооптическая (АО, all-optical) технология. АО коммутаторы получают световые импульсы из входящих оптоволоконных кабелей и перенаправляют их в выходные линии связи с помощью подвижных зеркал, не преобразуя оптические сигналы в электрическую форму.

Отказ от электронных коммутирующих устройств позволяет передать информационные потоки в полном спектральном объеме, достичь современных скоростей передачи порядка десятков терабит в секунду и обеспечить значительно большую пропускную способность при значительно меньших габаритах и потребляемой мощности.

Основой АО коммутаторов являются микроминиатюрные зеркала с отражательной способностью близкой к 100%, малой дисперсией и аберрацией. Эти зеркала перемещаются или вращаются с помощью актуаторов – приводов, основанных на различных физических принципах. Основным критерий при выборе принципа действия актуатора – максимальное быстродействие при минимальной потребляемой мощности. В АО коммутаторах могут быть использованы гальванические, электростатические, электромагнитные, магнитоэлектрические, магнитострикционные, пьезоэлектрические и другие виды актуаторов.

Особого внимания заслуживают пьезоэлектрические актуаторы (ПЭА). К их достоинствам относят монолитность и механическую прочность, высокую надежность, долговечность, малые стоимость и потребляемую мощность.

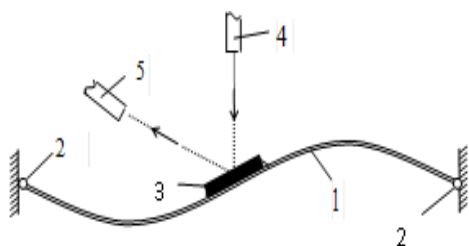


Рисунок 1- Конструкция ПЭА

Одним из примеров такого ПЭА может служить поляризованная особым образом биморфная пластина (см. рис.1). Концы пластины 1 закреплены в шарнирах 2, а в узле колебаний пластины закреплено миниатюрное зеркало 3. Изгибная деформация, возникающая в ней под действием обратного пьезоэлектрического эффекта, приводит к угловому отклонению зеркала.

Известно [1], что величина изгиба Δ будет определяться зависимостью:

$$\Delta = k_{0p} B U_{упр}, \quad (1)$$

где k_{0p} - электромеханический коэффициент, B - коэффициент анизотропии.

Выводы. На основе ПЭА такого типа, выполняющего функции дефлектора и отклоняющего входной поток оптического излучения на заданный угол, можно построить полностью оптический коммутатор.

ЛИТЕРАТУРА

1. Авторское свидетельство СССР № 1136636. Джагунов Р.Г., Рябцов А.В. и др. Пьезооптическое сканирующее устройство. Зарегистрировано в Госреестре изобретений 22.09.84.
2. Рябцов А.В. Специальные типы пьезоэлектрических актуаторов для оптических коммутационных устройств / А.В. Рябцов // Вісник ДУІКТ. – 2013. – № 1. – С. 53-57.
3. Рябцов А.В. Пьезооптические сканирующие коммутаторы // Applicable Information Models. – Sofia: ITNEA, 2013.

УДК 629.5.064.5

УМЕНЬШЕНИЕ ВЛИЯНИЯ УДАРНОГО ТОКА КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ В СУДОВЫХ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

В.С. Луковцев, к.т.н., доцент

Е.А. Босый, курсант

Национальный университет «Одесская морская академия»

Актуальность задачи.

Большую опасность для всех элементов СЭЭС представляет ненормальный режим, вызванный возникновением короткого замыкания в какой-либо точке системы.

Точка короткого замыкания, характеризуемая нулевым значением сопротивления, образует в системе отдельную электрическую цепь, по которой протекает ток короткого замыкания (КЗ). Значение тока КЗ ограничивается только внутренним сопротивлением источника и сопротивлением токопроводов (шин,

кабелей, коммутационных аппаратов) и может в сотни раз превышать номинальное значение токов элементов, которые составляют электрическую цепь короткого замыкания.

Время действия защиты должно быть несколько меньше допускаемой продолжительности КЗ. Однако, несмотря на это большинство устройств защиты отключают ток КЗ после первого его прохождения через ноль с момента КЗ, то есть ударный ток КЗ проходит через электрические аппараты, что приводит к их разрушению.

Постановка задачи исследования.

Ставится задача добиться ограничения тока КЗ менее чем за половину периода синусоиды. Для этого предлагается использовать защитные устройства, которые реагируют не только на сигналы пропорциональные величине отклонения тока КЗ, но и сигналы пропорциональные его первой и второй производной, которые работают совместно с быстродействующими электронными коммутационными устройствами и токоограничивающими реакторами.

Такие устройства защиты в начальный момент появления КЗ измеряют скорость и ускорение изменения амплитуды тока и отключают объект задолго до достижения максимальных значений токов КЗ. В качестве быстродействующих выключателей предлагается использовать традиционные тиристорные ключи (SCR) или полупроводниковые устройства со способностью запираания (например, GTO, IGCT, IGBT).

Описание эксперимента.

Для симуляции короткого замыкания и проверки теории защиты цепи при помощи токоограничивающих реакторов, в среде Simulink программы Matlab R2016a была построена схема, имитирующая КЗ в цепи синхронного двигателя.

Было построено три схемы:

- Схема сети с симуляцией КЗ и защитой по максимальному току.
- Схема сети с симуляцией КЗ и защитой по максимальному току и с использованием токоограничивающих реакторов.
- Схема сети с симуляцией КЗ и защитой по максимальному току и с использованием токоограничивающих реакторов и учетом первой производной тока.

Осциллограммы переходных процессов при использовании защиты по максимальному току (см. рис. 1) и при дополнительном использовании токоограничивающих реакторов (рис. 2)

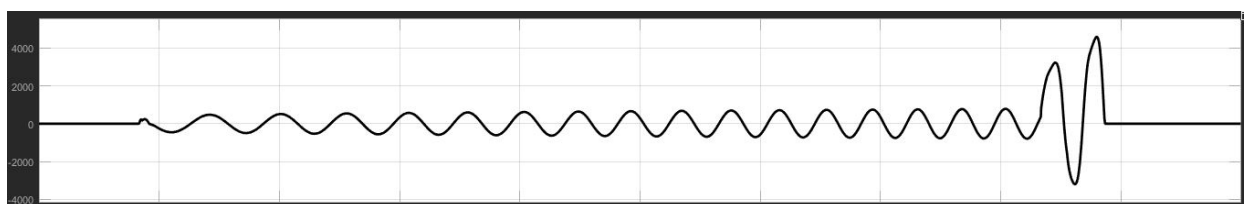


Рисунок 1 - Осциллограммы переходных процессов при использовании защиты по максимальному току

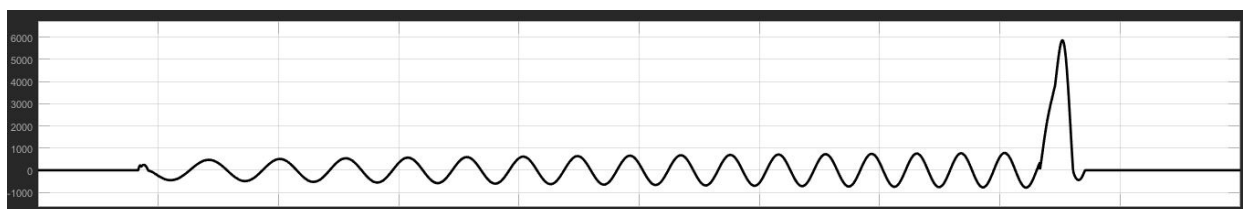


Рисунок 2 - Осциллограммы переходных процессов при использовании защиты по максимальному току и при дополнительном использовании токоограничивающих реакторов

Анализируя данные осциллограммы можно сделать вывод, что при применении токоограничивающие реактора, который вводится в действие по сигналу от максимальной токовой защиты, значение ударного тока уменьшается как минимум в 10 раз.

Тем не менее, необходимо заблаговременно определять развитие аварийной ситуации, то есть необходимо разработать способ, с помощью которого можно определить ударный ток КЗ раньше, чем за половину полупериода синусоиды. Поэтому, было предложено, в качестве способа определения тока КЗ использовать измерение скорости нарастания тока, по средствам нахождения первой производной по току. В ходе моделирования была получена соответствующая осциллограмма (Рис. 3).

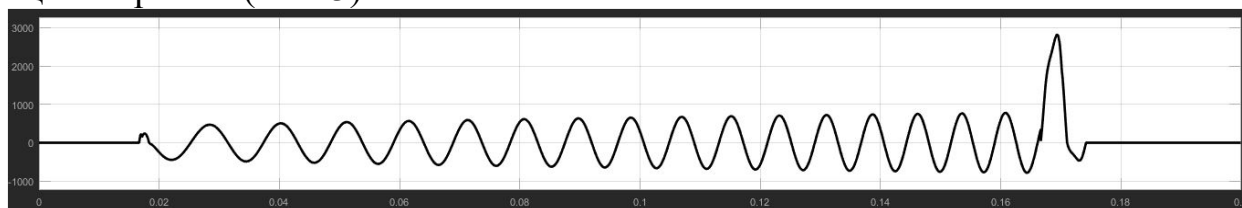


Рисунок 3 - Осциллограммы переходных процессов при использовании защиты по максимальному току и при дополнительном использовании токоограничивающих реакторов и учетом первой производной.

Выводы

Ограничение времени действия ударного тока короткого замыкания можно осуществить с помощью защитного устройства, которое реагирует не только на сигналы пропорциональны величине отклонения тока КЗ, но и сигналы пропорциональны его первой производной и токоограничивающего реактора, который включается последовательно с сетью с помощью быстродействующих полупроводниковых ключей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дикань С.В., Намитокоев К.К. Аппараты систем бесперебойного электроснабжения. - К.: Техника, 1989.- 174 с.
2. Луковцев В.С., Кодров А.А. Повышение эффективности защиты судовой электроэнергетической системы от токов короткого замыкания // Судовые энергетические установки: Науч.-техн. сб. - 2006. - Вып. - Одесса: ОНМА. - С.
3. Невретдинов Ю.М., Карпов А.С., Фастий Г.П. Совершенствование защиты линий связи от влияния токов в высоковольтной сети. - Вестник МГТУ, том 12, №1, 2009 г. стр.65-69

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ РЕГУЛЬОВАНИХ АСИНХРОННИХ КРАНОВИХ ЕЛЕКТРОПРИВОДІВ БАЛКЕРА

В. Е. Загоруйко, курсант
В. С. Петрушин, д.т.н., професор
Національний університет «Одеська морська академія»

У даний час на судах типу балкер використовуються крани, механізми яких мають гідравлічні приводи. Пропонується заміна гідравлічних приводів механізмів на електричні приводи. Ці привода є частотно-регульованими. Кожен механізм (підйому, виліту стріли, повороту) має відповідні асинхронний двигун та частотний перетворювач. По-перше здійснено на базі розрахунків для максимальних навантаження та швидкості вибір потрібних асинхронних короткозамкнених двигунів та перетворювачів. Використовуються перетворювачі фірми Mitsubishi серії FR. Двигуни вибрано виконанням IP54 серії 4A. На рис.1 наведено загальну структурну схему електроприводу до механізмів, що розглядаються, а також типи вибраних двигунів та перетворювачів для кожного механізму.

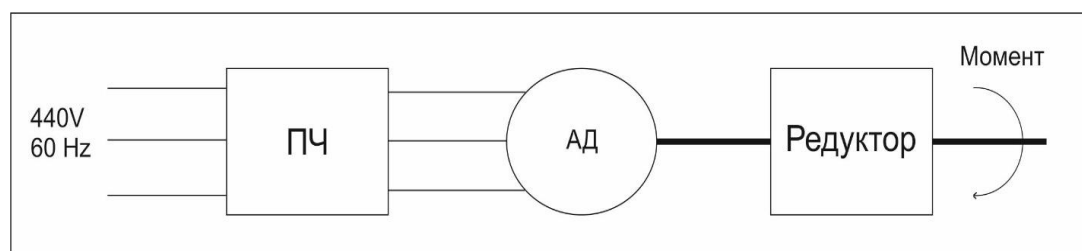


Рисунок 1 – Загальна структурна схема електроприводу

Механізм підйому	FR-F740-03610	4A315S4 (160кВт)	1500 об/хв	$i=60$ $\eta_{мпід}=0.91$	907.5 Н*м
Механізм виліту	FR-F746-00620	4A350S10 (30кВт)	565 об/хв	$i=2$ $\eta_{мпід}=0.90$	588 Н*м
Механізм поворота	FR-F800	4A260M6 (55кВт)	1000 об/хв	$i=1.8$ $\eta_{мпов}=0.92$	500 Н*м

По-друге виконано за допомогою програми DimasDrive моделювання роботи приводів, що розглядаються, у статичних режимах та отримані експлуатаційні характеристики. Необхідні конструктивні параметри двигунів взяті із довідника [1]. Після формування інформаційних моделей двигунів було виконано їх тестування, тобто зіставлення параметрів, що отримані в результаті моделювання в програмі DimasDrive з параметрами з довідника.

У результаті моделювання отримані сімейства робочих характеристик та регульовальні характеристики у відповідних діапазонах регулювання [2]. Коре-

ктність програми DimasDrive підтверджено експериментальними дослідженнями [3].

По третє здійснено оптимізацію роботи приводів за рахунок налаштування перетворювачів.

Висновки:

1. Заміна базових електро-гідравлічних приводів крану на електричні приводи дозволяє виключити гідравлічні пристрої.

2. В результаті моделювання усіх трьох механізмів (підйому, виліту стріли, повороту) отримані експлуатаційні характеристики та енергетичні показники.

3. Завдяки зміні налаштування перетворювачів кожного механізму отримані кращі енергетичні показники.

ЛІТЕРАТУРА

1. Асинхронные двигатели серии 4А: Справочник / А.Э Кравчик, М.М Шлаф, В.И Афонин, В.А Соболенская.

2. «Асинхронные двигатели в регулируемом электроприводе»: Учебное пособие. Петрушин В. С Одесса, ОГПУ. -2006 – 320 с.

3. Петрушин В. С, Рябинин С.В, Якимец А.М Програмный продукт «DimasDrive». Программа анализа работы, выбора и проектирования асинхронных короткозамкнутых двигателей систем регулируемого электропривода (Свидетельство о регистрации программы ПА №4065).

УДК 629.5.061.16

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МОНИТОРИНГА СУДОВОГО РУЛЕВОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА С ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕМ ЧАСТОТЫ ФИРМЫ «РОЛЛС-РОЙС»

С.Ф. Самонов, к.т.н., доцент

В.А. Дубовик, ст. преподаватель

Национальный университет «Одесская морская академия»

В состав рассматриваемого привода судового руля, разработанного фирмой «Роллс-Ройс» [1], входит электрогидравлическая рулевая машина (РМ) с лопастным актуатором и двумя (либо одним) насосными агрегатами. Гидравлическая часть РМ может быть выполнена как с неререверсивными насосами, работающими при постоянной частоте вращения, и гидравлическими манипуляторами с соленоидными клапанами, так и с реверсивными электроприводными насосами, электродвигатели которых питаются от преобразователей частоты (ПЧ). Каждому из названных вариантов гидравлической части присущи свои собственные преимущества по отношению к другому. Учитывая современные тенденции совершенствования флота, рулевой электрогидравлический привод с ПЧ следует считать более перспективным.

Особенностью рассматриваемого привода руля является наличие подсистемы диагностирования, которая в ранних вариантах исполнения обеспечивала выдачу вахтенному и обслуживающему персоналу следующие тревожные сигналы: исчезновение основного электропитания от распределительного щита или одной из его фаз, исчезновение электропитания системы управления, перегрузка электропривода, низкий уровень рабочей жидкости в напорной цистерне системы гидравлики, гидравлическая блокировка актуатора. Для индикации тревожных сигналов используется пультовая панель со светодиодными индикаторами и расшифровывающими надписями. Подсистема также выдает обобщенный сигнал неисправности привода руля в судовую систему централизованного контроля и мониторинга. Система управления рулем при появлении любого из перечисленных сигналов неисправности производит остановку работающего электропривода и включение резервного, о чем также выдается тревожный сигнал.

Безотказная работа судовых технических средств зависит от качества проектирования, изготовления, обеспечения их ремонта и обслуживания [2]. Поэтому по мере накопления опыта эксплуатации привода руля и совершенствования подсистемы диагностирования в перечень тревожных сигналов были дополнительно введены: неисправность системы управления, неисправность электрической цепи соленоидного клапана гидроманипулятора, высокий перепад давления на фильтре рабочей жидкости, высокая температура рабочей жидкости. Последние два из перечисленных сигналов применяются преимущественно в рулевых приводах без ПЧ либо используются для сообщений о других неисправностях, например – снижение сопротивления изоляции цепей.

Сложность механических, гидравлических и электрических компонентов привода руля, ухудшение их характеристик и снижение надежности в процессе эксплуатации потребовали расширить функции автоматизированного слежения за исправностью работы системы в целом. Для этого система управления модернизирована введением в ее состав компонентов для мониторинга перемещений актуатора с накоплением и обработкой данных о скорости перекладки руля. Определение ситуации, ведущей к отказу рулевого привода, производится путем сравнения текущих параметров с параметрами, полученными для полностью исправного привода по нескольким критериям. Таким образом, выдача тревожного сигнала подсистемой диагностирования сопровождается детализацией причин, приведших к отклонению контролируемых параметров за установленные пределы, с расшифровкой их содержания с помощью отдельного набора светодиодных индикаторов. Алгоритм мониторинга построен на определении значений параметров «простого среднего перемещения» актуатора по десяти перекладкам руля на значительный угол. По этим параметрам вычисляется время перекладки руля с борта на борт и его соответствие требованиям Конвенции СОЛАС (65 градусов не более, чем за 28 секунд). Усредненная величина текущей скорости перекладки руля во время работы привода сравнивается с ее значением, которое получено при настройке системы путем усреднения этой величины для семи полных перекладок руля приводом, принимаемым, как полностью исправный. В алгоритме предусматривается сравнение усред-

неної швидкості переключення з поточним її значенням для кожного з напрямлених переміщення руля, що дозволяє визначати параметр несиметрії роботи приводу. В доповнення до вказаного, проводиться визначення відхилення поточної швидкості переключення руля від усередненого значення для правильного приводу в процесі поворотів актуатора на максимальний кут. В функції моніторингу входить також виявлення ситуації, коли актуатор не реагує на команду системи управління на переключення руля.

Слід зазначити, що поряд з тривожними сигналами від підсистеми діагностики, пов'язаними з отказами рулевого приводу, описаний метод моніторингу дозволяє оператору вести спостереження за погіршенням технічного стану системи в експлуатації і своєчасно приймати заходи по відновленню надійності.

ЛИТЕРАТУРА

1. www.rolls-royce.com
2. Ланчуковский В.И. Безопасное управление судовыми энергетическими установками. – Одесса: Астропринт, 2004. – 323с.

УДК 629.5/629.03 : 621.3 + 681.5

ПІДВИЩЕННЯ ДИНАМІЧНОЇ СТІЙКОСТІ СУДНОВОЇ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНОЇ СИСТЕМИ

Д. В. Унгаров, аспірант
О. А. Онищенко, д.т.н., професор
Національний університет "Одеська морська академія"

На сьогоднішній день стан торговельного та рибпромислового флоту України характеризується значним зношенням. Так, більшість суден побудовані у 80-ті роки минулого століття і нормативний термін їх служби закінчено або близький до завершення (65 % суден експлуатуються більше 20, а 89 % - більше 15 років). Ці судна мають вкрай високі показники енергоспоживання, недосконалі релейно-контактні системи автоматики та управління, застаріле і зношене обладнання аварійного захисту. Ряду вимог Морського реєстру до електрообладнання та техніко-експлуатаційних характеристик ці судна не задовольняють.

Існує ряд задекларованих цільових державних програм з оновлення флоту. Але, як показує практика, з'являється лише невелика кількість нових суден з сучасними судновими електроенергетичними системами (СЕЕС), сучасним допоміжним енергетичним обладнанням, системами навігації та іншими елементами. Але ефективність експлуатації нових сучасних суден набагато вища існуючих, морально і фізично зношених. Закупівля суден зараз майже неможлива, тому багато судновласників вимушено йде шляхом модернізації основних елементів судна (корпусу, систем життєзабезпечення, навігації, тралення та інших), що призводить до необхідності модернізації всієї СЕЕС.

Найчастіше така модернізація являє собою часткову заміну обладнання на зарубіжні, більш сучасні, хоча й не завжди абсолютно нові, аналоги. Таким чином, встановлена зарубіжна апаратура після монтажу стає невід'ємною частиною всієї СЕЕС. Типова спрощена структура СЕЕС цілком очевидна і включає у себе джерела електроенергії, релейно-контактну і захисну апаратуру, системи перетворення, розподілу і споживання електроенергії. Модернізація існуючої СЕЕС не може бути проведена простою заміною одного з вузлів (блоків, елементів) - заміна одного елемента призводить до того, що необхідно проводити також заміну всіх (або більшості) інших.

Зрозуміло, головним у СЕЕС є джерело енергії - найчастіше це дизель-генераторний агрегат (ДГ). У даний час енергозабезпеченість сучасних малих і середніх суден набагато вище більшості експлуатованих понад 10 років суден. Також відомо, що заміна джерела енергії (ДГ) на більш потужний пов'язана з труднощами і є досить складним і дорогим заходом. Тому доцільною стає модернізація основних елементів вироблення і перетворення електричної енергії, і, як варіант, встановлення додаткового джерела енергії, наприклад, акумулюючого типу.

Більшість компаній, ґрунтуючись на специфічних вимогах до СЕЕС, проводить заміну базового електрообладнання устаткуванням зарубіжного товаровиробника. При цьому, експлуатація суднового електрообладнання і його застосування регламентуються вимогами Морського реєстру і міжнародними нормативними документами. Однак вимоги, пропоновані Морським реєстром України і Росії до суднового електроустаткування за рядом пунктів відрізняються від міжнародних. Інколи виникає ситуація, коли після модернізації або ремонту судна, автоматичний захист у ході нормальної експлуатації імпортного електроустаткування відключає його від мережі, порушуючи безперервну подачу електричної енергії, тим самим загрожуючи безпеці судна. Однією з причин цього ефекту є нездатність електроавтоматики штатного суднового джерела електричної енергії забезпечити пікові навантаження.

Провідними фахівцями у галузі суднобудування Морського інженерного бюро, а також науковими школами під керівництвом вітчизняних і зарубіжних фахівців проводяться комплексні дослідження з підвищення стійкості суднових електромереж до динамічних навантажень та підвищенню безвідмовності роботи суднових систем електропостачання. Саме тому дослідження, спрямовані на практичне вирішення завдань підвищення якості електричної енергії у СЕЕС і мережах, а відповідно і підвищення безпеки мореплавства, є актуальні і мають практичну значущість.

Формалізація актуальності означеної тематики дозволила виділити об'єкт, предмет і мету дослідження: об'єктом дослідження є процеси перетворення електричної енергії у СЕЕС і процеси синхронізації суднових акумулюючих і штатних джерел електроенергії; предметом дослідження є системи і засоби підвищення стійкості СЕЕС до динамічних навантажень; метою дослідження є розробка практичних технічних рішень, спрямованих на підвищення якості електричної енергії, виробленої судновими електростанціями.

Основна ідеологія і методологія дослідження, присвяченого реалізації принципів і методів підвищення стійкості СЕЕС у динамічних режимах, більш детально наведена у [1, 2] і потребує проведення низки експериментів та детального теоретичного обґрунтування.

ЛІТЕРАТУРА

1. Budashko, V. V. Modernization of hybrid electric-power system for combined propulsion complexes / V. V. Budashko, O. A. Onishchenko, D. V. Ungarov // Electrotechnic and computer systems. - 2016. - № 23(99). - С. 17-22

2. Унгаров, Д. В. Концепция построения системы демпфирования пиковых нагрузок в судовой электрической сети / Д. В. Унгаров, О. А. Онищенко // Материалы VII-й межд. научн.-техн. конф. "Судовая энергетика: состояние и проблемы". - 2015. - Николаев: НУК им. адм. Макарова. - С. 23-25.

УДК 629.5.015

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ОСТОЙЧИВОСТИ СУДНА В ДИНАМИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ РАБОТЫ

А.Г. Калугев, к.т.н., доцент

Ю.И. Евдокимова, аспирант

Национальный университет «Одесская морская академия»

Актуальность темы. Актуальной проблемой международного судоходства остается обеспечение безопасности мореплавания. Для этого важно было провести анализ и оценку причин и случаев аварийности судов и морских катастроф.

Как показывает практика ненадлежащее обеспечение безопасности мореплавания на фоне неэффективного использования технических средств, а также проявления психологической неуверенности в действиях экипажей судов в экстремальных условиях зачастую приводит к нарушению мореходных качеств судна. В особенности это очень актуально в случае перевозки опасных грузов при непрерывном влиянии динамических внешних условий, особенно штормовых. Поэтому от компетентности и способности экипажа зависит насколько адекватно оценивается любая возникшая проблема на борту судна для последующего принятия правильного и оптимального решения, при этом опираясь на личный производственный опыт и на знания мореходных качеств конкретного судна. В связи с этим, безопасность мореплавания и ее неуклонное обеспечение является главным условием для морского судна и его эффективной эксплуатации.

Внешние соразмерности и конструктивные особенности морских судов, непрерывный рост скоростей и интенсивности движения на морских путях, работа судов в сложных метеорологических условиях и другие причины, ставят новые вопросы и задачи для создания новых подходов при решении проблемы обеспечения безопасности мореплавания.

Вместе с тем, невзирая на разработку многих новых научных способов в целях недопущения или снижения рисков в обеспечении безопасности мореплавания статистика показывает, что ежегодно более 200 судов все же терпят кораблекрушения.

Учитывая приведенную статистику и понимая, что данная проблема изучена далеко не в полном объеме можно осуществить вывод, что задачи обеспечения безопасности международного судоходства ещё нерешены на сегодняшний день.

Связь работы с научными программами, планами и темами. Работа выполняется в рамках научных исследований аспиранта и предполагает разработку новых методов обеспечения безопасности перевозки опасных сыпучих грузов, а в нашем конкретном случае, каменных углей, с учетом:

1. Создания системы управления безопасностью судна во взаимодействии с эргатическими системами;

2. Рассмотрение и изучение физико-химических свойств угля, термодинамических процессов в них, проявления нестандартных ситуаций с указанным грузом при перевозке в трюме и в случаях возможных смещений груза;

3. Изучение и разработка теоретических подходов, их проверка на практике или при возможном экспериментальном исследовании в целях обеспечения безопасности мореплавания при перевозке угля при тихой воде и в динамических условиях при волнении;

4. Научно- техническое усовершенствование методов обеспечения остойчивости судна при перевозке угля, в том числе надлежащего сохранения требуемых температурных режимов в трюме во избежание смещения груза;

Цель и задачи исследования – разработка новых методов и способов обеспечения остойчивости судна и его безопасности мореплавания во взаимодействии судовых операторов - груза и судна при сохранении температурного режима перевозки угля, недопущения нарушений остойчивости судна при его перевозке.

Объект исследования - **стойчивость судна при** перевозке угля при сохранении его температурного режима, а также угля естественного откоса и смещения.

Предмет исследования - система управления безопасностью мореплавания судна при перевозке угля во взаимодействии эргодических систем на судне: человек- груз-судно.

Методы исследования - в работе используются методы системного анализа, методы математического моделирования и статистического анализа, экспериментальные методы: оптический, асимптотический и др.

Научная новизна ожидаемых результатов – создание новых условий и возможностей по системному контролю и отслеживанию изменений физико-химических свойств и температурных режимов в трюме и для самого груза, что позволит:

- выявить причины замерзания и оттаивания данного груза, с помощью наблюдений;

- в дальнейшем позволит устранить и преодолеть возможные непредсказуемые риски и возможные последствия при перевозке судном данного груза и его поведения при различных температурных режимах и возможных смещениях;

- повысить эффективность обеспечения безопасности мореплавания.

Практическое значение полученных результатов – разработка рекомендаций для использования судовыми операторами в повседневной деятельности при перевозке углей в разных широтах и погодных условиях мирового океана.

Внедрение разработанных методик и способов обеспечения безопасности мореплавания и их использование в качестве математического программного продукта при организации и планировании рейсового задания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ермаков С.В. «Навигационная безопасность в системе безопасности мореплавания»
2. Осичанский П.И. «Воспитание человеческого фактора»
3. Снопков В.И. Управление судном, СПб: Професионал, 2014 г., 356 с.
4. Клименко Валерий. «Разработка методов количественного учета влияния человеческого фактора на безопасность в системе безопасности мореплавания»
5. Степаненко В.В. «Повышение безопасности плавания с использованием ECDIS».
6. Фургаса Д.М. «Безопасность в стандартной системе управления с учетом принципов формальной оценки состояния судна и влияния человеческого фактора»
7. Ломакин В.Н. «Человеческий фактор и технические средства автоматизации судовождения»
8. Обзор диссертационных работ аспирантом, защищенных в ОВИМУ, ОНМА, НУ «ОМА» и др.: Кубышкина С.В., Барановского М.Е., Коробцова В.И., Иссама Мади; Вагущенко Л.В., Климова В.А., Голикова В.В., Волкова В.В., Савчука В.Д.
9. Кодекс торгового мореплавания Украины.
10. Конвенции ИМО: Солас-74; МКУБ, МППСС, МОПОГ.МКМПНГ.
11. Резолюции ИМО: А.884. (21) «Анализ аварий и инцидентов»; А.907. (22); А.647 (16); А.680 (17); А.741 (18).

ЕЛЕКТРОМАГНІТНА СУМІСНІСТЬ ТА ЯКІСТЬ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ.

УДК 629.5.064.5

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОЇ СУМІСНОСТІ ПІДРУЛЮЮЧОГО ПРИБОРУ З ТИРИСТОРНИМ ПЕРЕТВОРЮВАЧЕМ НАПРУГИ КОНТЕЙНЕРОВОЗА МІСТКІСТЮ 8500 КОНТЕЙНЕРІВ ІЗ СУДНОВОЮ МЕРЕЖЕЮ В ДИНАМІЧНИХ РЕЖИМАХ

В.В. Бондаренко, курсант
В.В. Бушер, д.т.н., професор
О.В. Глазева, к.т.н., доцент

Національний університет «Одеська морська академія»

В сучасних суднових системах електроприводу все частіше використовують регульовані напівпровідникові перетворювачі, які в свою чергу характеризуються підвищеним рівнем електромагнітних перешкод. Тому велика увага приділяється питанням розробки методів і засобів, що забезпечують електромагнітну сумісність (ЕМС) устаткування суднових електроенергетичних систем (СЕЕС) в різних режимах роботи потужних суднових електроприводів для заданої якості електроенергії відповідно до вимог стандартів (МЕК (ІЕС) 60034-1, 60034-17. 60050-161, 61000, 61800) [6,9].

В багатьох роботах виконано аналіз гармонійного складу струму і напруги в усталених режимах ТПН–АД, в яких використовується зворотний зв'язок за швидкістю, або з підтримкою струму «під відсічку» протягом перехідного процесу, що також може розглядатися як різновид усталеного режиму [7]. На підставі такого аналізу виконується синтез фільтрів вищих гармонік для забезпечення вимог електромагнітної сумісності з мережею живлення.

Але в баутрастерах на суднах високовольтні ТПН–АД найчастіше використовуються як пристрої плавного пуску (ППП) з лінійною зміною напруги або кута відпирання тиристорів. Це, з урахуванням вентиляторного навантаження на валу двигуна, забезпечує необхідне зменшення перевантаження як механічних елементів приводу, так і електроенергетичної системи судна.

Мета роботи – на підставі аналізу гармонійного складу струмів і напруги під час плавного пуску в потужних високовольтних електроприводах баутрастерів з тиристорними перетворювачами напруги з урахуванням обмеженої потужності мережі і обрання найгірших режимів розробити рекомендації щодо оптимізації вибору як параметрів фільтрів вищих гармонік, так і конденсаторної батареї.

Об'єктом дослідження обрано пристрій плавного пуску з АД (3,1 МВт) від високовольтної мережі 6,6 кВ для обґрунтування методики вибору фільтрів вищих гармонік в динамічних режимах.

Складність проведення натурних експериментів для дослідження гармонійного складу струмів і напруги PPP баутрастера спричинила необхідність створення моделі всієї електромеханічної системи [6]. Розроблена в програмо-

вому середовищі MATLAB/Simulink модель системи «Суднова мережа – ТПН – АД – Навантаження» наведена на рис.1.

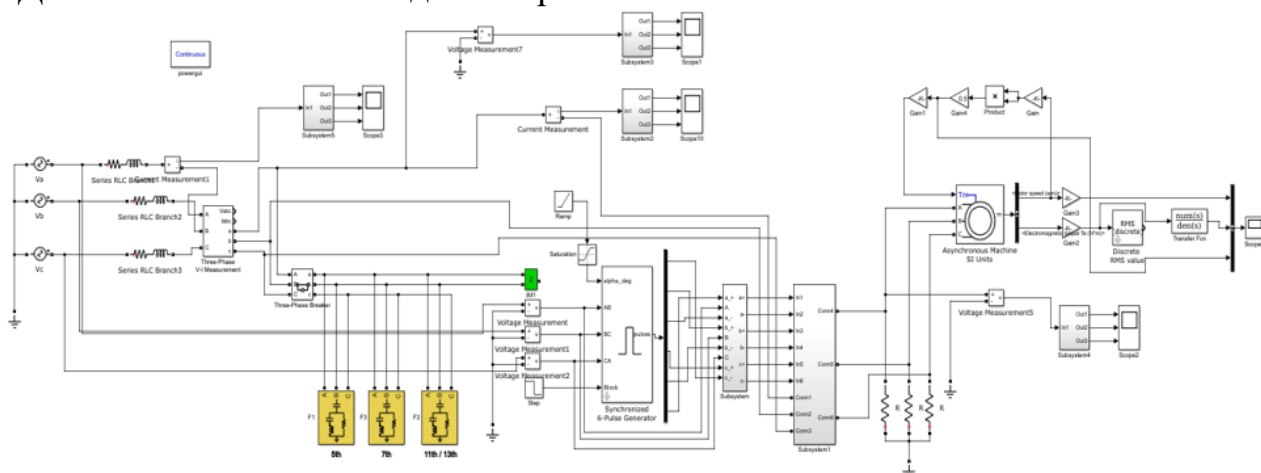


Рисунок 1 – Модель АД з пристроєм плавного пуску

При розробці моделі високовольтної системи «Суднова мережа – ТПН – АД – Навантаження» основними вихідними даними послужили номінальні параметри АД з короткозамкненим ротором, які наведено в табл. 1, механічні характеристики відцентрового механізму (Bow Thruster TCT-315), параметри суднової мережі: номінальна напруга (6,6 кV) та частота (60 Hz), опір мережі обрано в 4 рази меншим ніж у АД.

Таблиця 1 – Параметри АД з короткозамкненим ротором AMI630L10WB

Output kW	Motor type	Product ID	Speed r/min	Efficiency		Power factor		Current			Torque			Rotor inertia kgm ²	Motor weight kg	Sound pressure level L _p dB(A)
				Full load 100 %	3/4 load 75 %	Full load 100 %	3/4 load 75 %	I _N A	I _B I _N	I ₀ A	T _N Nm	T _B T _N	T _{max} T _N			
600 r/min = 10 poles				6000 V 50 Hz												
3150	AMI 630L10W B	10776	596	96.7	97.0	0.85	0.83	369	5.5	118	50479	0.8	2.1	428.1	12170	75

Використання моделі системи «Суднова мережа – ТПН – АД – Навантаження» дозволяє промодельовати пускові режими пристрою плавного пуску потужного АД (AMI630L10AB), отримувати та досліджувати часові діаграми струмів і напруги на ділянках «Суднова мережа – ТПН», напрацьовувати рекомендації щодо вибору елементів фільтрів вищих гармонік.

Забезпечення заданих показників якості в мережах обмеженої потужності, які працюють на потужне нелінійне навантаження, намагаються вирішити по двом основним напрямкам:

- 1) включенням в судову електростанцію різних фільтрів для пригнічення вищих гармонік [2,4];
- 2) модернізацією напівпровідникових перетворювачів [1,3].

Для вибору обладнання необхідно визначити показники якості електроенергії. До гармонійних складових напруги відносяться значення коефіцієнтів окремих гармонійних складових і значення загального гармонійного викривлення напруги.

Кажучи про значення змінного струму, ми зазвичай маємо на увазі середню ефективну теплоту, що виділяється, тобто середньоквадратичне (*RMS* – root

mean square) значення. Для будь-якої безперервної функції в інтервалі ΔT за N вимірювань миттєве (дискретне) середньоквадратичне значення можна розрахувати за формулою:

$$I_{RMS_i} = \sqrt{\frac{1}{\Delta T} \int_{T_i - \Delta T}^{T_i} (I_p)^2 dt} \approx \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{k=i-N+1}^i (I_{p_k})^2}.$$

При повільній зміні швидкості АД відносно одного періоду напруги в мережі можна вважати, що квазіусталений струм (або напруга) достатньо точно описується рядом Фур'є:

$$i(t) = I_0 + \sum_{v=1}^n I_{vm} \sin(v\omega t + \psi_v),$$

де I_0 – постійна складова (при симетричному електричному навантаженні вона відсутня);

$I_{vm} \sin(v\omega t + \psi_v)$ – гармонійні складові v -го порядку з амплітудою I_{vm} та початковою фазою ψ_v ;

ω – кутова частота першої гармоніки;

n – порядок (номер) останньої з вищих гармонік, які враховуються.

Аналіз вищих гармонік та THD виконує підсистема, яку створено із блоків додаткової бібліотеки Control and Measurements (рис.2).

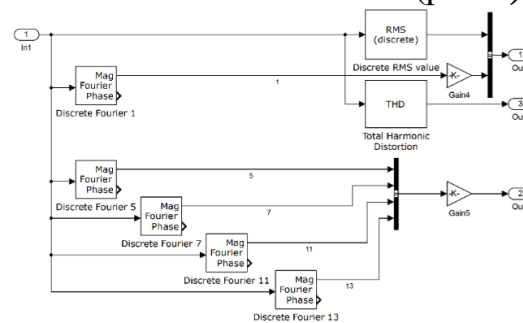


Рисунок 2 – Підсистема визначення THD і RMS

Ідеальний перетворювач, без врахування реально існуючої асиметрії параметрів кола між фазами, є джерелом канонічних гармонік струму наступних порядків: $\lambda = pk \pm 1$, де $k = 0, 1, \dots, n$; p – число комутацій в перетворювачі за період мережі, для даної схеми ТПН з двома протилежно-паралельними тиристорами в кожній фазі $p = 6$, тобто номери гармонік в даному випадку – непарні і некратні трьом.

Третя і кратні трьом гармоніки компенсуються завдяки з'єднанню обмоток статора в зірку. В усталених режимах при фіксованому значенні швидкості обертання двигуна ТПН генерують в мережу гармоніки в основному 5-го, 7-го, значно менший вплив мають гармоніки 11-го і 13-го порядків, загальне гармонійне викривлення сигналу змінної напруги та струму дорівнюють відповідно THD_U до 8,5 %, THD_I до 9 %. [2].

Пристрої плавного пуску працюють у динамічних режимах з лінійною зміною кута або напруги. Діаграми RMS напруги U на статорі АД і першої гармоніки $U(1)$ свідчать, що лінійна зміна кута відпирання тиристорів (у наведе-

них розрахунках $-30^\circ/s$) забезпечує плавну зміну швидкості і моменту двигуна, що є метою використання ППП.

Гармонійні складові струму, які генерує перетворювач, викликають падіння напруги в мережі і спотворюють форму напруги. Але, на відміну від усталеного режиму, аналіз струму і напруги у перехідному режимі показав неочікувані результати. Гармонійні складові напруги і струму (рис. 3, а,в) на початку перехідного процесу показують переважаючу дію не тільки 5-ї, але й 11-ї гармонік, і суттєву долю 13-ї гармоніки.

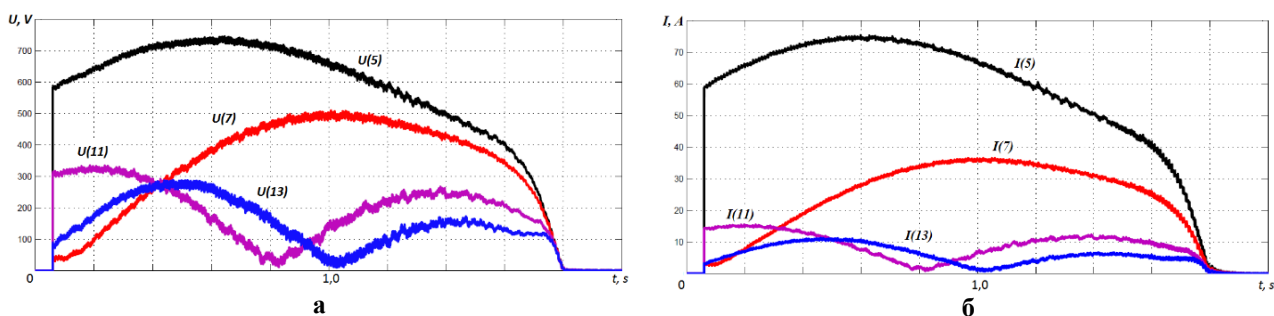


Рисунок 3 – Графіки зміни гармонійних складових напруги (а) і струму (б) в мережі під час перехідних процесів

Аналіз цих даних дає можливість оцінити внесок кожної з гармонік в сумарне гармонійне спотворення форми напруги THD_U і струму THD_I .

В моделі високовольтної системи «Суднова мережа – ТПН – АД – Навантаження» для компенсації гармонійних складових струму та напруги 5-ї, 7-ї, 11-ї, 13-ї порядків будемо застосовувати пасивні фільтри гармонік С-типу третього порядку, які забезпечують малі втрати енергії на основній гармоніці [10].

Фільтри С-типу складається з конденсатору C1, резонансного контуру C2-L2 та паралельного до нього резистору R2 для зменшення добротності контуру.

Попередні розрахунки показали, що конденсатор C1 в фільтрах може мати ємність, яка близька до ємності конденсатору, який повинен компенсувати реактивну потужність двигуна.

Це надає змогу запропонувати алгоритм розрахунку параметрів фільтрів і роботи фільтруючого пристрою, який відрізняється від відомих [3,5]. В результаті отримуємо фільтруючий пристрій, схему якого зображено на рис. 5.

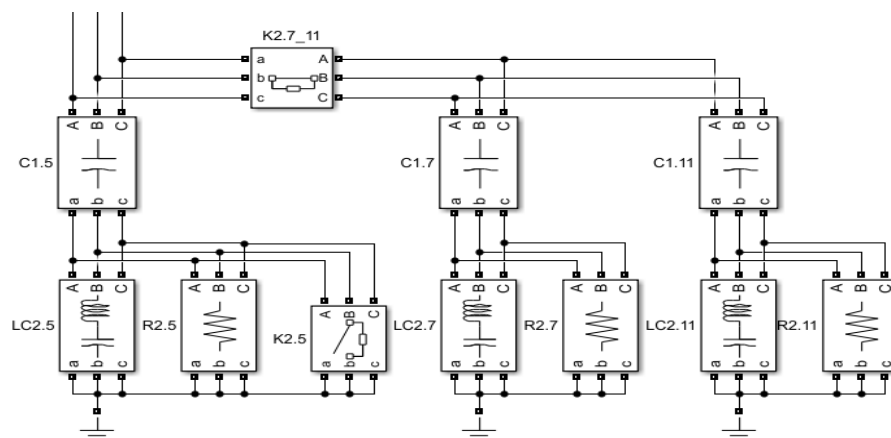


Рисунок 5 – Схема фільтруючого пристрою

Крім типових фільтрів С-типу він включає два трифазні контактори:

$K_{2.5}$ – нормально розімкнений, який спрацьовує одночасно з байпасним контактором і перетворює фільтр С-типу в компенсаційний конденсатор. Завдяки тому, що до комутації він вже підключений до мережі, перехідні процеси в ньому не навантажують мережу надвеликими струмами;

$K_{2.7_11}$ – нормально замкнений, який розмикається одночасно з байпасним контактором і виключає з системи не потрібні в усталених режимах елементи фільтруючого пристрою.

Важно відмітити, що така модифікація не збільшує кількість контакторів, але дозволяє позбавитись від компенсаційної конденсаторної батареї.

В результаті використання такого пристрою отримано перехідні процеси, які зображено на рис. 6.

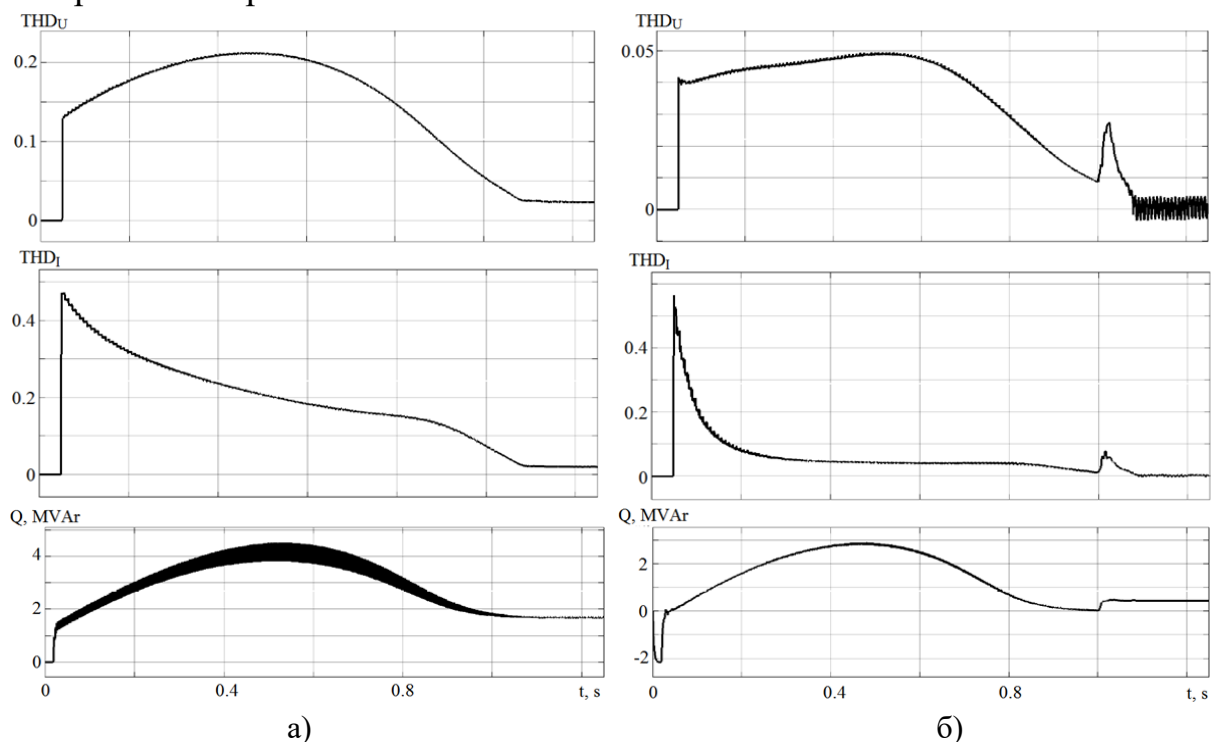


Рисунок 6 – Перехідні процеси до підключення фільтруючого пристрою (а) і після (б)

Видно, що амплітуду вищих гармонік за напругою зменшено в 3-9 разів, що забезпечує $THD_U < 5\%$, сумарний струм вищих гармонік зменшено в 4 рази зі 100 А до 25 А, що забезпечує $THD_I < 10\%$ протягом більшої частини перехідного процесу. Комутація контакторів (в момент часу 1 s) не призводить до суттєвих навантажень в мережі і електромагнітних коливань струмів і напруги. В усталеному режимі реактивну потужність зменшено до 0.5 MVar, що відповідно дозволило зменшити струми з 280 до 230 А.

Висновки. На підставі моделювання високовольтного електроприводу баутрастера з пристроєм плавного пуску і фільтрами вищих гармонік отримано результати, які дозволяють запропонувати метод синтезу і комутації фільтрів С-типу для забезпечення електромагнітної сумісності електроприводу з судновою мережею в перехідних та усталених режимах, оснований на тому, що для пригнічення високочастотних складових в динамічних режимах і підвищення коефіцієнту потужності до оптимального рівня в усталених режимах доцільно

використовувати конденсатор фільтру 5-ї гармоніки, відповідно перемикаючи елементи фільтруючого пристрою одночасно з байпасним контактором. Фільтри 7-ї, 11/13-ї гармонік при цьому обираються так, щоб забезпечити відповідність коефіцієнтів гармонійних спотворень за напругою та струмом вимогам стандартів електромагнітної сумісності. Також це дозволяє зменшити кількість і сумарну ємність конденсаторних батарей в фільтруючому пристрої.

ЛІТЕРАТУРА

1. Анисимов Я. Ф. Электромагнитная совместимость полупроводниковых преобразователей и судовых электроустановок. [Текст] / Я. Ф. Анисимов, Е. П. Васильев. – Л.: Судостроение, 1990. – 264 с.
2. Арриллага Дж. Гармоники в электрических системах: Пер. с англ. [Текст] / Дж. Арриллага, Д. Брэдли, П. Боджер. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 320 с.
3. Вершинин В. И. Электромагнитная и электромеханическая совместимость в электротехнических системах с полупроводниковыми преобразователями / В. И. Вершинин, Э. А. Загривный, А. Е. Козярук. – СПб.: Изд. СПбГИ (ТУ), 2000. – 69 с.
4. Воршевский А. А. Электромагнитная совместимость судовых технических средств. [Текст] / А. А. Воршевский, В. Е. Гальперин. – СПб.: ГМТУ. – 2006. – 317 с.
5. Глазева О. В. Методика розрахунку параметрів пасивних фільтрів вищих гармонік [Текст] / Глазева О. В., Бушер В. В. // Збірка матеріалів VI Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті (MINTT-2014)». – Херсон: Херсонська державна морська академія: – 2014. – С. 240-243.
6. Захарченко В. М. Аналіз електромагнітної сумісності потужного пристрою плавного пуску із судновою мережею в динамічних режимах [Текст] / В. М. Захарченко, В. В. Бушер, О. В. Глазева, К. Хандакжи // Электротехнические и компьютерные системы. – Киев: Техника, 2016. – Вып. 21(97). – С. 17–23.
7. Зюзев А. М. Применение ФКУ для улучшения электромагнитной совместимости с сетью устройств плавного пуска асинхронных двигателей [Текст] / Зюзев А. М., Степанюк Д. П., Бубнов М. В. // Энергетика и электромагнитная совместимость электроприводов переменного тока, ЭППТ–2015, Екатеринбург: – 2015. – С. 83-88.
8. Ткачук А. Плавный пуск группы высоковольтных асинхронных электроприводов центробежных механизмов. [Текст] / Ткачук А., Кривовяз В., Копырин В., Силуков А. – М.: Finestreet. – Силовая электроника. – Вып.2. – 2008. – С. 54-58.
9. IEEE Standards Association, “519-2014-IEEE Recommended Practices and Requirements for Harmonic Control in Electric Power Systems”, New York, IEEE, 2014. <https://standards.ieee.org/findstds/standard/519-2014.html>.
10. Ryszard Klempka. A New Method for the C-Type Passive Filter Design Przegląd elektro-techniczny (Electrical Review), ISSN 0033-2097, R. 88 NR 7a/2012

ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ ТА НАДІЙНІСТЬ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИХ СИСТЕМ.

УДК 629.5.064.5:656.6(042)

ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ СУДОВ НАСТОЯЩЕГО И БУДУЩЕГО

Н.Г. Ермошкин, профессор

А.А. Игнатенко, капитан 2 ранга

Г.Г. Стельмах, капитан 2 ранга

Институт Военно-Морских Сил Национального университета “Одесская морская академия”

Учитывая тенденцию развития морского транспортного флота в ближайшие 10-15 лет будет являться создание специализированных судов, значительный рост их грузоподъемности и скорости. Высокий уровень автоматизации будет обеспечивать безопасность мореплавания, экономию топлива, увеличение эксплуатационного периода, сокращение численности команд и т.п. В этой связи интересно рассмотреть состояние и развитие судовых электроэнергетических систем (ЭЭС) и некоторые особенности их автоматизации на судах перспективной постройки.

Значительный рост мощности энергетических установок (ЭУ), а также специализация судов вызывают соответственное увеличение мощности электроэнергетических систем. Это, в свою очередь, приводит к повышению мощности электропривода механизмов ЭУ, грузовых и подруливающих устройств, рефрижераторных установок и т.п. В настоящее время уже нашли широкое применение асинхронные электродвигатели мощностью до 800-1500 кВт при напряжении от 400 В до 3-6 кВ. Некоторыми зарубежными электротехническими фирмами освоен выпуск серийных асинхронных электродвигателей мощностью до 3000 кВт и напряжением 3,3 кВ для подруливающих устройств. Анализ развития судовой зарубежной электротехники показывает, что на крупнотоннажных судах современной и перспективной постройки мощные ЭЭС с напряжением силовых сетей 380-450 В заменяются системами напряжением 3,3-6,0 кВ. Повышенное напряжение начинает применяться в судовых системах в связи с недостаточной коммутационной способностью и электродинамической устойчивостью существующих автоматических выключателей, что ограничивает мощность параллельно работающих генераторов до 5-6 мВт.

В последние годы мировой флот пополнился сериями танкеров с напряжением силовой сети 3,3 кВ. Приводами грузовых насосов на этих судах являются электродвигатели мощностью 920 кВт (3,3 кВ). На контейнеровозах типа «Бремен Экспресс» (ФРГ) в качестве подруливающих устройств применяются электродвигатели напряжением 6,0 кВ, а также брать на борт 30 реф. контейнеров. Тенденция развития рефрижераторных, контейнерных перевозок должна достичь до 50% от общего количества контейнеров. Примером судов с систе-

мами повышенного напряжения могут служить крупные пассажирские суда (например, «Куин Элизабет II»), плавучие буровые станции голландской постройки и др.

В ЭЭС с электрооборудованием повышенного напряжения мощные (до 3 МВА) трансформаторы используются для питания силовой сети напряжением 380-450 В (если судовая электростанция состоит из генераторов напряжением 3,0-6,0 кВ) или высоковольтных электроприводов мощных грузовых и подруливающих устройств, если электростанция имеет напряжение 380-450 В. С ростом мощности судовых систем увеличиваются и единичные мощности генераторов. Если на судах постройки 60-х годов устанавливались генераторы мощностью 200-600 кВт, то на вступивших в строй в последние годы, строящихся сейчас, проектируемых судах находят применение синхронные генераторы мощностью до 3000 кВт.

Широкое распространение получили судовые бесщеточные синхронные генераторы (БСГ). Так, 70% всех генераторов, установленных на судах японской фирмой «Мицубиси», составляют БСГ мощностью до 3000 кВт · А (450 В). В ближайшем будущем их мощность достигнет 5500 кВт и более при напряжении 400-3300 В и частоте вращения 500-1800 об/мин. Шведская фирма АСЕА разработала и подготовила к поставке БСГ мощностью до 10000 кВт · А (3,3 кВ).

Все большее применение на судах находят мощные утилизационные турбогенераторы (УТГ) и валогенераторы (ВГ), а также комбинированные валотурбогенераторные установки. В настоящее время эксплуатируются и находятся в постройке танкеры, имеющие по два ВГ мощностью 4000 кВт · А каждый и напряжением 3,0 кВ. Шесть грузовых насосов приводятся во вращение высоковольтными асинхронными электродвигателями мощностью по 700 кВт, питание силовой сети напряжением 440 В осуществляется на ходу судна через трансформаторы, а на стоянке – одним из двух стояночных генераторов (1500 кВт · А, 440 В). Параллельная работа валогенераторов не предусматривается.

Дальнейшее развитие получают судовые системы с электродвижением. Гребные электрические установки (ГЭУ) наиболее перспективны для ледоколов, паромов, судов ледового плавания, мощных буксиров и т.д. Находят широкое применение ГЭУ двойного рода тока, состоящие из мощных быстроходных синхронных генераторов и гребных двигателей постоянного тока, получающих питание через выпрямители. В ближайшие годы ожидается повышение мощности ГЭУ ледоколов до 80-100 тыс. л. с. (в Финляндии, например, разработан проект ледокола, гребная установка которого будет иметь мощность 140 тыс. л. с.). Рост мощности возможен благодаря применению новых типов электрических машин. Так, в США, Англии, Франции и Японии разрабатываются проекты мощных машин со сверхпроводящими обмотками. Вместе с тем увеличение мощности судовых ЭЭС ведет к интенсивному росту протяженности кабельных трасс, достигающей на крупных судах 100-150 км.

Анализ состояния и перспектив развития электроэнергетических систем позволяет вывести вычисленную по статистическим данным (рис. 1) зависимость электровооруженности судов перспективной постройки от дедвейта (кВт/л.с.) – $\gamma = f(D_w)$. Показатель γ зависит от назначения судна, его размеров и

мощности энергетической установки. Мощность судовой электростанции в первом приближении (кВт) можно определить из соотношения

$$P_{\text{сэс}} = \gamma \cdot N_{\text{эу}} \quad (1)$$

где $N_{\text{эу}}$ – мощность главного двигателя, л.с.

Полученные графики (см. рис.1) позволяют предварительно оценить мощность электростанции тех судов, которые в ближайшие 10-15 лет пополнят наш флот. Можно предположить при этом, что единичные мощность генераторов для крупнотоннажных транспортных судов составят 0,8-3,0 мВт и более, если оптимальным считать вариант комплектации станции тремя равными по мощности генераторами из расчета обеспечения ходового режима судна одним генераторным агрегатом. На рефрижераторных, пассажирских и ряде других специализированных судов каждая электростанция обычно состоит более чем из трех генераторов.

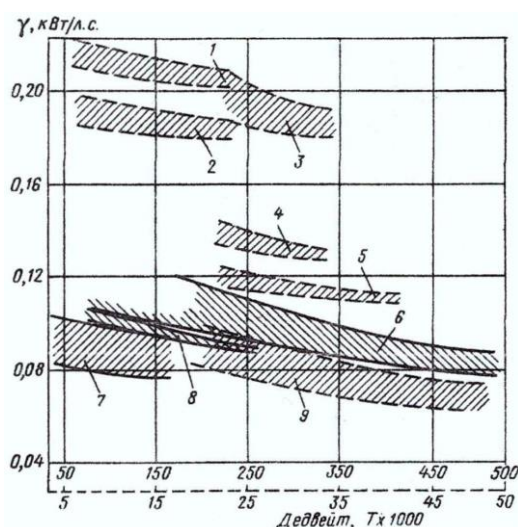


Рисунок 1 – График зависимости показателя электровооруженности судов от дедвейта.

1 – рефрижераторные суда с подруливающим устройством; 2 – рефрижераторные суда; 3, 4 – соответственно суда с горизонтальной погрузкой с двумя и одним подруливающим устройствами; 5 – лихтеровозы; 6 – танкеры; 7 – балккэриеры; 8 – танкеры-балккэриеры; 9 – контейнеровозы.

Анализ показывает, что мощность ЭЭС судов перспективной постройки постоянно возрастает, и системы будут состоять из мощных электрических машин, трансформаторов, коммутационной аппаратуры, развитых кабельных сетей, сложных систем автоматического управления регулирования и контроля. Достигнутый уровень автоматизации современных судов позволяет сокращать численность экипажей, обходиться без постоянной вахты в машинном отделении (МО) и центральном посту управления (ЦПУ). В этих условиях к судовым ЭЭС предъявляются все более жесткие требования в части бесперебойного снабжения потребителей ответственного назначения электроэнергией высокого качества.

На современных судах зарубежной постройки, не имеющих постоянной вахты в МО и ЦПУ, наблюдается заметное повышение объема автоматизации электроэнергетических систем, переход на более совершенную элементную базу, применение управляющих вычислительных машин. Это позволяет практи-

чески без участия оператора решать задачи по управлению судовыми ЭЭС в заданном режиме. Но практика показывает, что безаварийность их эксплуатации при новой организации обслуживания во многом зависит от формы контроля. Использование автоматических систем технической диагностики и прогнозирования состояния электрооборудования (АСТДП), наряду с совершенствованием судовых технических средств, а также систем автоматического управления и контроля, позволит добиться максимальной эффективности эксплуатации ЭЭС. Для судов с электродвижением применение АСТДП имеет особое значение. Это позволит периодически или постоянно контролировать техническое состояние элементов ЭЭС, прогнозировать вероятность постепенных и внезапных отказов, планировать профилактические и ремонтные работы по фактическому состоянию оборудования.

АСТДП целесообразно включать в замкнутый контур автоматического управления судовой ЭЭС, что обеспечивает повышение надежности оборудования и выработку электроэнергии высокого качества (рис. 2). В целом же применение этой системы позволит значительно повысить технико-экономические и эксплуатационные показатели работы флота.

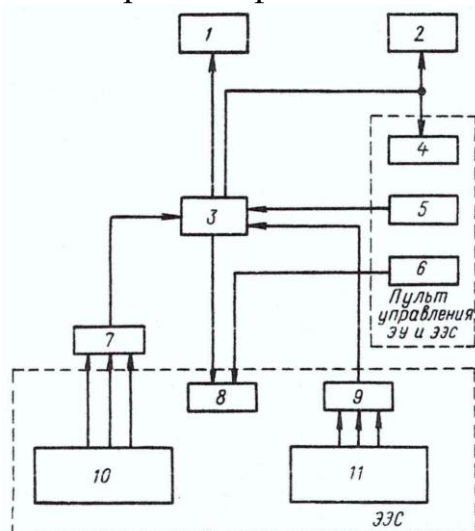


Рисунок 2 – Структурная схема автоматического управления, диагностического и прогнозирующего контроля технического состояния судовой ЭЭС с применением ЭВМ.

1 – устройства представления и регистрации информации о событиях и техническом состоянии ЭЭС; 2 – обобщенно аварийно-предупредительная сигнализация в жилых и служебных помещениях; 3 – управляющая вычислительная машина; 4 – обобщенная аварийно-предупредительная сигнализация; 5 – устройство ввода команд; 6 – дистанционное управление ЭЭС; 7 – источники информации; 8 – исполнительные органы; 9 – Устройство формирования обобщенных сигналов встроенного функционального контроля; 10 – источники и преобразователи электроэнергии, электрические машины, коммутационная аппаратура, кабельные сети; 11 – локальные системы автоматического регулирования и управления.

Наиболее успешно задачи технической диагностики и прогнозирования могут решаться с помощью вычислительной техники. Уже сейчас на судах зарубежной постройки эксплуатируются информационно-управляющие вычислительные комплексы (ИУВК), которые наряду с задачами автоматизации судовождения и управления механизмами успешно решают проблемы технической диагностики главного двигателя (турбины, дизеля). Примером может служить

норвежский танкер «Торсхольм» дейдвейтом 280 тыс. т, оборудованный системой «Дейта Чиф» фирмы «Норконтрол». Она включает в себя подсистемы управления и диагностики энергетической установки, а также управления и контроля ЭЭС. Подсистемы, выполненные на базе мини-ЭВМ, управляют дизелями, электроприводами основных механизмов.

Системы с ЭЦВМ могут выполнять формирование команд управления, логическую обработку информации, функции ряда локальных автоматических устройств, а также контроль технического состояния электрооборудования. Опыт эксплуатации систем автоматизации с ЭЦВМ на судах зарубежной постройки показывает эффективность использования малых вычислительных машин для управления и контроля. По прогнозам шведской фирмы АСЕА, к концу 70-х годов эксплуатировались уже сотни судов с бортовыми ЭВМ.

Несмотря на достаточно высокую стоимость применяемых ЭЦВМ, экономически оправдано использование в ближайшем будущем на крупнотоннажных судах и судах с мощными электроэнергетическими установками систем диагностики. Для судов малого и среднего водоизмещения созданы упрощенные АСТДП на базе микропрограммного автомата. Кроме того, сложные судовые системы имеют встроенный контроль, выходные сигналы которого можно использовать для формирования обобщенных аварийно-предупредительных сигналов с помощью системы централизованного контроля или ИУВК (в зависимости от уровня автоматизации судна). Находящиеся в эксплуатации или поставляемые на строящиеся суда сложные системы автоматизации, не имеющие функционального контроля, целесообразно снабжать диагностическими устройствами, применение которых ускорит устранение неисправностей.

Рост мощности энергетических установок судов перспективной постройки приводит к значительному увеличению как общей мощности ЭЭС, так и отдельных ее элементов. Для предварительной оценки мощности электростанций специализированных судов могут использоваться графики, построенные на основе статистических данных (см. рис. 1). Увеличение потерь от возможных отказов мощного электрооборудования привело к необходимости разработки методов и средств диагностики и прогнозирования состояния судовых ЭЭС. На крупнотоннажных судах и судах с мощными электроэнергетическими установками для решения задач прогнозирования и диагностики используют средства вычислительной техники.

ЛИТЕРАТУРА

1. Калязин Е.А. Судовая электротехника: состояние и перспективы. – «Морской флот», 1972, № 2.
2. Китаенко Г.И., Коськин Ю.П., Мещеряков П.Г., Минкин М.Б. Пути создания электроэнергетических систем большой мощности. – «Судостроение», 1974, № 10.
3. Китаенко Г.И., Коськин Ю.П., Мещеряков П.Г., Минкин М.Б. Проблемы повышения напряжения в судовых электроэнергетических системах. – «Судостроение», 1975, № 3.
4. Коваль Г.М. Состояние и проблемы современного ледоколостроения. – «Судостроение», 1973, № 7.
5. Матвеев Г.А. Судостроение и судовая энергетика 80-х годов. – «Судостроение», 1976, № 1.

6. Birnbaum H., Vorkefeld K. Elektrische Ausrüstung für Bugstrahlruderanlagen – "Hansa", 1973, № 5.
7. Boic C. Schiffbausituation und Entwicklungstendenzen im Schiffbau – "Hansa", 1973, № 2.
8. Gleß B. Entwicklungstendenzen in der Schiffselektrotechnik. – "Seewirtschaft", 1973, № 7.
9. Wangerin A. Mittelspannungsbordnetze. – "Schiff und Hafen", 1973, № 12.
10. Wangerin A. Schiffselektrotechnik. – "Hansa", 1974, № 2.

УДК 629.5.064–843+621.431.74 –185.3(042)

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ТЕПЛОАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ СОЕДИНИТЕЛЬНЫХ ФРИКЦИОННЫХ МУФТ, ПРИМЕНЯЕМЫХ В ДИЗЕЛЬ - РЕДУКТОРНЫХ АГРЕГАТАХ

Н.Г. Ермошкин, профессор
А.А. Игнатенко, капитан 2 ранга
Н.С. Бабенчук, капитан 1 ранга
В.В. Лукинова, м.н.с

Институт Военно-Морских Сил Национального университета "Одесская морская академия"

С широким применением и развитием среднеоборотных дизелей получили широкое применение и совершенствование соединительные муфты. В судовых дизель-редукторных и реверс-редукторных передачах. При этом наибольшее распространение получили конусные, многоконусные, многодисковые и ленточные муфты. Основными режимами работы для них являются передача мощности через включенную муфту (без проскальзывания) или свободное вращение выключенной муфты (без передачи мощности). Проскальзывание фрикционных элементов под нагрузкой, как правило, носит кратковременный характер и происходит лишь в процессе включения муфты (при подсоединении судового валопровода, реверсировании реверс-редуктора и т.п.).

В качестве примера на рис. 1 показан двухмашинный ДРА, в котором мощность от двух главных двигателей через суммирующий редуктор передается валопроводу и валогенераторам. В редукторе мощность от каждого двигателя к валогенератору передается через зубчатую пару *a* и *б*, а к валопроводу – через фрикционные соединительно-разобщительные муфты *в* и зубчатые колеса *г* и *д*. Таким образом, фрикционные муфты обеспечивают возможность запуска двигателей с отключенным валопроводом, а также подсоединение или отключение от него каждого двигателя во время движения судна.

Как правило, конструкция фрикционных муфт и системы управления таковы, что в случае, когда валопровод не вращается, а двигатели работают, включение одной из муфт производится под действием уменьшенного момента трения; и только через некоторое время, в течение которого частоты вращения соединяемых муфтой валов выравниваются (обычно 5-10 с), момент трения повышается до полного. Включение другой муфты (т.е. в случае, когда и валопро-

вод, и двигатель вращаются) производится под действием полного момента трения.

С целью уменьшения износа и снижения теплонапряженности фрикционных элементов муфт рекомендуется включение первой муфты производить при малой частоте вращения двигателя, а второй – при минимально возможной разнице в частотах вращения обоих двигателей. Однако в некоторых случаях (например, при работе валогенератора и невозможности снятия с него электрической нагрузки, в аварийной ситуации и т.п.) может появиться необходимость во включении первой муфты при номинальной частоте вращения. Учитывая это обстоятельство, для обеспечения нормальной работы валогенераторов необходимо проектировать фрикционные муфты с таким расчетом, чтобы снижение частоты вращения двигателя при включении муфты не превосходило допустимую величину (обычно 5-10% от номинального значения).

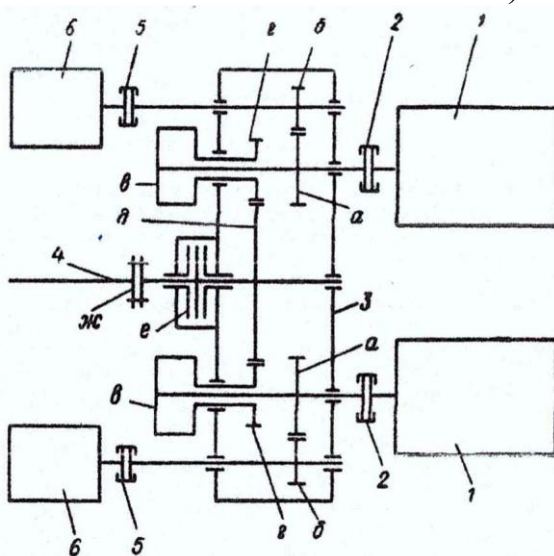


Рисунок 1 – Схема двухмашинного ДРА:

1 – главный двигатель; 2 – упруго-демпфирующая муфта; 3 – суммирующий редуктор; 4 – валопровод; 5 – упругая муфта; 6 – валогенератор; а, б – зубчатые колеса привода валогенератора; в – соединительная фрикционная муфта; г, д – зубчатые колеса привода судового валопровода; е – упорный подшипник; жс – фланец валопровода.

Для оценки изменения частоты вращения двигателя при включении муфты следует учитывать, что оно происходит в течение определенного времени регулирования t_p , необходимого для перестановки реек топливных насосов. Перестановка вызывает изменение крутящего момента, развиваемого двигателем [1]. Величина t_p может быть определена, например, опытным путем для каждого конкретного типа двигателя по осциллограмме частоты вращения (тахограмме) при резком сбросе нагрузки как время, в течение которого происходит повышение угловой скорости вращения двигателя. В частности, для судовых среднеоборотных дизелей, обычно используемых совместно с редуктором описанного типа, t_p составляет около 0,5 с.

Рассматривая регулятор как двухпозиционное реле и считая, что в течение времени регулирования двигатель развивает такой же крутящий момент, как и до включения муфты (т.е. торможение двигателя происходит под дей-

ствием момента трения в муфте), записываем уравнение движения коленчатого вала двигателя в виде

$$M = I \frac{\omega}{t_p},$$

где M – момент трения в муфте;

I – момент инерции деталей, жестко соединенных с ведущей частью фрикционной муфты (двигатель, упруго-демпфирующая муфта, ведущая часть муфты и редуктора, включая зубчатые колеса привода валогенератора, упругую муфту и валогенератор);

ω – уменьшение угловой скорости вращения двигателя.

Отсюда находим

$$\omega = \frac{Mt_p}{I}, \quad (1)$$

Фактически, в зависимости от закона перестановки реек топливных насосов и вызванного этим изменения крутящего момента, развиваемого двигателем в течение t_p , величина ω может быть меньше вычисленной по формуле. (1) в 1,5-1,8 раза. Степень этого различия для каждого конкретного типа двигателя также может быть определена на основании тахограммы при сбросе нагрузки путем сопоставления фактического изменения ω с вычисленным по формуле (1).

Кроме сказанного выше, во избежание остановки двигателя при включении первой муфты нужно, чтобы мощность, передаваемая через муфту и к валогенератору, не превосходила мощности двигателя, т.е.

$$M_{\omega_n} + N_{\Gamma} \leq N_{\Delta} \text{ или } M \leq \frac{N_{\Delta} - N_{\Gamma}}{\omega_n},$$

где ω_n – номинальная угловая скорость вращения двигателя;

N_{Δ} – максимальная мощность двигателя;

N_{Γ} – максимальная мощность валогенератора.

При разработке конструкции соединительных муфт и отработке режимов управления ими в составе ДРА необходимо в первую очередь обратить внимание на надежность работы фрикционных элементов муфт. Удельное давление на фрикционные элементы допускается следующее: при изготовлении их из асбобакелита – до 3 МПа, из металлокерамики – до 4 МПа; в менее напряженных муфтах – в пределах 1,5-2 МПа (и меньше). Указанные нормативы обеспечивают необходимую прочность и приемлемый износ фрикционных элементов.

Одной из основных причин повреждения фрикционных элементов являются тепловыделения, возникающие при включении муфты. Наиболее теплонапряженной является поверхность трения фрикционных элементов. При проектировании муфт для обеспечения их нормальной эксплуатации бывает необходимо производить расчетную оценку теплонапряженного состояния фрикционных элементов в процессе работы ДРА. Следует отметить, что в технической литературе для такой оценки используются различные критерии: тепловыделение в муфте, удельное тепловыделение, удельный тепловой поток и т.п. Однако необходимо иметь в виду, что параметрами, фактически определяющими со-

стояние фрикционных элементов муфт, являются температура и напряжения. Повышенная температура приводит к прижогам, а высокие напряжения – к расстрескиванию фрикционных элементов.

Тепловыделение в муфте

$$W = \int_0^{\tau} M \Delta \omega dt, \quad (2)$$

где $\Delta \omega$ – разность угловых скоростей ведущего и ведомого валов муфты;
 t – текущее время;
 τ – время проскальзывания.

Как известно [2], момент трения в муфте

$$M = zQfR, \quad (3)$$

где z – число пар фрикционных элементов;
 Q – нормальное усилие, приложенное к поверхности трения фрикционных элементов;
 f – коэффициент трения;
 R – средний радиус поверхности трения.

Величины z , Q и R определяются конструктивным исполнением муфты. Коэффициент трения зависит от материала трущихся поверхностей и условий, в которых происходит работа муфты. Для полусухого трения, присущего большинству фрикционных муфт судовых ДРА, для пары трения чугун (сталь) – асбобакелит (металлокерамика), при удельном давлении порядка 1,5 МПа, коэффициент трения при включении муфты приблизительно равен 0,1. Через 0,5 с после выгорания масла величина f повышается до 0,13. При скорости проскальзывания ниже 0,8-1,0 м/с значение f возрастает, достигая 0,16 при практически полном отсутствии проскальзывания. Следует иметь в виду, что коэффициент трения покоя значительно выше (порядка 0,4) [1].

Характер изменения угловых скоростей соединяемых муфтой валов и время проскальзывания определяются соотношением величин, действующих M и значением моментов инерции элементов пропульсивной установки. Они могут быть приняты на основании опытных данных или вычислены путем решения уравнений движения элементов пропульсивного комплекса [1, 3, 4].

Удельное тепловыделение (на единицу поверхности) определяется:

$$\omega = \frac{W}{F},$$

где F – рабочая площадь трения фрикционных элементов (с учетом степени прилегания).

Удельный тепловой поток (удельное тепловыделение в единицу времени) находят по выражению $q = d\omega/dt$, а с учетом формул (2) и (3) $q = M\Delta\omega/F$.

В связи с непродолжительностью процесса проскальзывания фрикционных элементов наиболее существенно повышается температура лишь на поверхности трения и близлежащих к ней слоев (т.е. влияние более отдаленных слоев практически не сказывается), и поэтому с достаточной для инженерных расчетов степенью точности можно воспользоваться формулой для полуогра-

ниченного твердого тела [1]. В этом случае повышение температуры поверхности может быть определено по формуле [5]

$$\Delta T_0 = \int_0^{\tau} \frac{pq}{\sqrt{\pi c \lambda \gamma}} \frac{dt}{\sqrt{\tau - t}}, \quad (4)$$

где p – доля удельного теплового потока, поступающего во фрикционный элемент;
 c – удельная теплоемкость;
 λ – коэффициент теплопроводности;
 γ – плотность.

Следует отметить, что здесь и в дальнейшем речь пойдет о средней расчетной температуре, в достаточной степени характеризующей теплонапряженность фрикционных элементов. Однако необходимо иметь в виду, что из-за шероховатости поверхности трения фактический контакт имеет место лишь в отдельных микроскопически малых областях, что приводит к появлению кратковременных «температурных всплесков» (продолжительностью менее 0,001 с и температурой свыше 500° С) [6].

Доли тепловых потоков, поступающих во фрикционные элементы,

$$p_1 + p_2 = 1, \quad (5)$$

(здесь и в дальнейшем индексом 1 обозначены параметры одного из элементов фрикционной пары, а индексом 2 – параметры другого элемента).

Учитывая, что поверхности трения находятся в соприкосновении между собой и, следовательно, имеют практически одинаковую температуру, из формул (4) и (5) получаем –

$$p_1 = \frac{1}{\sqrt{\frac{c_2 \lambda_2 \gamma_2}{c_1 \lambda_1 \gamma_1} + 1}}; \quad p_2 = \frac{1}{\sqrt{\frac{c_1 \lambda_1 \gamma_1}{c_2 \lambda_2 \gamma_2} + 1}}.$$

Таким образом, удельный тепловой поток распределяется во фрикционных элементах в соотношении, зависящем только от теплофизических свойств материалов. В частности, для пары трения чугун-асбобакелит $p_1 = 0,93$ (для чугуна) и $p_2 = 0,07$ (для асбобакелита). Пара трения чугун-металлокерамика будет иметь $p_1 = 0,58$ (для чугуна), $p_2 = 0,42$ (для металлокерамики). Применяемые в расчетах значения теплофизических свойств материалов приведены в табл. 1.

Таблица 1 – Теплофизические свойства материалов

Материал	c , Дж/кг·К	λ , Вт/м·К	γ , кг/м ³
Чугун	502	63	7200
Сталь	461	45	7850
Асбобакелит	837	0,62	2240
Металлокерамика	520	39,5	5650

Из формулы (4) по интегральной теореме о среднем можно записать

$$\Delta T_0 = \frac{pq_{cp}}{\sqrt{\pi c \lambda \gamma}} \int_0^{\tau} \frac{dt}{\sqrt{\tau - t}} = \frac{pq_{cp}}{\pi c \lambda \gamma} 2\sqrt{\tau} \quad (6)$$

Для судовых фрикционных муфт с достаточной степенью точности можно считать [1]:

$$q_{cp} \approx \frac{\omega}{\tau},$$

тогда, в соответствии с формулой (6),

$$\Delta T_0 \approx \frac{2p}{\sqrt{\pi c \lambda \gamma}} \frac{\omega}{\sqrt{\tau}}.$$

Таким образом, повышение температуры поверхностей трения может характеризоваться величиной $\frac{\omega}{\sqrt{\tau}}$ и материалом фрикционных пар. На основании опыта эксплуатации фрикционных муфт, работающих с достаточно частыми включениями (например, в реверс-редукторах), во избежание прижогов, при каждом включении можно допустить повышение средней расчетной температуры на 130-150° С. Для разовых включений муфт (например, в редукторных передачах) может быть допущено большее повышение температуры (до 250-300° С).

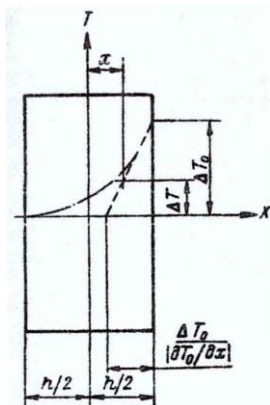


Рисунок 2 – Распределение температур по толщине пластины.

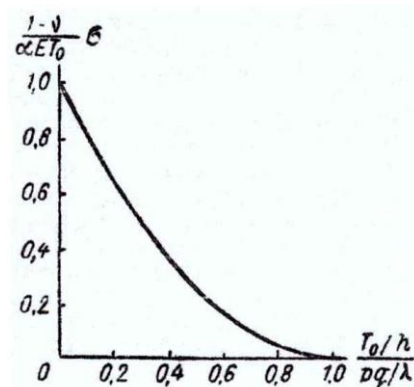


Рисунок 3 – Зависимость термических напряжений от температуры поверхности и теплового потока.

Для оценки величины термических напряжений во фрикционных элементах, воспользуемся формулой для плоской пластины, свободной от поверхностных сил. Как известно [7], термические напряжения на поверхности такой пластины на расстоянии от краев большем, чем толщина, определяются выражением:

$$\sigma = \frac{\alpha E}{1-\nu} \left(-\Delta T_0 + \frac{1}{h} \int_{-h/2}^{h/2} \Delta T dx + \frac{6}{h^2} \int_{-h/2}^{h/2} \Delta T x dx \right), \quad (7)$$

где α – коэффициент линейного расширения;
 E – модуль упругости;
 ν – коэффициент Пуассона;
 h – толщина пластины;

ΔT – изменение температуры пластины (на расстоянии x от средней плоскости).

В расчете, с целью упрощения задачи, принимаем линейное распределение температуры по толщине, сохраняя при этом характер распределения температур на поверхности трения и в близлежащих к ней слоях (т.к. в зоне, где определяются напряжения):

$$\Delta T = \Delta T_0 - \left| \frac{\partial T_0}{\partial x} \right| \left(\frac{h}{2} - x \right) \text{ при } \frac{h}{2} - \frac{\Delta T_0}{|\partial T_0 / \partial x|} \leq x \leq \frac{h}{2};$$

$$\Delta T = 0 \text{ при } -\frac{h}{2} \leq x \leq \frac{h}{2} - \frac{\Delta T_0}{|\partial T_0 / \partial x|} \text{ (см. рис. 2).}$$

где $\frac{\partial T_0}{\partial x}$ – градиент температуры по глубине в поверхностном слое.

Учитывая закон Фурье

$$\left| \frac{\partial T_0}{\partial x} \right| = \frac{pq}{\lambda},$$

интегрируем уравнение (7), которое при $\frac{\Delta T_0/h}{|\partial T_0 / \partial x|} \leq 1$ принимает вид

$$-\sigma = \frac{\alpha E \Delta T_0}{1 - \nu} \left(1 - \frac{\Delta T_0/h}{pq/\lambda} \right)^2, \quad (8)$$

а при $\frac{\Delta T_0/h}{|\partial T_0 / \partial x|} \geq 1$

$$\sigma = 0. \quad (9)$$

Знак минус в левой части уравнения (8) показывает, что на поверхности трения возникают напряжения сжатия. Однако в связи с тем, что после включения муфты происходит охлаждение фрикционных элементов, на поверхности трения фактически действуют пульсирующие, а в ряде случаев – и знакопеременные напряжения (последнее характерно для материалов типа чугунов, имеющих значительную остаточную деформацию, у которых термические напряжения сжатия после охлаждения могут вызвать остаточные напряжения растяжения, а также для муфт, например, конусных, при включении которых возникают механические напряжения растяжения). Результаты расчета по формулам (8) и (9) показаны на рис. 3. Таким образом, напряжения во фрикционных элементах зависят от повышения температуры поверхности, градиента температуры по глубине, толщины элемента и свойств материала. В частности, чем больше повышение температуры и градиент температуры по глубине, тем выше тепловые напряжения.

Принимаемые в расчетах значения механических свойств материалов приведены в табл. 2.

Следует иметь в виду, что полученные формулы не учитывают особенностей формы фрикционных элементов и поэтому носят приближенный характер.

Таблица 2 – Механические свойства материалов

Материал	E , МПа	α , K^{-1}	ν
Чугун	$1,6 \cdot 10^5$	10^{-5}	0,28
Сталь	$2 \cdot 10^5$	$1,2 \cdot 10^{-5}$	0,28

В соответствии с предложенной методикой была произведена оценка теплонапряженного состояния фрикционных конусных муфт (пара трения чугун-асбобакелит) при включении судового реверс-редуктора [1]. Согласно выполненным расчетам (при 80%-ном прилегании фрикционных элементов по поверхности), повышение температуры поверхности составляло примерно $200^{\circ}C$, а термические напряжения сжатия были около 200 МПа, что близко к значению допустимых величин для использованных в данном случае материалов. Оценка фактического состояния фрикционных элементов показала, что режимы работы реверс-редуктора также были близки к предельно допустимым.

Полученное совпадение расчетных и опытных данных позволяет рекомендовать рассмотренную методику для оценки теплонапряженного состояния фрикционных муфт судовых дизель-редукторных агрегатов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Коган А.Я. Выбор алгоритма управления главным судовым двигателем с реверс-редуктором при реверсировании. – Сб. «Двигатели внутреннего сгорания», НИИинформтяжмаш, 1969, 4 – 69 – 1.
2. Детали машин. Справочник. Т. 1. Расчет и конструирование. Под ред. Н.С. Ачеркана. М., Машиностроение, 1968.
3. Истомин П.А., Коган А.Я. О расчете режимов работы главных судовых двигателей. – Судостроение, 1972, № 2.
4. Небеснов В.И. Вопросы совместной работы двигателей, винтов и корпуса судна. Л., Судостроение, 1965.
5. Карслоу Г., Егер Д. Теплопроводность твердых тел. М., Наука, 1964.
6. Щедров В.С. Температура на скользящем контакте. – Сб. «Трение и износ в машинах», АН СССР, 1955, вып. X.
7. Боли Б., Уэйнер Д. Теория температурных напряжений. М., Мир, 1964.

УДК:621.311:629.12

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАДІЙНОЇ РОБОТИ СИСТЕМИ АВАРІЙНОГО ЖИВЛЕННЯ ПАСАЖИРСЬКОГО СУДНА

О.К. Колебанов, к.т.н., доцент
Г.О. Чаусовский, к.т.н., доцент
Херсонська державна морська академія

При увімкненні усього аварійного обладнання пасажирського судна «Empress». сумарне навантаження 502.5 кВА перевищує максимальну потужність аварійного генератора 450кВА [1]. Для забезпечення надійної роботи системи аварійного живлення та двигателя необхідні наступні зміни.

1.Зробити спеціальний режим маневрування автоматичній системі моніторингу/керування Kongsberg в якому після знеструмлення усе обладнання необхідне для забезпечення пропульсивної системи буде вмикатися автоматично після появи напруги на шинах АРЩ у необхідній послідовності та з необхідними затримками часу. В аварійній ситуації через помилку або повільну дію оператора пропульсивної система може зупинитися що в свою чергу може призвести до зіткнення.

Щоб запобігти цьому необхідно змінити програму Kongsberg, додати спеціальний режим “маневрування” у якому в разі знеструмлення ГРЩ одразу після появи напруги на шинах АРЩ обладнання запускатиметься би автоматично у послідовності при якій уся пропульсивної та рульова система стає контрольованою

2. Зробити список обладнання з меншими пріоритетом яке може автоматично вимикати у разі перевантаження АГ. При переході на живлення аварійного освітлення на батарею та переході насоса заборотної води з другої швидкості і (максимальної потужності) на першу тим самим уменшіте навантаження на АГ на 52кВт. При заниженій потужності насоса заборотної води компенсувати частково або повністю (залежно від навантаження) підвищення температури можна якщо збільшити потік прісної води через холодильник. Для цього треба зробити зворотній зв'язок по температурі (електронний термостат). Краще якщо щит аварійного освітлення буде брати живитися від батарей доти працює аварійний генератор. Та перемкнеться на АРЩ тільки тоді коли АРЩ буде живитися від ГРЩ. В нормальному режимі аварійне освітлення працює від трансформатора 440/220 коли знеструмлюється АРЩ щит аварійного освітлення запитується від інвертора. Тобто у режимі перевантаження можливо знизити струм випрямителя до нуля а потім якщо з'явиться запас потужності АГ підзарядити батарею.

3.Зробити спеціальну сторінку в Kongsberg в якій оператор буде бачити обладнання яке живиться від АРЩ, навантаження яке ще обладнання він може увімкнути. З підтримкою пропульсивної системи необхідно зробити захист від перевантаження АГ при помилці оператора та щоб спростити роботу оператора в аварійній ситуації. Для цього треба змінити програму Kongsberg зробити спеціальну сторінку у якій оператор може бачити список обладнання підключеного до АГ та сумарне навантаження.

У колонці статус напроти кожної позиції обладнання три статуса обладнання: ручний, контроль на локальній панелі; автоматичний контроль; помилка, несправність обладнання.

У колонці можливість запуску кольоровий код: блакитний обладнання працює; білий обладнання зупинено та може бути запущене; жовтий обладнання зупинено та може бути запущене але для при його запуску потужність перевищить максимальну доступну та буде автоматично вимкнено зарядку аварійної батареї та можливо перехід насоса заборотної води на першу швидкість; червоний недостатньо потужності АГ.

Комп'ютер має слідкувати за потужністю та струмом АГ та рахувати статус “можливість запуску” в реальному часі та змінювати колір при зміні

навантаження та режиму роботи випрямителя та насоса охолодження заборотної води та видавати на екран доступну потужність АГ.У колонці можливість запуску також має бути вказана потужність та струм обладнання. При появі доступної потужності АГ випрямитель першим (через невеликий проміжок часу) має автоматично повертатися до нормального режиму роботи, насос охолодження має повертатися до нормального режиму роботи після переходу до економічного режиму тільки по команді оператора. Таким чином неможливо перевантажити АГ через помилку оператора.

Висновки. При знеструмленні навіть на короткий час зупиняться головні двигуни що дуже небезпечно під час маневрування. Запропоновано комплекс заходів для підтримки роботи пропульсивної системи у випадку знеструмлення ГРЩ що робить судно більш безпечним.

ЛІТЕРАТУРА

1. Колебанов, О.К. Недоліки аварійної системи електропостачання пасажирського судна / О.К. Колебанов, Г.О. Чаусовский. // Матеріали 8-ї Міжнародної науково-практичної конференції. Сучасні енергетичні установки на транспорті, технології та обладнання для їх обслуговування. –Херсон: ХДМА, 2017 – С. 100–104.

УДК 629.5.064.5:620.92

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК СИСТЕМ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ

И.М Гвоздева, д.т.н., профессор

С.Н. Сакалы, ст. преподаватель,

В.О. Берест, курсант

Национальный университет «Одесская морская академия»

Современные судовые электроэнергетические системы (СЭЭС) на судах являются уже не простым генератором электрической энергии, а электростанцией с комплексом вспомогательных устройств, сложной автоматикой управления и контроля, от нормального функционирования которой зависит надежность и жизнеспособность судна. СЭЭС предназначена для обеспечения электроэнергией потребителей в необходимом количестве во всех режимах работы судна. Качество генерируемой электрической энергии должно соответствовать требованиям Регистра [1,2]. Вопросы энергосбережения и повышения энергоэффективности, требования международных конвенций по загрязнению окружающей среды и по охране человеческой жизни на море способствуют внедрению различных программ, направленных на использование в составе СЭЭС альтернативных источников энергии.

Исследованию эффективности использования фотоэлектрических систем (ФЭС) в качестве вспомогательного источника электрической энергии посвящена работа [3]. Следует отметить статьи [4–7], в которых приведены сведения о результатах натурных испытаний нескольких типов систем фотоэлектрических преобразователей (СФЭП). Вопросы энергосбережения и повышения

энергоэффективности автономных систем электроснабжения с применением ФЭС рассмотрены в [8]. Процессы заряда/разряда аккумуляторных батарей (АКБ) в составе ФЭС детально описаны в [9]. Вышеперечисленные исследования СФЭП в составе ФЭС как резервного источника энергоснабжения проведены для наземных электроэнергетических систем.

Для получения требуемых энергетических показателей СФЭП, фотоэлектрические преобразователи (ФЭП), входящие в их состав, объединяют между собой последовательно-параллельным способом [10]. Пиковая мощность СФЭП измеряется по стандарту IEC 61730-1: масса (m) воздуха $AM = 1.5$, радиация $E = 1000 \text{ Вт/м}^2$, температура СФЭП $T_c = 25 \text{ C}$ [11].

В судовых эксплуатационных условиях требуется учитывать факторы воздействия окружающей среды, такие как: изменение интенсивности солнечного излучения, качку судна, постоянную вибрацию от работающих механизмов и т.д. СФЭП в реальных условиях эксплуатации нагреваются до $40-60^\circ$, солнечное излучение почти всегда ниже 1000 Вт/м^2 . В связи с вышесказанным, реализация ФЭС в виде комбинированной системы резервного энергоснабжения на регистровых судах в настоящее время остается не до конца решенной задачей.

Целью данной работы является экспериментальное исследование характеристик систем фотоэлектрических преобразователей в судовых условиях под воздействием факторов окружающей среды, отличных от стандартных.

Проведено две серии экспериментов. Первая серия экспериментов осуществлялась в судовых условиях для СФЭП типа TPL150P-36 при естественном освещении, разных географических положениях и разных погодных условиях. При выборе рабочей точки на вольтамперной характеристике ФЭП потребовалась вторая серия экспериментов в лабораторных условиях с искусственным освещением, которая проводилась для ФЭП типа SP136X110-3. В результате проведенных экспериментов построены вольтамперные характеристики исследуемых типов СФЭП, а также значения токов короткого замыкания, позволяющие определить условное рабочее время. В результате второй серии экспериментов получены значения токов и напряжений на выходе ФЭП при переменной резистивной нагрузке под разными углами падения светового потока.

Дальнейшие направления исследований состоят в научно-техническом решении задач по выбору конфигурации ФЭС, в рассмотрении вопросов, связанных с анализом взаимодействия СФЭП с элементами СЭЭС, а также в выборе алгоритмов работы управляющих устройств.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сергиенко Л.И. Электроэнергетические системы морских судов / Л.И. Сергиенко, В.В. Миронов. – М.: Транспорт, 1991. – 736 с.
2. Российский морской регистр судоходства // Санкт-Петербург: Федеральное автономное учреждение Российский морской регистр судоходства, 2005, Т.1. – 502 с.
3. Ішук Я.О. Дослідження ефективності використання вітрогенератора та сонячної батареї, як допоміжних джерел електричної енергії / Я.О. Ішук, А.П. Сандюк, Ю.К. Тодорцев // Technology audit and production reserves, 2014. – № 4/2(18). – С. 7–10.

4. Юрченко А.В. Результаты натурных испытаний кремниевой солнечной батареи в климатических условиях / А.В. Юрченко // Известия Международной академии наук высшей школы. – Томск, 2004. – № 2 (28). – С. 145–150.
5. Козлов А.В. Результаты климатических испытаний кремниевой солнечной батареи в натурных условиях г. Томска / А.В. Козлов, К.В. Ковалевский, А.В. Юрченко // Возобновляемая энергетика. Состояние, проблемы, перспективы: Матер. Междунар. конф. – СПб, 2003. – С. 275–281.
6. Topic M. Effective efficiency of PV modules underfield conditions / Topic M., Brecl K., Sites J.// Progress in Photovoltaics: Research and Applications. – 2007. – С. 17–28.
7. Durisch W. Efficiency of selected photovoltaic modules under varying climatic conditions / Durisch W., Struss O., Kai R.// Renewable energy – the energy for the 21st century: Proc. of VI World renewable energy congress. – Brighton, Great Britain, 2000. – С. 779–788.
8. Сысоева М.С. Методика оценки экономической эффективности инновационно-инвестиционных проектов в области внедрения альтернативных источников энергии / М.С. Сысоева, М.А. Пахомов // Социально-экономические явления и процессы. – 2011. – № 9 (031). – С.151–155.
9. Винников А.В. К вопросу выбора солнечной фотоэлектрической станции / А.В. Винников // Научный журнал КубГАУ. – 2015. – №108(04). – С. 93–101.
10. Григораш О.В. Автономные гибридные электростанции / О.В. Григораш // Научный журнал КубГАУ. – 2016. – №124(10). – С. 84–98.
11. Электронный ресурс: <http://webstore.iec.ch/publication/25674>. IEC 61730-1:2016 PHOTOVOLTAIC (PV) MODULE SAFETY QUALIFICATION.

УДК 621.311.1

УСТРОЙСТВО КОМПЕНСАЦИИ РЕАКТИВНОЙ ЭНЕРГИИ КАК СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ СУДНА

С.А. Дудко, ст. викладач

Национальный университет «Одесская морская академия»

В последние годы индустрия судоходства стала предметом пристального внимания, поскольку мировое сообщество становится все более озабоченным глобальными выбросами углерода. Исследования показывают, что в ближайшие 15 лет объем выбросов в атмосферу будет увеличиваться на 75% по мере роста объемов торговли. Однако выбросы углекислого газа, вызванные судоходством, могут быть значительно уменьшены, если эффективность работы будет улучшена на большом количестве судов. Даже небольшое улучшение операционной эффективности во всем глобальном флоте может оказать значительное влияние на выбросы углерода. Кроме того, за последние годы расходы на энергоресурсы значительно возросли, весьма вероятно, что эта тенденция будет продолжаться.

Дефицит и растущая стоимостью энергоресурсов, а также стремлением к улучшению экологичности эксплуатации флота, лежат в основе требований, установленных Международной морской организацией (*International Maritime*

Organization, IMO, ИМО) в Приложении VI к Конвенции МАРПОЛ в отношении конструктивного индекса (коэффициента) энергетической эффективности (*EEDI*), а также разработки и выполнения судового плана управления энергоэффективностью судна (*SEEMP*) в процессе эксплуатации. Согласно этим требованиям большинство новых судов должны быть на 10% эффективнее с 2015 года, на 20% эффективнее к 2020 году и на 30% эффективнее с 2025 года. [1]

Предложенные меры повышения энергоэффективности судна направлены на поддержание хорошего технического состояния судна (корпус, главная силовая установка, вспомогательные силовые установки, механизмы и системы), использования механизмов дополнительного отбора мощности (турбогенераторы, валогенераторы, а в электроэнергетической системе – минимизация общей электрической нагрузки путем рационального управления электроэнергетической установкой и отключения незадействованных или не нужных потребителей.

Однако, практически совсем не уделяется внимание такому аспекту как коэффициент мощности электроэнергетической системы. Основными потребителями электроэнергии на судах являются асинхронные электродвигатели, характеризующиеся высоким потреблением реактивной энергии. Циркуляция реактивной энергии в электрических сетях вызывает дополнительные активные потери и потери напряжения на активных сопротивлениях в линиях, трансформаторах и генераторах, на покрытие которых расходуется дополнительная мощность на электростанциях. В некоторых электрических установках реактивная мощность может быть значительно больше активной. Это приводит к появлению больших реактивных токов и вызывает перегрузку источников тока, вызывает отклонения напряжения сети от номинала, снижает пропускную способность всей электроэнергетической системы. Реактивной мощностью дополнительно нагружаются питающие и распределительные сети, соответственно увеличивается общее потребление электроэнергии. Дополнительной проблемой является пуск мощных потребителей соизмеримой с электростанцией мощности. Все эти факторы ведут к повышению расхода энергоресурсов.

Мероприятия по снижению потребления реактивной мощности можно разделить на два направления: естественная компенсация без применения специальных компенсирующих устройств и искусственная компенсация.

Естественная компенсация реактивной мощности не требует больших материальных затрат и должна проводиться в первую очередь. Искусственная компенсация реактивной мощности — один из наиболее важных факторов, позволяющих решить задачу энергосбережения, уменьшения расход реактивной энергии. Применение УКРМ позволяет уменьшить потери мощности и электроэнергии как у самого потребителя, так и в электрических сетях, улучшить качество электроэнергии по напряжению в узлах нагрузки системы электроснабжения потребителя и в электрической сети, увеличить пропускную способность линий электропередачи и силовых трансформаторов, уменьшить нагрузку элементов распределительной сети (подводящих линий, трансформаторов и распределительных устройств), тем самым продлевая их срок службы, снизить на

10...15 % тепловые потери тока, снизить влияние высших гармоник, подавить сетевые помехи, снизить несимметрию фаз, повысить надежность и экономичность распределительных сетей, снизить расходы на ремонт и обновление электрооборудования, уменьшить мощность подстанций и сечения кабельных линий, что снизит их стоимость.

В свою очередь, применение на судах устройств динамической компенсации реактивной энергии позволяет снизить максимальную величину пускового тока потребителей, соизмеримой мощности с электростанцией вдвое. Кроме того, коэффициент мощности возможно поддерживать на уровне единицы. [2].

ЛІТЕРАТУРА

1. MEPC 60/4/35. Prevention of Air Pollution from Ships, Mandatory EEDI requirements [Электронный ресурс]: Draft text for adding a new part to MARPOL Annex VI for regulation of the energy efficiency of ships. – Режим доступа 15.07.14: http://www.rina.org.uk/hres/mepc%2060_4_35.pdf.

2. Компенсация реактивной энергии в судовой электроэнергетической системе при пусках асинхронных двигателей / Муха Н.И., Павленко С.С., Дудко С.А. - Електромеханічні та енергозберігаючі системи: тематичний випуск «Проблеми автоматизованого електропривода. Теорія й практика» – Кременчук: КрНУ, 2012. – Вип. №3/ 2012(19). – С.283-287.

СУЧАСНІ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДУ, КОМПОНЕНТИ ТА ДІАГНОСТИКА.

УДК 62-83:629.584

СИСТЕМА ЭЛЕКТРОДВИЖЕНИЯ АВТОНОМНОГО ПЛАВАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

Я. Б. Волянская¹, к.т.н., докторант

О. А. Онищенко², д.т.н., профессор

¹Военная академия (г. Одесса)

²Национальный университет "Одесская морская академия"

В существующих экономических и политических условиях у Украины, как государства обеспечивающего оборонительные функции своих морских границ, возникла сложная задача – максимально быстро создать автономные плавательные аппараты (АПА) специального назначения, а именно – морские беспилотные плавательные аппараты (БПА). Такие БПА и их электрооборудование уже проектируются и создаются на предприятиях и верфях г. Николаева и г. Одессы. Одна из частных задач заключена в том, чтобы создать на основе электродвижения серию АПА – для выполнения специальных технологических задач, близких к описанным в [1]. Установлено, что при создании такого нового для Украины и высокотехнологичного устройства, как специальные БПА, необходимо обеспечить:

а) управление частотой вращения пропульсивного [2] комплекса БПА в небольшом диапазоне при минимальных капитальных затратах, минимальной предпроектной и конструкторско-технологической подготовке к производству;

б) возможность работы маршевого электродвигателя системы электродвижения относительно небольшой мощности (до 500 Вт) в бароразгруженном [3] режиме;

в) выполнение ряда дополнительных задач и требований к конструкции, общей архитектуре и функционированию БПА, в том числе к источнику энергии, системам управления, навигации, позиционирования, связи, работе дополнительных устройств, механизмов.

Кроме того, необходимо разрешить противоречивую задачу проектирования судна специального назначения [4, 5] – минимизировать себестоимость аппарата, обеспечить минимальные массогабаритные показатели при максимально-возможной специальной полезной нагрузке, минимизировать время проектирования и строительства. Такая сложная и актуальная проблема решается только на основе системного подхода.

Для любого БПА время его автономной работы является крайне важной характеристикой, с помощью которой определяются многие его технологические функции и возможности. Именно поэтому разработка энергоэффективных (энергосберегающих) систем электродвижения беспилотных АПА [1] является актуальной научно-технической проблемой.

На сегодняшний день нет устоявшегося мнения и общих принципов выбора типов электродвигателей и их систем управления для БПА. Например, некоторые современные системы электродвижения малых БПА строятся на основе бароразгруженных [3] асинхронных трехфазных электродвигателей (АД) с электронной системой управления. Однако особенностям обеспечения режимов энергосбережения уделяется очень мало внимания. Во многих исследованиях показано, что со стороны маршевого винта идёт основная нагрузка двигателю пропульсивного [2] комплекса и крайне редко учитывается тот факт, что основной статический нагрузочный момент M_c близок к «вентиляторному». В первом приближении этот момент пропорционален второй степени частоты вращения ω винта: $M_c = k_1(\omega + k_2)^2$, где k_1 и k_2 – коэффициенты, зависящие от параметров винта (шага, диаметра), особенностей конструкции пропульсивного комплекса, других параметров и факторов.

Из анализа известных решений можно установить, что весьма эффективным является применение частотных способов управления (векторных и скалярных). Однако стоимость таких систем для АПА, выполняющих задачи [1], оказывается недопустимо высокой. Даже при небольшом снижении скорости движения АПА существенно снижается статический момент сопротивления M_c и маршевый электродвигатель работает с частичной нагрузкой, а в зависимости от условий передвижения винт БПА может быть погружен в воду не полностью. Все это приводит к сложным изменениям характера нагрузки. Но для малых АПА, выполняющих задачи [1] с маршевым АД и преобразователем напряжения, крайне важно: во-первых, поддержание энергоэффективных режимов работы и, во-вторых, их автоматическое установление. При определении времени автономной работы аппарата названные факторы – решающие. Указанные особенности функционирования пропульсивного комплекса позволяют в системе электродвижения АПА использовать известные и уточненные авторами системы [6] и алгоритмы [7] управления маршевым АД путем изменения напряжения питания при неизменной частоте.

ЛИТЕРАТУРА

1. Подводные убийцы авианосцев: глубинные беспилотники. Интернет ресурс: <https://tvzvezda.ru/news/forces/content/201504271716-4r23.htm>.
2. Budashko, V. V. Design of the three-level multicriterial strategy of hybrid marine power plant control for a combined propulsion complex [Text] / V. V. Budashko // Electrical engineering & Electromechanics, 2017. – No 2. – P. 62–72.
3. Волянская, Я. Б. Разработка асинхронного двигателя для движительно-рулевого комплекса подводного аппарата [Текст] / Я. Б. Волянская, С. М. Волянский // Проблемы автоматики и электрооборудования транспортных средств «ПАЭТС-2012»: Матер. Всеукр. науч. техн. конф., 25-26 апреля 2012 г. – Николаев: НУК. – 2012. – С. 129–131.
4. Огай, С. А. Понятия многоцелевого судна ледового плавания и особенности применения системного подхода при определении характеристик на начальном этапе проектирования судна этого типа [Текст] / С. А. Огай // Морские интеллектуальные технологии, 2015. – Т. 1. – № 3 (29). – С. 45–54.

5. Lepisto, V. Dynamic process simulation promotes energy efficient ship design [Text] / V. Lepisto, J. Lappalainen, K. Sillanpaa, P. Ahtila // Ocean Engineering, 2015 – Vol. 111. – P. 43–55.
6. Онищенко, О. А. Электропривод систем конденсации холодильных установок [Текст] / О. А. Онищенко // Электромашиностроение и электрооборудование, 2006 – № 66. – С.190–192.
7. Volyanskaya, Ya. Determination of the energy efficient modes of work of the marsh electric motor of the autonomous floating vehicle / Ya. Volyanskaya, S. Volyanskiy, A. Volkov, O. Onishchenko // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies/ - 2017. Vol. 6, no. 8(90), p.p. 11-16.

УДК [621.313.322:629.5.064]:004.891.3

НЕЙРО-НЕЧЕТКАЯ СИСТЕМА ДИАГНОСТИКИ И УПРАВЛЕНИЯ СУДОВЫМ ДИЗЕЛЬ ГЕНЕРАТОРОМ

В.С. Михайленко, к.т.н., доцент

П.О. Почивалов, курсант

Национальный университет «Одесская морская академия»

На сегодняшний день судовая электростанция представляет из себя высоко технологический комплекс устройств и агрегатов первостепенными из которых являются судовые дизель генераторы как основные производители электроэнергии на судне [1]. Аспекты диагностики и управления этими агрегатами являются основными в вопросах их эксплуатации. Очень важно качественно и достоверно оценить состояние агрегата и по возможности спрогнозировать изменение его состояния при переходных процессах в условиях изменения, нехватки, недостоверности или пробелов в информации полученной от датчиков и приборов контроля. Использование нейро-нечеткой системы для этих целей имеет ряд преимуществ перед традиционными. Такая система обладая возможностями нечеткой логики способна работать с существующей неопределенностью, нечеткостью и неполнотой информации, а наличие нейронной сети в такой системе позволяет заполнять пробелы в существующем потоке данных, фильтровать данные от помех и прогнозировать поведение системы на основании полученных данных.

Критерии и границы оценки состояния объекта формируются на основе экспертных мнений выработанных в процессе эксплуатации которые являются основой нечеткого управления (Fuzzy Control) и предназначены для решения задач которые могут быть реализованы с помощью программируемых контроллеров когда отсутствует явная модель процесса и аналитическая модель является слишком сложной для представления. Реализация модели нечеткой экспертной системы [2] в пакете MatLab (Fuzzy Logik Toolbox) нацеленной на определение работоспособности судового генератора производится с помощью составления функций принадлежности действующих элементов: электрической (см. рис.1), где учитываются токи и напряжения обмоток ротора (I_1, U_1) и статора (I_2, U_2) и не электрической (см. рис.2), где учитывается температура обмоток ротора и статора (T_1, T_2). Выходным параметром является степень работо-

способности объекта (Sr). Моделирование степени работоспособности производится отдельно для каждой из частей. Получение нечеткого логического вывода происходит после прохождения этапов фаззификации, композиции, импликации, агрегации и дефаззификации.

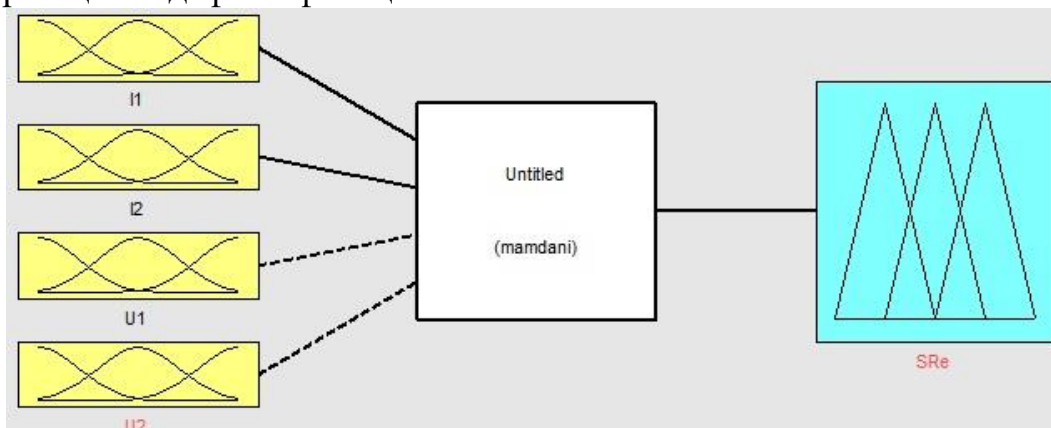


Рисунок - 1 Структурная схема определения работоспособности электрической части генератора в пакете Matlab (FLT)

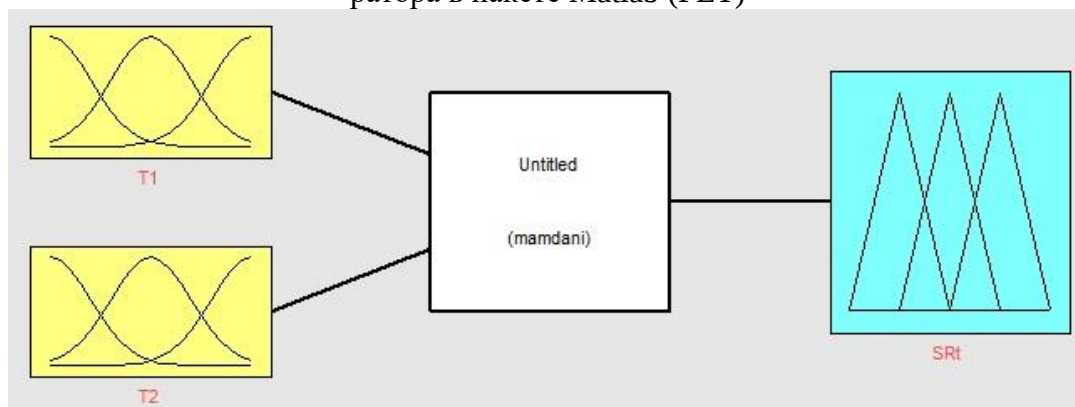


Рисунок 2 - Структурная схема определения работоспособности не электрической части генератора в пакете Matlab (FLT)

Степень работоспособности всего устройства вычисляется как среднее геометрическое степеней каждой части объекта: $SR = \sqrt{SR_e * SR_t}$, где: SR_e - работоспособность электрической части, SR_t - работоспособность не электрической части.

Вывод: Представленная нейро-нечеткая система позволит качественно и быстро реагировать на изменения поведения объекта с учетом опыта экспертов, своевременно информировать персонал об изменениях контролируемых параметров и улучшить качества систем диагностики и управления судовым агрегатом в целом по сравнению с традиционными АСУ СЭС.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мещанинов П.А Автоматизация судовых энергетических систем, Ленинград 1970. – 234 с
2. Леоненков А. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и FuzzyTECH. Санкт-Петербург 2005. – 426 с.

ВИЗНАЧЕННЯ ПОТУЖНОСТІ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНОЇ УСТАНОВКИ БАГАТОЦІЛЬОВОГО СУДНА ПОДВІЙНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

О.М. Мазур, викладач,
В.В. Голиков, к.т.н., професор
Національний університет "Одеська морська академія"

Енерго-експлуатаційна ефективність любого судна визначається конструктивними особливостями корпусу, електроенергетичною установкою і її потужністю. Визначення конструктивної енерго-експлуатаційної ефективності (ЕЕЕ) проєктованих суден є однією з основних задач під час створення нових або нестандартних суден. Саме тому використовується порівняльна кількісна оцінка необхідного рівня енергетичного озброєння суден. Можна визнати [1], що у якості інтегральної оцінки енергоозброєності суден є відношення потужності суднової енергетичної установки (СЕУ) до дедвейту судна: $I_e = N/DW$, кВт/т. Саме це відношення виступає складовою функціоналу, за допомогою якого можлива конструктивна оптимізація суден, визначення ЕЕЕ. Такі оцінки виконані авторами у [1-3] на основі порівняння різних типів суден (табл. 1).

Таблиця 1 – Середнє значення енергоозброєння I_e

№ п/п	Тип судна	I_e , кВт/т
1	Балкери	0,18
2	Універсальні (багатоцільові)	0,52
3	Танкери	0,44
4	Контейнеровози	0,9
5	Пасажирські	5,02
6	Криголами	6,87

З аналізу табл. 1 стає зрозумілим, що енергоозброєність суден криголамного типу повинна бути дуже високою, і для концепту [3] багатоцільового судна подвійного призначення (БСПП, льодовий тип) необхідно виконання умови $I_e \approx 7$. Необхідно врахувати й те, що за умовами технічного завдання БСПП повинні виконувати різноманітні спеціальні функції, які потребують додаткових енергетичних ресурсів. Тому, значення I_e для концепту БСПП льодового типу дедвейтом близько 3000 т повинно бути більше 21 МВт. Аналіз особливостей зимової навігації Чорного та Азовського морів [4] доводить, що суцільний лід товщиною 1,5 м, для якого визначене значення I_e (криголами, табл. 1) - дуже рідке явище. Але таке значення потужності СЕУ багатоцільового судна льодового типу дедвейтом до 3000 т майже неможливе для встановлення за низкою причин, у тому числі за масо-габаритними показниками. Умови забезпечення маневреності та виконання спеціальних завдань потребує більшої гнучкості і

тому нижня межа потужності становить $0,52 \times 3000 \approx 1,5$ МВт (табл. 1, універсальні судна). За допомогою розробленого авторами теоретичного креслення БСПП, розрахунку опорів руху, використання методів Холтропа і Будницького та створеної *DMI*-моделі судна визначено необхідне компромісне значення потужності СЕУ - приблизно 5-6 МВт.

Висновок

1. У концептуальному проекті БСПП запропоновано встановити дві поворотні колонки "Azipod" (ABB Group) сумарною потужністю $N_e = 2 \times 2300 = 4600$ кВт, компактного виконання (серія C) з судновими частотними перетворювачами типу ASC [5]. Зараз у авторів на стадії аналізу альтернативні рішення (рис. 1) побудови СЕУ.

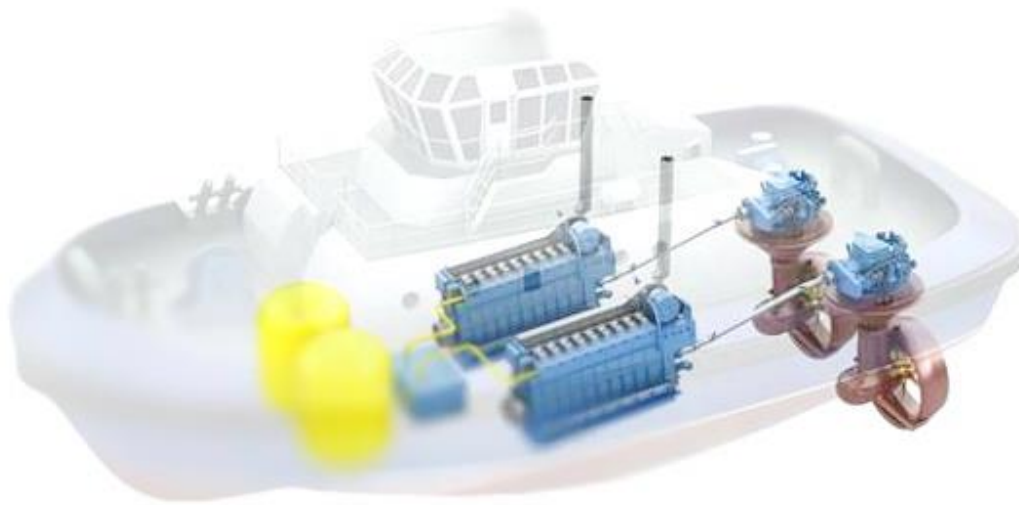


Рисунок 1 – Загальна побудова СЕУ БСПП (альтернативне рішення)

2. Визначено методами моделювання (*DMI*-модель БСПП), що обрана потужність 5,6 МВт СЕУ БСПП забезпечує не тільки виконання основних функцій, а й виконання додаткових (з витратами до 1,0 МВт) спеціальних функцій та проходження судном суцільного льоду товщиною до 0,8 м.

ЛІТЕРАТУРА

1. Голиков, В. В. Определение ледопроеходимости судов для плавания в неарктических морях / В. В. Голиков, П. А. Костенко, О. Н. Мазур, И. В. Сафин // Судовые энергетические установки. – 2014. – № 33. – С. 183-190.
2. Mazur, O. Decision support system in assessing technical design and tender purchases / O. Mazur, O. Onishchenko // Збірник наукових праць Військової академії. - 2016. - № 1(5). - С. 91-100.
3. Голиков, В. В. Особенности проектирования многоцелевого судна двойного назначения ледового класса / В. В. Голиков, О. Н. Мазур, О. А. Онищенко // Вісник Нац. техн. ун-ту "ХПІ": зб. наук. праць. Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. - 2016. - № 42 (1214). - С. 29-37.
4. Мазур, О. Н. Анализ обеспечения судоходства в зимнюю навигацию портами Украины // Проблеми техніки. – 2014. – № 1. – С. 32-39.
5. Представление движителей Azipod®. Интернет ресурс: <https://library.e.abb.com/public>.

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ УПРАВЛІННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДАМИ РУШІВ КОМБІНОВАНОГО ПРОПУЛЬСИВНОГО КОМПЛЕКСУ

Д.В. Бондаренко, магістр
І.С. Слободянюк, магістр
В.В. Будашко, к.т.н., доцент,
Національний університет «Одеська морська академія»

«Система динамічного позиціонування – є системою, яка автоматично контролює судно, для утримання його позиції і курсу, виключно засобами активного використання судових рушіїв» [1]. Для ефективного виконання свого головного завдання – утримання у заданій позиції, судно повинно мати такий пропульсивний комплекс, який здатен виконувати усі завдання, позначені маневрово-технічними характеристиками, відповідно до технологічного призначення судна [3,4]. При цьому управління моментом є невід'ємною частиною конструкції більшості прикладних схем управління регулюванням швидкості систем електроприводів. Для регулювання обертового моменту двигуна вимірюються струми двигуна і розраховується пропускна здатність з високою точністю. На практиці контролер обмежує швидкість зміни крутного моменту для запобігання пошкодження механічної частини електроприводу. Таким чином, передавальну функцію контролера моменту можна описати залежністю:

$$Q_p(s) = \frac{1}{(1 - t_{пч}s)} Q_d(s),$$

де $t_{пч} = 20 \div 200$ мс.

Швидкість гвинта (команда) задається виходячи з стандартної функції:

$$n_{ref} = g_{n_0}(T_{ref}) = \text{sgn}(T_{ref}) \sqrt{\left| \frac{T_{ref}}{\rho D^4 K_{T_0}} \right|},$$

яка є зворотною відносно номінальної вентиляторної характеристики, зазвичай для $K_{T0} = K_T (J = 0)$ [1].

Для детального аналізу роботи електроприводу підрулюючого пристрою (ПП) та гребного двигуна, в програмі SIMULINK MATLAB було створено комплексну математичну модель судової енергетичної установки (СЕУ) комбінованого пропульсивного комплексу (КПК), яка наведена на рис.1, для судна «Stil Explorer 2010» [2,7,6].

До складу СЕУ КПК входять: чотири дизель-генератори, потужністю 1600кВт, 690 В, 60 Гц; два гребних електродвигуни (ГЕД), по 400 об / хв. потужністю 1200 кВт; три ПП по 800 кВт, 1800 об / хв.

В результаті моделювання отримані характеристики ПП та ГЕД судна, що представляють собою залежності струму, напруги, моменту, обертів від часу.

Мета роботи полягає в вирішенні завдання підвищенні ефективності електроприводами рушіїв системи управління КПК, в системі функціонування DPS.

Основні задачі роботи:

а) забезпечення необхідної, технологічно обумовленої, точності позиціонування;

б) урахування дії зовнішніх збурень у відкритому морі.

Вирішення цих задач мають актуальне та практичне значення [1,5].

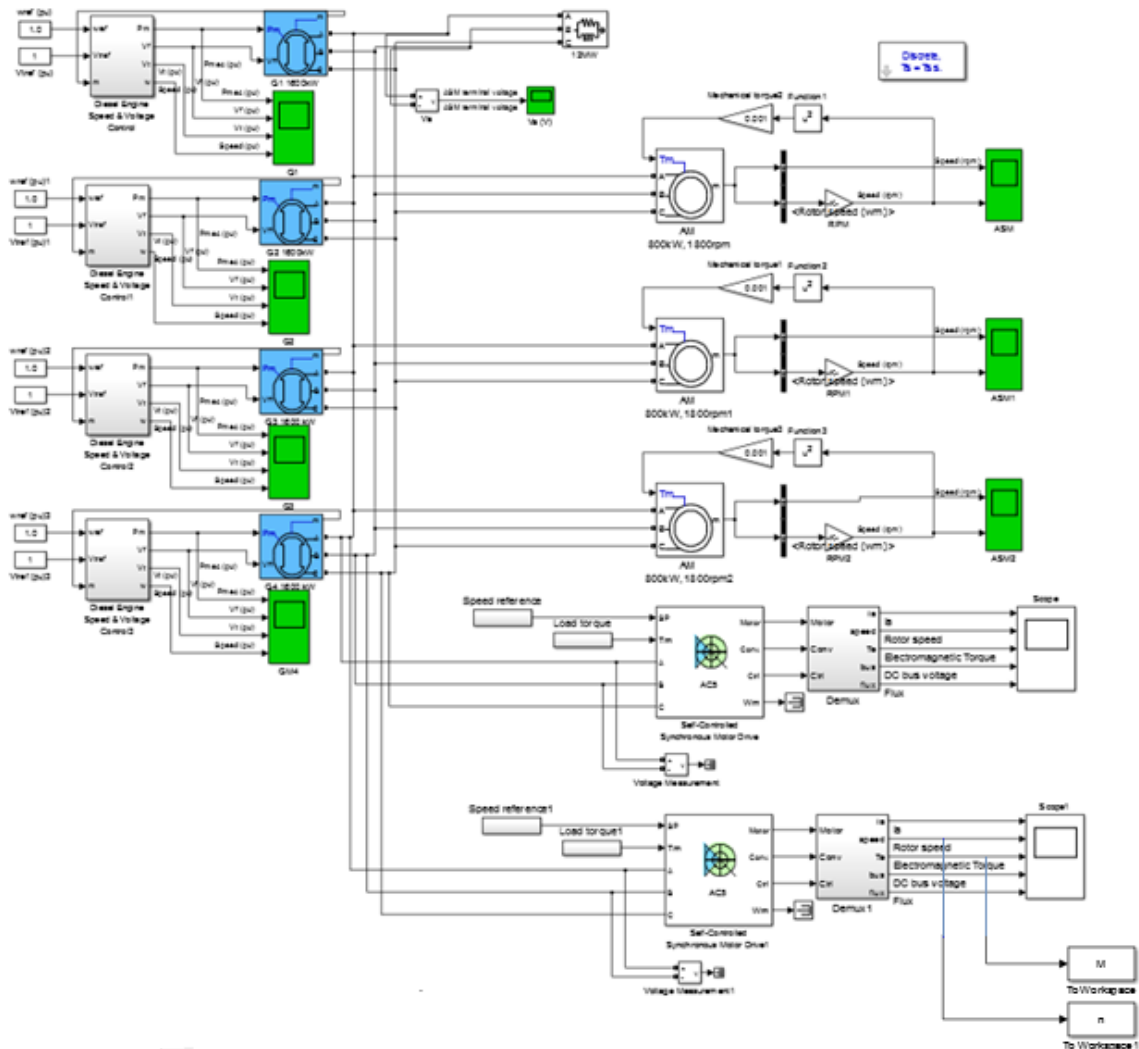


Рисунок 1 – Математична модель суднового пропульсивного комплексу

Для ефективного виконання головного завдання - утримуватися в заданій позиції - СЕУ КПК має бути обладнано ПП та ГЕД з всережимним регулятором обертів (РО), здатним, згідно з технологічним процесом, забезпечувати маневрово-технічні характеристики в усьому діапазоні зміни енергетичних запитів, з одночасною стабілізацією координат електроприводів, з автоматичним вибором регульованого параметра. Використання всережимного РО ПП та ГЕД дозволить мінімізувати вплив зовнішніх збурень, в результаті автоматичного переладу регулятора з одного режиму роботи в інший, залежно від експлуатаційних умов, чого неможливо домогтися, наприклад, при регулюванні тільки обертів або тільки моменту.

При проведенні випробувань СЕУ КПК: «Асинхронного двигуна», в якості трьох підрулюючих пристроїв, та «Синхронного Двигуна», в якості двох

гребних двигунів, в пакеті SIMULINK MATHLAB, були розглянуті такі режими роботи: пуск, зупинка електродвигуна, реверс двигуна з навантаженням на один гребний двигун в якості 80%, та на другий в якості навантаження в діапазоні від 5% до 50%, при різних швидкостях електродвигуна. Моделюючи аналіз роботи електроприводу ПП були отримані характеристики, що представляють собою залежності струму та частоти обертання від часу в заданому діапазоні регулювання ПП (рис. 2- рис. 3 - рис.4).

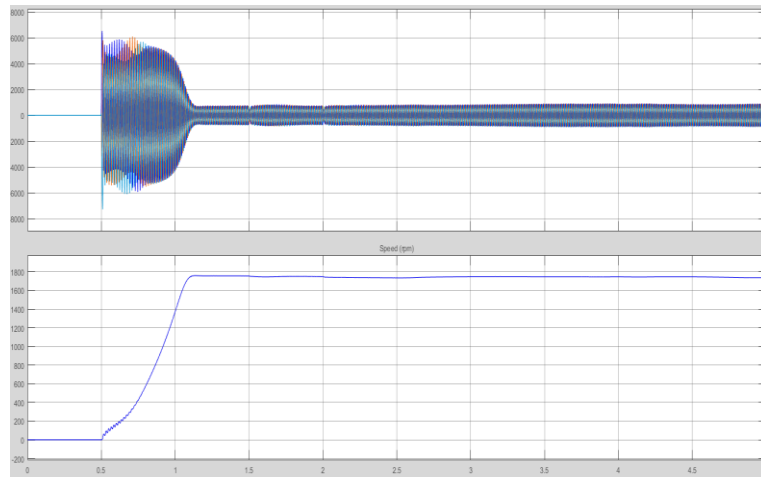


Рисунок 2 – Характеристика асинхронного двигуна ПП в залежності від часу

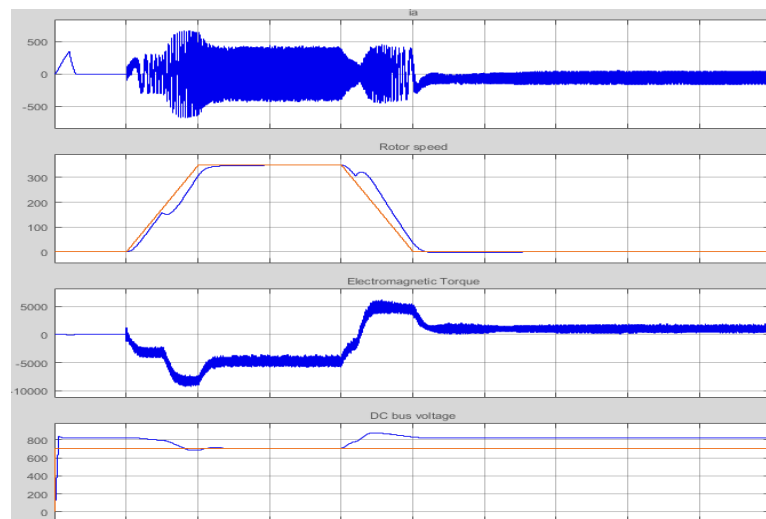


Рисунок 3 – Характеристика гребного синхронного двигуна при пуску та зупинці

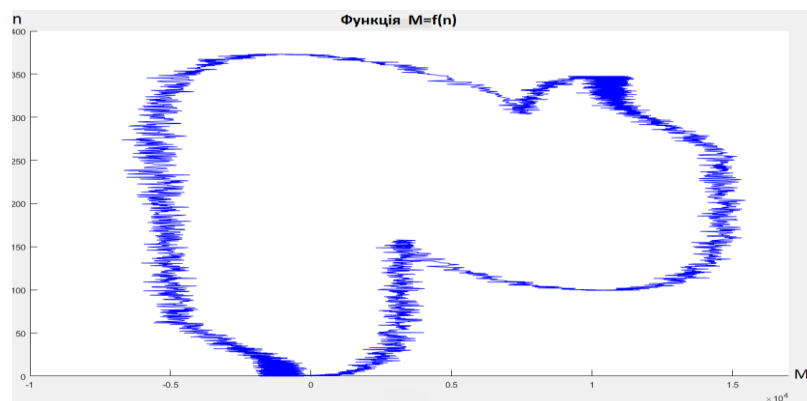


Рисунок 4 – Функція залежності $M=f(n)$

Висновки: Аналіз проведених досліджень показав, що при роботі СЕУ КПК під час навантаження на валу двигуна 5% - 40%, РО справляється зі своїми функціями, та досить точно підтримує судно в заданій точці позиціонування. Під час збільшення зовнішніх збурень до рівня 80%, ми спостерігаємо, що використання одного гребного двигуна недостатньо, тому автоматично повинен підключатися другий двигун, при цьому навантаження розподіляється порівну між двома ГЕД.

ЛІТЕРАТУРА

1. В.В. Будашко, О.А. Онищенко. Удосконалення системи управління підрулюючим пристроєм комбінованого пропульсивного комплексу. – Bulletin of NTU" KhPI". Thematic edition" Electric machines and Electromechanical energy conversion, 2014.
2. Герман-Галкин Matlab&Simulink, Проектирование мехатронных систем на ПК. – СПб.: КОРОНА – Век. 2008.-386 с.
3. Аносов А.В., Дидык А.Д. Управление судном и его техническая эксплуатация. - М. Транспорт, 1976.
4. Никольский В.В., Будашко В.В., Хнюнин С.Г., Раенко Н.Е. Система мониторинга позиционирования полугрузных плавучих буровых установок: ОНМА, 2015.
5. Woud H.K., Stapersma D. Design of propulsion and electric power generation systems. – London: IMarEST publications. – 2003. – 494 p.
6. Гончаренко Д.А., Будашко В.В. Моделирование систем управления мощностью и крутящим моментом подруливающих устройств при позиционировании судов // Интеллектуальные системы принятия решений и проблемы вычислительного интеллекта (ISDMCI'2014). Материалы междунар. науч. конф. – Херсон: ХНТУ, 2014. – С. 59 – 61.
7. Лурье М.С., Лурье О.М. Применение программы MATLAB при изучении курса электротехники. Для студентов всех специальностей и форм обучения. – Красноярск: СибГТУ, 2006. – 208 с.

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ТА ПРИСТРОЇВ В ЕЛЕКТРО - ТА РАДІОТЕХНІЦІ.

УДК 629.5.064:004.43

РОЗРОБКА І ДОСЛІДЖЕННЯ РЕЖИМІВ РОБОТИ СЕЕС В MATLAB НОВОГО ПОКОЛІННЯ

І. Г. Бондар, курсант

В.В. Бушер, д.т.н., професор

Національний університет «Одеська морська академія»

Мета роботи: розробка деталізованої моделі суднової електроенергетичної системи і дослідження типових режимів роботи в MATLABSIMULINKSIMSCAPEнового покоління.

Нове (третє) покоління SIMULINK/SIMSCAPEдозволяє моделювати процеси в різних електромеханічних системах за принципами об'єктно-орієнтовано фізичного підходу. Це суттєво підвищує швидкість розрахунків та дозволяє отримувати велику кількість інформації про стан об'єктів в усталених та динамічних режимах.

В роботі в якості прикладу було розглянуто СЕЕС балкера, однолінійну схему СЕЕС якого зображено на рис. 1.

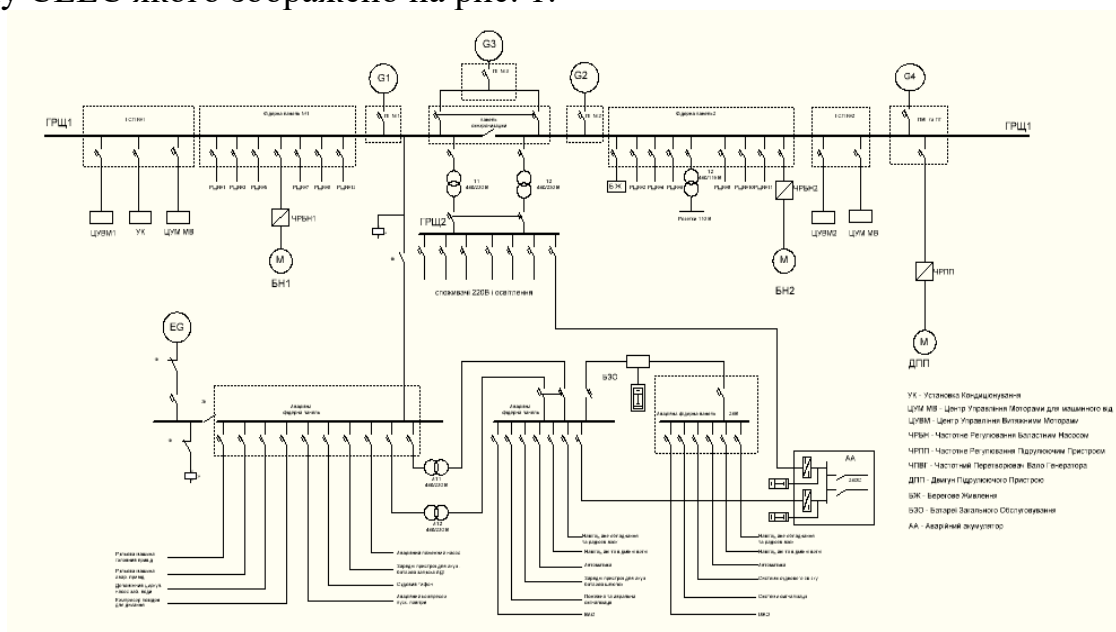


Рисунок 1 – Однолінійна схема СЕЕС

На базі схеми та опису типових режимів роботи було створено модель в SIMULINK/SIMSCAPE, яку зображено на рис. 2. СЕЕС складається з чотирьох дизель-генераторів (2х1,0 МВт, 2х1,3 МВт). Напруга мережі – 440 В, частота – 60 Гц. З модельовано навантаження для чотирьох типових режимів роботи: ходовий 640 кВт (3хLoad), завантаження 1088 кВт (Load+Breaker), вивантаження 2574 кВт (VariableResistor) і маневрений 2256 кВт (BowThruster).

Параметри елементів було завдано відповідно до параметрів та режимів роботи СЕЕС балкеру.

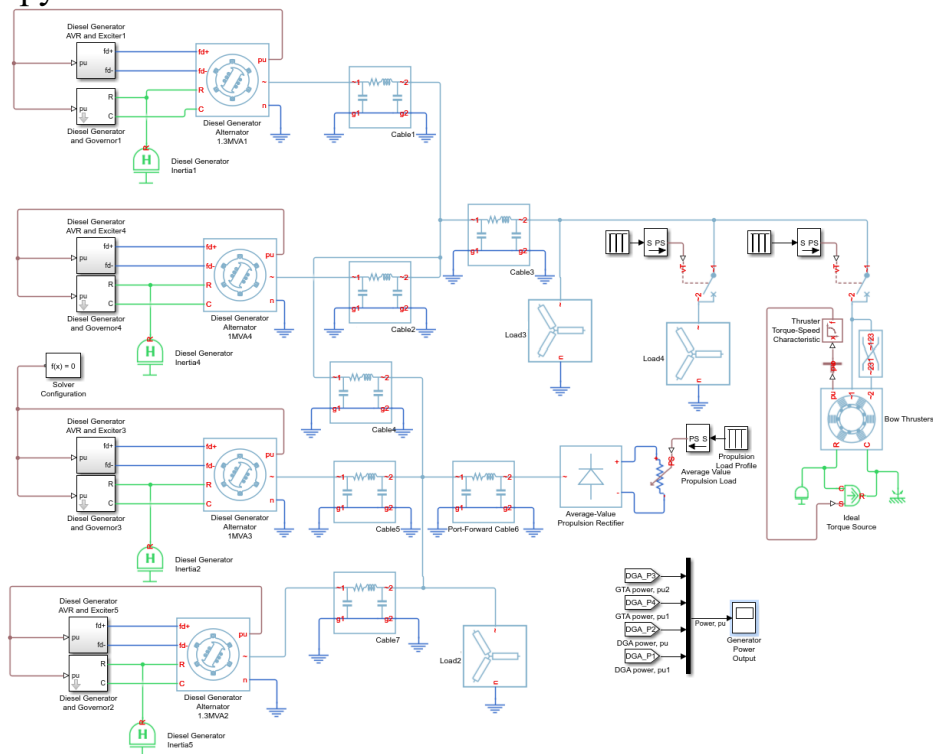


Рисунок 2 – Модель СЕЕС в SIMULINK/SIMSCAPE

За рахунок керованих вимикачів та нелінійного навантаження відпрацьовано моделювання типових режимів роботи СЕЕС та отримано графіки перехідних процесів в системі.

На окремі режими в моделі відведено по 10 с, що достатньо для аналізу перехідних процесів та досягнення усталених режимів. Результати основних показників (потужності генераторних установок) наведено на рис. 3, але за допомогою процедури сканування координат (sscexplore) або зв'язування окремих координат з тегами в моделі може бути отримано графіки всіх фізичних координат СЕЕС.

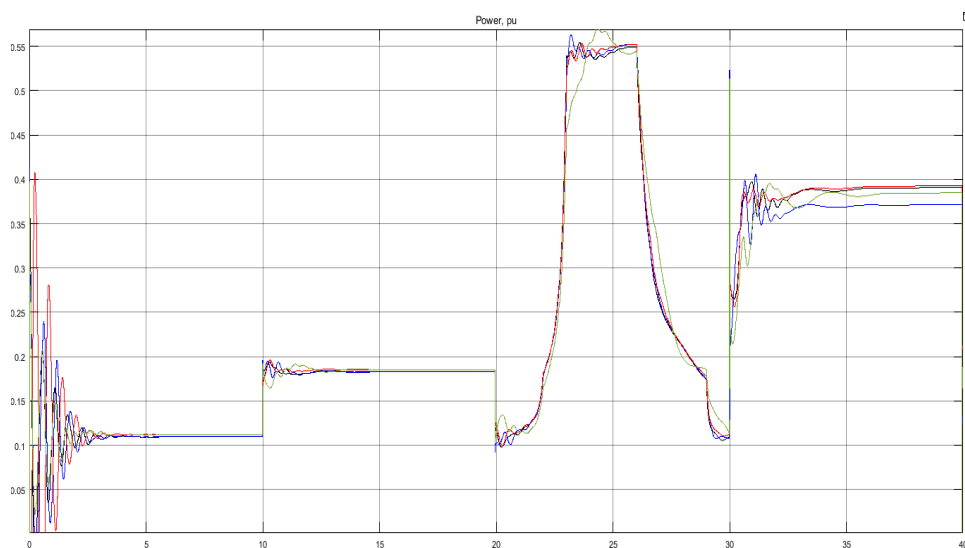


Рисунок 3 – Графіки перехідних процесів потужності генераторів у відносних одиницях

Висновки. В роботі проведено дослідження можливостей нового покоління моделей СЕЕС в SIMULINK/SIMSCAPE. Показано, що процедуру створення моделей СЕЕС суттєво спрощено, але в той же час може бути отримано значно більше інформації про стан всіх складових СЕЕС у будь-яких типових режимах.

ЛІТЕРАТУРА

1. Васильев В.В., Симак Л.В., Рыбникова В.Р. Математическое и компьютерное моделирование в среде MATLAB –М., 2008.
2. В.П. Дьяконов. MATLAB + Simulink в математике и моделировании. СОЛОН-Пресс, 2003.
3. Меркурьев Г.В., Шаргин Ю.М. «Устойчивость энергосистем», В 2-х т. - СПб.: НОУ "Центр подготовки кадров энергетики", 2008. - Т. 2. - 376 с.
4. Kundur, P. Power System Stability and Control. New York, NY: McGraw Hill, 1993.
5. Lyshevski, S. E. Electromechanical System, Electric Machines and Applied Mechatronics. Boca Raton, FL: CRC Press, 1999.
6. МН. Ahmed and P.J. Spreadbury. Analogue and digital electronics for engineers. 2nd Edition, Cambridge University Press, 1984.
7. G. Massobrio and P. Antognetti. Semiconductor Device Modeling with SPICE. 2nd Edition, McGraw-Hill, 1993.
8. Lauritzen, P.O. and C.L. Ma. "A Simple Diode Model with Reverse Recovery." IEEE® Transactions on Power Electronics. Vol. 6, No. 2, April 1991.
9. Van Langevelde, R., A. J. Scholten, and D. B. M. Klaassen. "Physical Background of MOS Model 11. Level 1101." Nat.Lab. Unclassified Report 2003/00239. April 2003.

УДК 629.5.064.5

МОДЕЛЮВАННЯ ТА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ТРИФАЗНОГО КОЛА ЗА ДОПОМОГОЮ ФССН

П.В. Петров, курсант

О.В. Глазева, к.т.н., доцент

І.П. Малявін, к.т.н., доцент

Національний університет «Одеська морська академія»

«Трифазні електричні кола» є одним з розділів, що вивчаються студентами електричних спеціальностей в дисципліні Теоретичні основи електротехніки (ТОЕ) [1]. Метод симетричних складових відноситься до спеціальних методів розрахунку трифазних кіл і широко застосовується для аналізу несиметричних режимів їх роботи в енергосистемах, в тому числі з нестатичним навантаженням. Для більш глибокого вивчення даного розділу дисципліни, отримання практичних навичок і знань, необхідних у подальшій професійній діяльності, в лабораторії загальної електротехніки кафедри «Суднової електромеханіки і електротехніки» магістрами спеціальності «Експлуатація суднового електрообладнання та засобів автоматики» було розроблено учбовий стенд для виконання лабораторної роботи за темою «Дослідження трифазних кіл за допомогою фільтрів симетричних складових напруги (ФССН)».

В основі методу лежить уявлення несиметричної трифазної системи змінних величин (ЕРС, струмів, напруг і т.п.) у вигляді суми трьох симетричних систем: прямої, зворотної і нульової послідовностей, які розрізняються порядком чергування фаз.

Симетричні складові несиметричних систем напруг або струмів можна визначити не тільки аналітично або графічно, але й експериментально за допомогою електричних схем – фільтрів симетричних складових. Напряга або струм, які виділяються фільтрами симетричних складових, використовуються на практиці в схемах релейного захисту та автоматики для захисту від несиметричних режимів або в сигналізації про такий режим електричної мережі [2]. З цією метою до вихідних затискачів фільтрів підключають відповідні прилади, реле та ін.

У даній роботі розраховано та створено вимірювальні схеми, які дають можливість виділити і виміряти кожен з симетричних складових (пряму – U_1 , зворотну – U_2 , нульову – U_0) системи напруги окремо. Фільтр напруги зворотної послідовності (ФНЗП), створено резисторами R_1, R_2, R_3 і конденсатором C (рис.1).

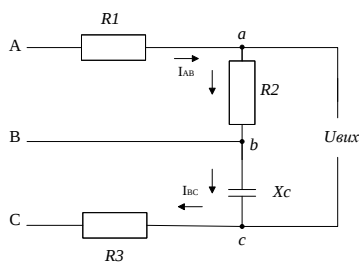


Рисунок 1 – Фільтр напруги зворотної послідовності (ФНЗП).

Параметри елементів фільтру: $R_1 = R_2 = R_3 = \sqrt{3} \cdot X_C$ [3].

Вихідна напруга фільтру: $U_{вих.зб} = \frac{3}{2}U_2$, звідки $U_2 = \frac{U_{вих.зб}}{1,5}$, де U_2 – зворотна

складова напруги.

Так як системи прямої та зворотної послідовностей відрізняються тільки порядком чергування фаз, то з цього випливає, що фільтр, який виділяє напругу однієї з цих послідовностей, перетворюється в аналогічний фільтр для виділення напруги іншої послідовності шляхом перестановки фаз місцями. Таким чином, при заміні фаз A і C місцями, на виході фільтра ми побачимо напругу, яка

в півтора рази перевищує напругу прямої послідовності: $U_{вих.пр} = \frac{3}{2}U_1$, звідки

$U_1 = \frac{U_{вих.пр}}{1,5}$, де U_1 – пряма складова напруги.

Принципова схема пристрою, що виділяє напругу нульової послідовності, містить три однакових за конструкцією однофазних трансформатора напруги, які підключені своїми первинними обмотками на фазну напругу U_A, U_B, U_C кіл «зірки». При з'єднанні вторинних обмоток в схему «трикутника» на його виході

виділяється нульова послідовність. Напруга на вихідних клеммах фільтра знаходиться так:

$$U_{вих} = \frac{3}{k_T} U_0,$$

де k_T - коефіцієнт трансформації трансформатора.

Дослідження роботи електричної мережі за допомогою фільтрів симетричних складових напруги проводились на навчальному стенді ИВ - 4, загальний вид якого наведено на рис.2.

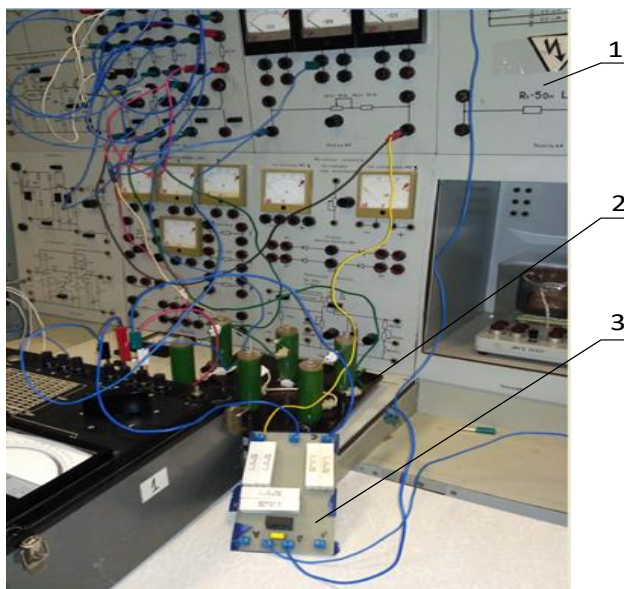


Рисунок 2 – Загальний вид лабораторної установки для проведення експериментальних досліджень за допомогою фільтрів симетричних складових напруги: 1 - стенд ИВ4; 2 - фільтр нульової складової напруги; 3 - фільтр прямої та зворотної складової напруги.

Метою проведення натурного експерименту є дослідження режимів роботи симетричного і несиметричного споживачів електричної енергії в трифазних електричних колах з симетричною та несиметричною напругою джерела, експериментальне визначення симетричних складових напруги трифазного кола за допомогою фільтрів прямої (ФНПП), зворотної (ФНЗП) та нульової (ФННП) послідовностей.

Схема електрична принципова досліджуваного кола приведена на рис.3. Система лінійних напруг U_{AB}, U_{BC}, U_{CA} трифазного джерела енергії симетрична, кожне з них дорівнює 173 В. Навантаження має активний характер.

За допомогою зібраного електричного кола (рис.4) було досліджено різні режими роботи споживачів, включених за схемою «зірка без нейтрального проводу»:

а) симетричний режим – за допомогою регульованих опорів R_{51}, R_{61}, R_{71} було встановлено струми фаз $I_A = I_B = I_C$;

б) несиметричний режим – за допомогою регульованих опорів R_{51}, R_{61}, R_{71} було встановлено струми фаз $I_A \neq I_B \neq I_C$;

в) обрив фази А споживача – обрив лінійного проводу виконувався відключенням з'єднувального проводу між опорами R_{52}, R_{53} ;

г) коротке замикання фази А – коротке замикання фази виконувалось з'єднанням між собою точок 1 та 0.

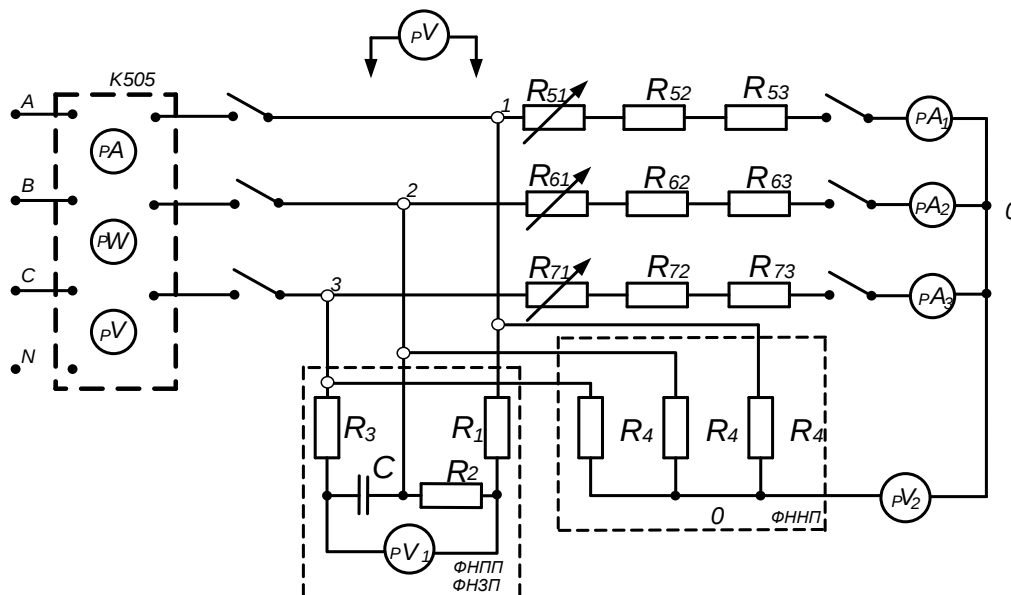


Рисунок 3 – Схема електрична принципова трифазного кола для дослідження симетричних складових напруги при зміні режимів роботи споживачів

Наявність додаткового вузла ЛАТР (рис.4) надало можливість провести дослідження несиметричного режиму роботи джерела живлення $U_{AB} \neq U_{BC} \neq U_{CA}$ та показати вплив несиметрії напруги на роботу приймачів, включених за схемою «зірка без нейтрального проводу» (симетрія джерела порушувалась зміною напруги $\pm 10\%$ від U_ϕ однофазних ЛАТРів). На схемах (рис.3 та рис.4) показники вольтметра pV_1 , відповідають полуторократному значенню фазної напруги прямої (при переключенні – зворотної) послідовності напруги: $U_{V_1} = 1,5U_1$ або $U_{V_1} = 1,5U_2$.

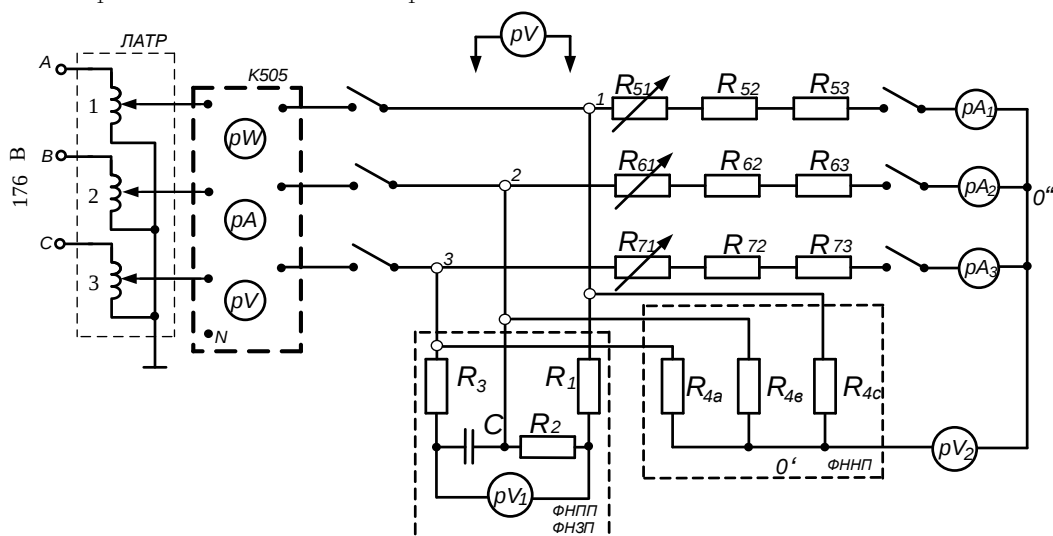


Рисунок 4 – Схема електрична принципова трифазного кола для дослідження симетричних складових напруги при зміні режимів роботи джерела

ФННП являє собою симетричне навантаження (опори $R_{4a}; R_{4b}; R_{4c}$) з'єднане «зіркою». Вольтметр pV_2 , включений між точками О'О'', вимірює потроєне значення напруги нульової послідовності: $U_{V_2} = 3U_0$

Перелік основних елементів експериментальної установки наведено в таблиці 1.

Таблиця 1 - Основні елементи установки

Позначення	Найменування	Кількість
	Джерело трифазного струму 3 ~ 220 В, 50 Гц	
ЛАТР	ЛАТР TDGC2V-1	3шт.
	Резистори	
R_{51}, R_{61}, R_{71}	ППБ – 50Г8505 150 Ом $\pm 5\%$ ГОСТ 6513-75	3шт.
$R_{52}, R_{62}, R_{72},$ R_{53}, R_{63}, R_{73}	ПЭВ – 25 100 Ом $\pm 10\%$ ГОСТ 6513-75	6шт.
R_1, R_2, R_3	ROYAL613 WJ 20W 2K	3шт.
R_{4a}, R_{4b}, R_{4c}	ПЭВ – 50 68 Ом $\pm 5\%$ ГОСТ 6513-75	3шт.
	Конденсатори	
C_1	JFS-6 $1\mu F \pm 10\%$ 450 V. AC 50/60 Hz	1шт.
C_2	JFZ X2 104k 310V.AC 50/60 Hz	1шт.
C_3	МБГЧ – 1 10 мкФ $\pm 10\%$ 250В	1шт.
	Прилади	
pA_1, pA_2, pA_3	Амперметр Э8027 1,5 ~ клас 2 ГОСТ 1451-37	3шт.
pV, pV_1, pV_2	Мультиметр	1шт.
К 505	Комплект вимірювальний	1шт.

Результати вимірювань представлені у таблиці 2.

Таблиця 2 – Результати дослідження

№	Режим роботи споживачів	I_A [A]	I_B [A]	I_C [A]	U_A [В]	U_B [В]	U_C [В]	U_N [В]	U_{AB} [В]	U_{BC} [В]	U_{CA} [В]	$1.5U_1$ [В]	$1.5U_2$ [В]	$3U_0$ [В]
1.	Симетричний	0,3	0,3	0,3	99,6	102	102	0,6	174	176	175	153,2	7,4	0,8
2.	Несиметричний	0,3	0,36	0,31	104	84,7	104,4	12,4	168	168,7	168	149	6,4	12
3.	Обрив фази А споживача	0	0,3	0,3	149	84	86	49,6	171	170	171	151	2,2	49,8
4.	Коротке замикання фази А	0,85	0,6	0,6	0	165	167	95,8	167	170	166	148	7,7	95,5
Режим роботи джерела: $U_A = 90$ В; $U_B = 100$ В; $U_C = 110$ В.														
5.	Симетричний	0,3	0,303	0,33	95	100	105	5,8	167	183	174	151	9	0
6.	Несиметричний	0,32	0,4	0,36	104	84	115	16,7	167	183	174	150	9,5	16
Режим роботи джерела: $U_A = 90$ В; $U_B = 110$ В; $U_C = 90$ В.														
7.	Симетричний	0,28	0,32	0,3	93	104	93	7	174	175	155	145	11,7	0
8.	Несиметричний	0,32	0,4	0,31	104	87	104	24	174	175	156	146	11	17

За результатами вимірювань були побудовані векторні діаграми фазних і лінійних напруг для кожного експерименту [4]. Використовуючи отримані век-

торні діаграми було визначено симетричні складові напруг U_1, U_2, U_0 . Результати графічних побудов симетричних складових збіглися зі значеннями U_1, U_2, U_0 , отриманими експериментальним шляхом.

Для перевірки результатів вимірювань, було проведено імітаційне моделювання роботи трифазної мережі в програмному середовищі MATLAB – Simulink [5]. Створена модель системи «Мережа – ФНПП(ФНЗП)ФННП – навантаження» наведена на рис.5.

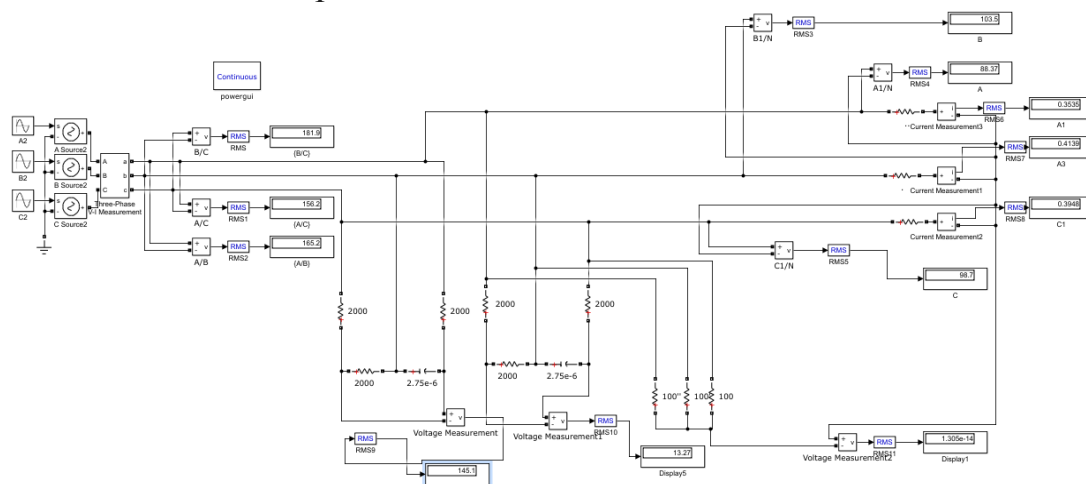


Рисунок 5 – Модель системи «Мережа – ФНПП(ФНЗП)ФННП – навантаження»

Результати моделювання, які представлені в таблиці 3 практично збігаються з результатами, отриманими експериментальним шляхом.

Таблиця 3 – Результати моделювання

№	Режим роботи споживачів	I_A [A]	I_B [A]	I_C [A]	U_A [V]	U_B [V]	U_C [V]	U_N [V]	$U_{A/B}$ [V]	$U_{B/C}$ [V]	$U_{C/A}$ [V]	$1.5U_1$ [V]	$1.5U_2$ [V]	$3U_0$ [V]
1.	Симетричний	0,303	0,303	0,303	100	100	100	0	173	173	173	150	0	0
2.	Несиметричний	0,33	0,4	0,33	108,9	84	108,9	16	173	173	173	150	0	16
3.	Обрив фази А споживача	0	0,26	0,26	150	86,6	86,6	50	173	173	173	150	0	50
4.	Коротке замикання фази А	0,91	0,53	0,53	0	173,2	173,2	100	173	173	173	150	0	100
Режим роботи джерела: $U_A = 90$ В; $U_B = 100$ В; $U_C = 110$ В.														
5.	Симетричний	0,288	0,303	0,318	95	100	105	5,8	165	182	173	149,9	8,6	0
6.	Несиметричний	0,312	0,4	0,348	102,8	84	115	16,7	165	182	173	149,9	8,6	16
Режим роботи джерела: $U_A = 90$ В; $U_B = 110$ В; $U_C = 90$ В.														
7.	Симетричний	0,28	0,313	0,28	93	103	93	6,7	173	173	156	144,9	10	0
8.	Несиметричний	0,314	0,413	0,314	103,5	86,8	103,5	23,2	173	173	156	144,9	10	16,5

1. $R_a = 330; R_g = 330; R_c = 330$

2. $R_a = 330; R_g = 210; R_c = 330$

3. $R_a = \infty; R_g = 330; R_c = 330$

4. $R_a = 0; R_g = 330; R_c = 330$

Висновки. За отриманими результатами експерименту можливо зробити наступні висновки:

- при симетричному джерелі та симетричному навантаженні напруга має тільки одну симетричну складову - пряму U_1 , яка дорівнює фазній;

- при симетричному джерелі та несиметричному навантаженні за рахунок зсуву нейтралі трифазної системи виникає несиметрія фазних напруг при збереженні симетричної системи міжфазних напруг (експерименти 2,3,4 табл.2), що призводить до утворення нульової U_0 складової напруги. При обриві фази споживача $3 \cdot U_0 = \frac{1}{2} U_1$, а при короткому замиканні фази споживача $3 \cdot U_0 = U_1$.

- при несиметричному джерелі та симетричному навантаженні (експерименти 5,7 табл.2) напруга має дві складові – пряму U_1 та зворотну U_2 , при цьому зростання зворотної складової напруги призводить до зменшення прямої складової, а нульова складова напруги – відсутня.

- при несиметричному джерелі та несиметричному навантаженні (експерименти 6,8 табл.2) напруга має всі три складові – пряму U_1 , зворотну U_2 та нульову U_0 .

Таким чином, несиметрія напруги характеризується наявністю в трифазній електричній мережі напруг зворотної або нульової послідовностей, значно менших за величиною прямої (основної) складової напруги. Проведене фізичне моделювання показало принципову можливість використання фільтрів симетричних складових напруги в якості пристроїв для отримання інформативного параметра, який показує перехід симетричної трифазної мережи в неповнофазний режим роботи.

ЛІТЕРАТУРА

1. Аполлонский С.М., Леонтьев В.В. Электротехника и электроника. Трёхфазные электрические цепи: Учеб. пособие. – СПб.: СЗТУ, 2002. – 59 с.
2. Качество электрической энергии на судах: Справочник. /В.Х. Шейнихович, О.Н. Климанов, Ю.И. Пайкин, Ю.Я. Зубарев. – Л.: Судостроение, 1988. – 160 с.: ил.
3. Коковин В.Е. Фильтры симметричных составляющих в релейной защите. М., «Энергия», 1968. – 88 с.: ил.
4. Ушакова, Н.Ю. Метод симметричных составляющих. [Текст]: методические указания к самостоятельному изучению раздела курса ТОЭ и к выполнению расчетно-графического задания / Н.Ю.Ушакова, Л.В.Быковская; Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург: ОГУ, 2010. – 59 с.
5. В.П. Дьяконов MATLAB 6.5 SP1/7+Simulink 5/6. Основы применения. Серия «Библиотека профессионала». – М.: СОЛОН-Пресс, 2005. – 800 с.: ил.
6. Коваленко, П.В. Основные показатели несимметрии напряжений в электрических сетях / П.В. Коваленко // Известия вузов. Электромеханика. – 2008. – №3. – С. 62-65.

МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ ФСПП ТА ФСЗП ПРИ НЕСИМЕТРІЇ НАВАНТАЖЕННЯ ТА МЕРЕЖИ

П.В. Петров, курсант

О.В. Глазева, к.т.н., доцент

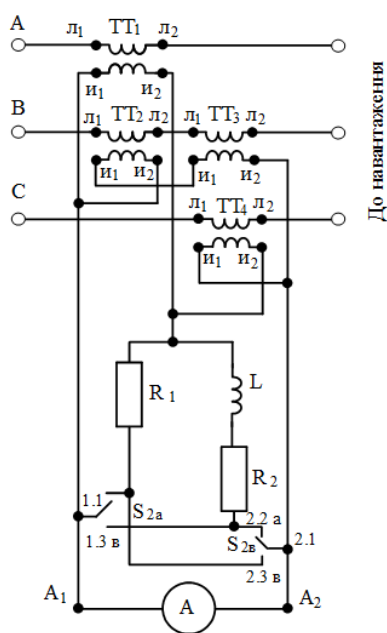
А.В. Буланов, інженер

Национальный университет «Одесская морская академия»

Симетричні складові несиметричних систем напруг або струмів можна визначити не тільки аналітично або графічно, а й експериментально за допомогою електричних схем - фільтрів симетричних складових. До входніх затискачів фільтра підводяться напруги або струми трифазного електричного кола, на вихідних затискачах фільтра маємо напругу або струм, пропорційні відповідним симетричним складовим електричних величин, що підводяться до входніх затискачів.

Напруги і струми, які виділяються фільтрами симетричних складових, використовуються на практиці в схемах релейного захисту та автоматики для захисту від несиметричних режимів або в сигналізації про виникнення несиметричного режиму електричної мережі. З цією метою до вихідних затискачів фільтрів підключають відповідні прилади, реле і т.д.

Дана робота присвячена розробці спеціальних вимірювальних схем, що дають можливість виділити і виміряти кожен з симетричних складових системи струмів окремо.



На рис.1 наведена одна з таких схем. В даному технічному рішенні реалізовані обидва фільтра струму - фільтр струму прямої послідовності (ФСПП) та фільтр струму зворотної послідовності (ФСЗП).

ФСПП та ФСЗП в якості вимірювальних перетворювачів в первинному колі застосовують чотири трансформатори струму. Нормальним режимом роботи для трансформаторів струму є режим короткого замикання. Таким чином, при замиканні контактів 1.1-1.2 та 2.1-2.2 (рис.1) покази амперметру I_{A1} відповідають прямої складової струму I_1 , т.е.:

$$I_{A1} = I_1 \cdot \frac{\kappa_I}{\sqrt{3}},$$

Рисунок 1 – ФСПП та ФСЗП де κ_I - коефіцієнт трансформації струму.

А при переведенні ключа у положення 1.1-1.3 та 2.1-2.3 за показами амперметра I_{A2} можна знайти зворотну складову струму I_2 : $I_{A2} = I_2 \cdot \frac{\kappa_I}{\sqrt{3}}.$

Параметри елементів схеми фільтра струмів:

$$R_1 = 2 \cdot R_2; \quad X_L = \sqrt{3} \cdot R_2.$$

Застосуємо дану схему для проведення дослідження несиметричних режимів роботи в трипровідній суднової мережі. Фільтр струму нульової послідовності в трипровідних мережах не застосовують т.к всі струми цієї послідовності мають однакову фазу $I_{A0} = I_{B0} = I_{C0} = I_0$, а згідно першому закону Кірхгофа добуток струмів має бути рівним нулю.

Модель трипровідної системи «Мережа-ФСПП(ФСЗП)-Споживачі» реалізована за допомогою програмного середовища MATLAB Simulink представлена на рис.2.

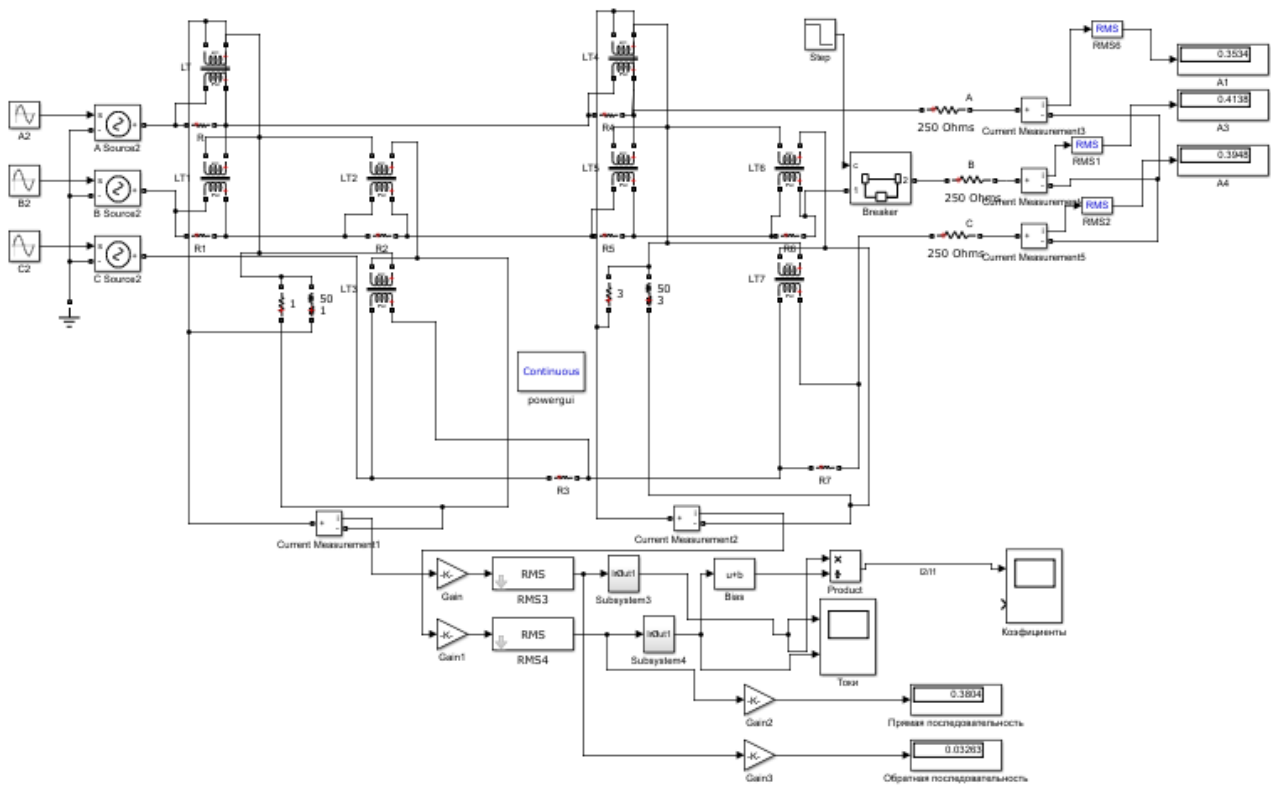


Рисунок 2 – Модель системи «Мережа-ФСПП(ФСЗП)-Споживачі»

За допомогою даної моделі було проведено аналіз різних режимів роботи трифазного кола (схема з'єднання споживача – зірка без нейтрального проводу) з боку споживачів та джерела при несиметричних режимах роботи.

Для підтвердження правильності отриманих результатів було використано кілька методів:

1. Метод комплексних чисел (МКЧ);
2. Розрахунками в електронному пакеті ElectronicLab (EL);
3. Побудовою в електронному пакеті SymmPosled.

У таблиці 1 наведено результати розрахунку і моделювання струмів, напруг та їх симетричних складових (напруга мережі $U_{\text{Л}} = 173 \text{ В}$), які отримані при застосуванні всіх вищевикладених методів.

Таблиця 1

	Симетричне джерело $U_a = U_b = U_c = 100 \text{ В}$					
	Методи дослідження	Вимірювальні величини	Симетричне навантаження	Несиметричне навантаження	Коротке замикання фази С	Обрив лінійного дроту В
			1	2	3	4
1	Розрахунок фазних струмів (МКЧ)	$\dot{I}_A$	0,4	0,408	0,693	0,346
		$\dot{I}_B$	0,4	0,447	0,693	0
		$\dot{I}_C$	0,4	0,366	1,2	0,346
2	Розрахунок СС струмів	I_1	0,4	0,402	0,793	0,2
		I_2	0	0,041	0,405	0,2
		I_0	0	0	0	0
3	Вимірювання СС струмів	$I_1 = 5 \cdot I_{A6} / \sqrt{3}$	0,394	0,403	0,794	0,199
		$I_2 = 5 \cdot I_{A6} / \sqrt{3}$	0,002	0,043	0,406	0,199
		$I_0 = I_{A4} / 3$	0	0	0	0
Несиметричне джерело $U_a = 80 \text{ В}; U_b = 110 \text{ В}; U_c = 100 \text{ В}$.						
4	Розрахунок фазних струмів (МКЧ)	$\dot{I}_A$	0,354	0,365	0,625	0,312
		$\dot{I}_B$	0,414	0,459	0,728	0
		$\dot{I}_C$	0,395	0,365	1,184	0,312
5	Розрахунок СС струмів	I_1	0,387	0,389	0,779	0,179
		I_2	0,035	0,063	0,405	0,179
		I_0	0	0	0	0
6	Вимірювання СС струмів	$I_1 = 5 \cdot I_{A6} / \sqrt{3}$	0,385	0,39	0,774	0,18
		$I_2 = 5 \cdot I_{A6} / \sqrt{3}$	0,036	0,064	0,408	0,18
		$I_0 = I_{A4} / 3$	0	0	0	0

1. $R_a = R_b = R_c = 250 \text{ Ом}$ 3. $R_a = R_b = R_c = 250 \text{ Ом}$ 2. $R_a = 250 \text{ Ом}; R_b = 200 \text{ Ом}; R_c = 300 \text{ Ом}$. 4. $R_a = R_b = R_c = 250 \text{ Ом}$

Примітка: В таблиці: $\dot{I}_A, \dot{I}_B, \dot{I}_C$ - фазні (лінійні) струми зірки; I_1, I_2, I_0 - симетричні складові струму.

Симетричні складові струму I_1 та I_2 неповнофазних режимів роботи - обрив фази «В» (рис.3) та коротке замикання фази «С» (рис.4) (пункти 4,5,6 таблиці 1) побудовані в електронному пакеті SymmPosled співпадають з результатами моделювання в MATLAB і розрахунками МКЧ.

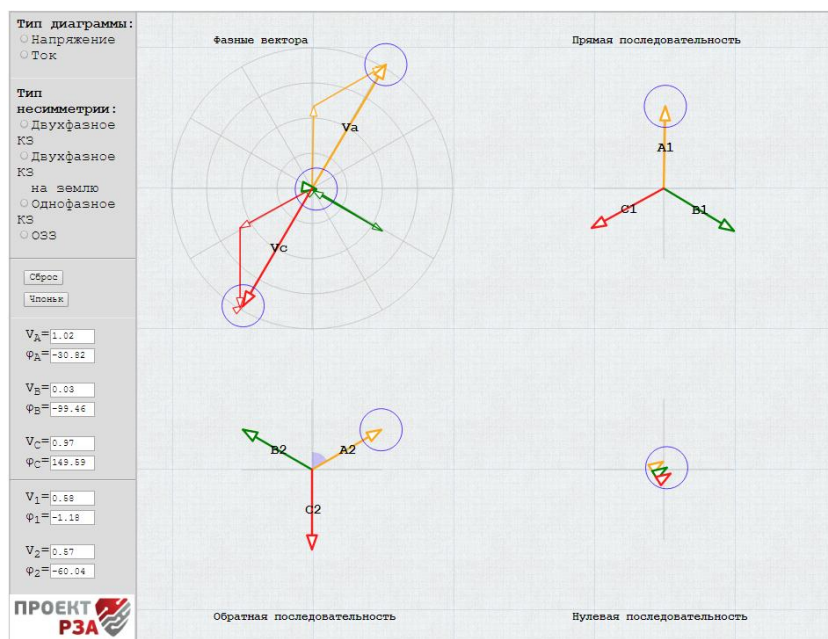


Рисунок 3 – Розкладання струмів на симетричні складові в електронному пакеті SymmPosled при обриві фази В

Так, як що за одиницю прийняти струм фази **A** $I_A = 0,312$ А, то симетричні складові дорівнюють відповідно: $I_1 = 0,58 \cdot 0,312 = 0,18$ А и $I_2 = 0,57 \cdot 0,312 = 0,178$ А, що відповідає розрахункам таблиці 1 і векторним діаграмам рис.3.

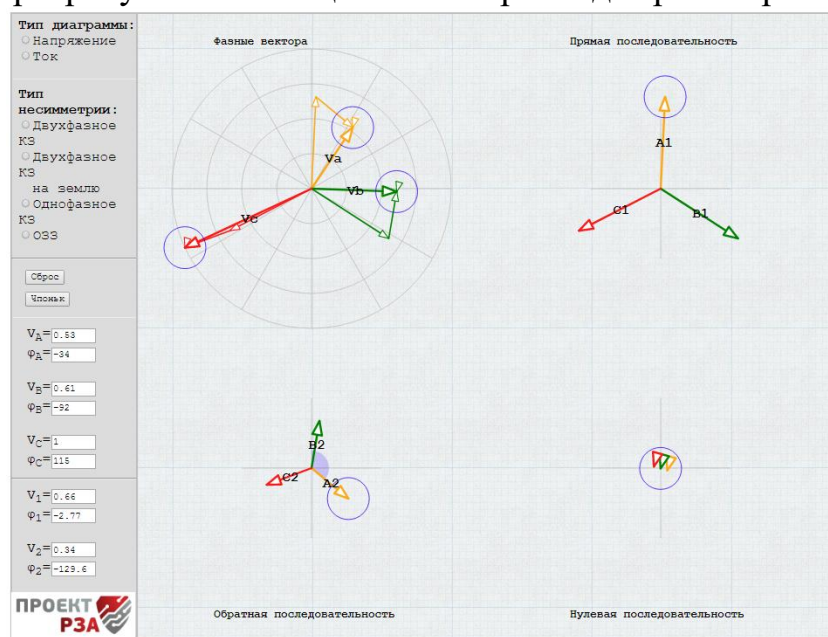
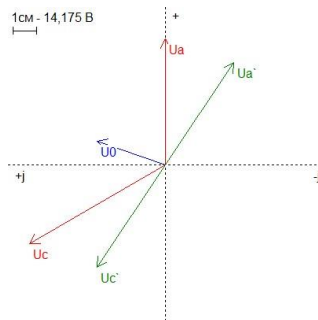


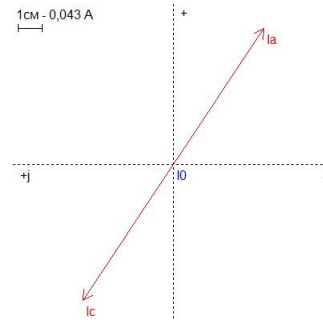
Рисунок 4 – Розкладання струмів на симетричні складові в електронному пакеті SymmPosled при короткому замиканні фази С

При короткому замиканні за одиницю прийнято струм фази **C** $I_C = 1,184$ А, тоді симетричні складові будуть дорівнювати відповідно: $I_1 = 0,66 \cdot 1,184 = 0,781$ А и $I_2 = 0,34 \cdot 1,184 = 0,403$ А що приблизно відповідає розрахункам таблиці 1 і векторним діаграмам рис.4.

Подібні результати отримані при використанні електронного пакету Electronic Lab (EL) (рис.5,6). Побудовані векторні діаграми співпадають з діаграмами рисунків 4 та 5.

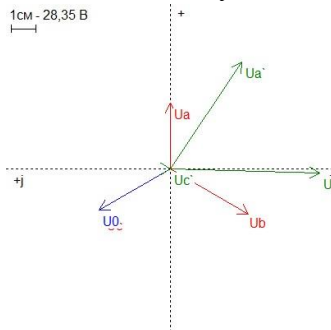


Векторна діаграма фазних напруг зірки при обриві лінійного дроту В

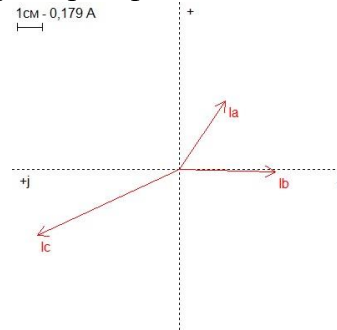


Векторна діаграма фазних (лінійних) струмів зірки при обриві лінійного дроту В

Рисунок 5 – Векторні діаграми при обрив фазі В



Векторна діаграма фазних напруг зірки при короткому замиканні фази С



Векторна діаграма фазних (лінійних) струмів зірки при короткому замиканні фази С

Рисунок 6 – Векторні діаграми короткого замикання фази С

Порівняльний аналіз отриманих результатів говорить про можливість використання фільтрів симетричних складових для адекватної оцінки симетричних складових струму та напруги трифазної мережі.

За допомогою проведених досліджень створено лабораторний стенд, принципіальна схема якого наведена на рисунку 7.

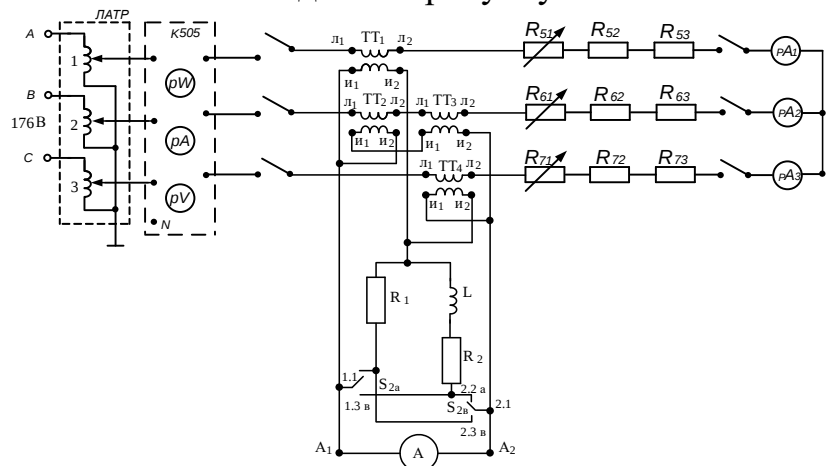


Рисунок 7 – Схема електрична принципова трифазного кола для дослідження симетричних складових струму при зміні режимів роботи джерела та споживачів

Наявність додаткового вузла ЛАТР надало можливість провести дослідження несиметричного режиму роботи джерела живлення $U_{AB} \neq U_{BC} \neq U_{CA}$ та показати вплив несиметрії напруги на роботу приймачів, включених за схемою «зірка без нейтрального проводу» (симетрія джерела порушувалась зміною напруги $\pm 10\%$ від U_ϕ однофазних ЛАТРів). В якості вимірювальних перетворювачів в первинному колі застосовані чотири трансформатори струму (ТС) типу N1820, J1=5A; J2=1A; 50 Гц.

На схемі рис.7 показники амперметра A , з урахуванням коефіцієнту трансформації ТС, відповідають прямої (при переключенні – зворотної) послідовності струму: $I_{A(1)} = I_1 \cdot \frac{\kappa_I}{\sqrt{3}} = I_1 \cdot \frac{5}{\sqrt{3}}$ або $I_{A(2)} = I_2 \cdot \frac{\kappa_I}{\sqrt{3}} = I_2 \cdot \frac{5}{\sqrt{3}}$. Зовнішній вигляд лабораторного стенду для вимірювання симетричних складових струму наведено на рис.8.

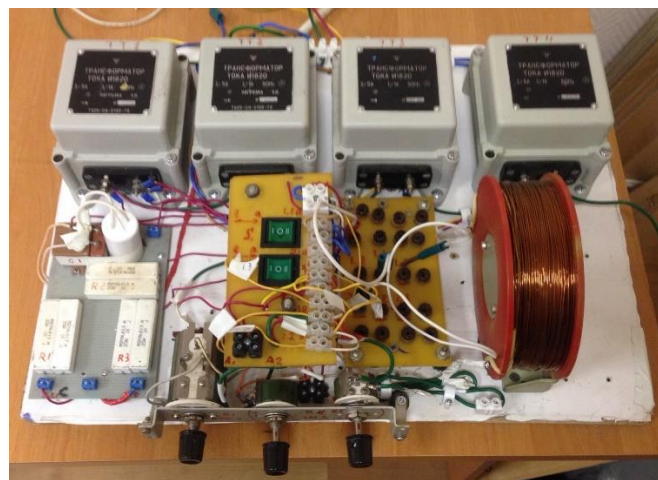


Рисунок 8 – Лабораторний стенд для вимірювання симетричних складових струму

В таблиці 2 наведені результати виміру симетричних складових струму при несиметрії джерела живлення, несиметрії навантаження та при неповнофазному режимі роботи споживача (обрив фази). Можна побачити, що результати моделювання та експерименту відрізняються не більш ніж 5%.

Таблиця 2

№	Експеримент										Моделювання в Матлаб				
	Напруга джерела			Фазні струми			Покази амперметру		Складові струму						
	U_a	U_b	U_c	I_A	I_B	I_C	$I_{АП}$	$I_{АЗ}$	I_1	I_2	I_A	I_B	I_C	I_1	I_2
	<i>B</i>	<i>B</i>	<i>B</i>	<i>A</i>	<i>A</i>	<i>A</i>	<i>мА</i>	<i>мА</i>	<i>A</i>	<i>A</i>	<i>A</i>	<i>A</i>	<i>A</i>	<i>A</i>	<i>A</i>
Симетричне джерело, симетричне навантаження $R_a = R_b = R_c = 250 \text{ Ом}$															
1	100	100	100	0,4	0,4	0,4	145,4	2	0,419	0,0058	0,4	0,4	0,4	0,39	0,0076
Симетричне джерело, неповнофазний режим при симетричному навантаженні $R_a = R_b = R_c = 250 \text{ Ом}$															
2	100	100	100	0,35	0	0,35	71,5	69,3	0,206	0,200	0,346	0	0,346	0,198	0,198
3	100	100	100	0	0,35	0,35	72,5	69,9	0,209	0,202	0	0,346	0,346	0,194	0,191
4	100	100	100	0,35	0,35	0	76,2	68,8	0,269	0,198	0,346	0,346	0	0,191	0,194
Симетричне джерело, несиметричне навантаження $R_a = 360 \text{ Ом}; R_b = 320 \text{ Ом}; R_c = 215 \text{ Ом}$															
5	100	100	100	0,31	0,33	0,4	122,4	19,3	0,353	0,056	0,309	0,333	0,390	0,333	0,048
Несиметричне джерело, симетричне навантаження $R_a = R_b = R_c = 250 \text{ Ом}$															
6	80	110	100	0,36	0,42	0,4	140,5	11,9	0,405	0,034	0,353	0,414	0,395	0,375	0,028
7	80	110	90	0,35	0,41	0,37	136,3	12,8	0,393	0,037	0,347	0,407	0,368	0,362	0,027
8	80	100	90	0,35	0,38	0,37	130,6	7,7	0,377	0,022	0,340	0,380	0,361	0,349	0,016

Створення лабораторного стенду надало можливість проведення натурних експериментів по дослідженню трифазних мереж при різних видах несиметрії та неповнофазних режимів роботи джерела та споживачів. Особливе значення має можливість застосування даного пристрою для аналізу несиметричних режимів роботи в колах з індуктивно-зв'язаними елементами (електричні машини, трансформатори), наявність яких суттєво ускладнює аналіз даних кіл в фазних координатах.

ЛІТЕРАТУРА

- 1.Андреев В.А. Релейная защита и автоматика систем электроснабжения. - М.: Высш. шк., 1991. - 496 с. (Прототип - С.58-59, рис.1.18.).
- 2.Коковин В.Е. Фильтры симметричных составляющих в релейной защите. М., «Энергия», 1968.
- 3.В.Н.Захарченко, О.В.Глазева, Ю.В.Панин Фильтры симметричных составляющих токов и напряжений для исследования полнофазных и неполнофазных режимов работы сети / Матеріали науково-методичної конференції «Актуальні питання суднової електротехніки і радіотехніки» 29.11. 2016 – 30.11. 2016 – Одеса: НУ «ОМА». – 2016. – С. 94-104.
- 4.Полуянов М.И., Счастливая Е.С. Фильтровая защита потребительских электроустановок
- 5.Качество электрической энергии на судах: Справочник /В.В. Шейнихович, О.Н. Климанов, Ю.И. Пайкин, Ю.Я. Зубарев. – Л.: Судостроение, 1988. – 160 с., ил.

УДК 621.31

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ НЕСИМЕТРІЇ НАПРУГИ ЖИВЛЕННЯ НА РОБОТУ АСИНХРОННОГО ДВИГУНА

В.Е. Загоруйко, курсант
О.В. Глазева, к.т.н., доцент
В.В.Власов, ст.викладач

Національний університет «Одеська морська академія»

Однією з найбільш поширених аномалій при експлуатації асинхронних двигунів (АД) є нестабільна напруга мережі. Відхилення напруги можуть досягати 15 і більше відсотків, що перевищує допустиме значення. Зміна напруги може привести до зростання струму в обмотках асинхронного двигуна, до збільшення втрат, зростання температури обмоток асинхронного двигуна і в результаті - дострокового виходу його з ладу.

Тому дослідження, які спрямовані на вивчення особливостей режимів роботи асинхронних двигунів в умовах постійної несиметрії напруги мережі, розробка пристроїв контролю режиму роботи цих двигунів при поздовжніх і поперечних несиметриях в обмотці статора є актуальними [1].

Для дослідження впливу цих режимів на динаміку електроприводу і надійність електродвигунів, що входять до його складу, необхідно аналізувати

данні про миттєві значення основних змінних електроприводу: напруг, струмів, температур обмоток, швидкості обертання і т.п.[2].

Метою даної роботи є дослідження впливу несиметрії напруги живлення на електромеханічні характеристики асинхронного двигуна в статичних і динамічних режимах з використанням фільтрів симетричних складових напруги (ФССН) і струму (ФССС).

Створена модель «Мережа – ФССН – ФССС – АД» являє собою джерело трифазної мережі ($3 \sim 220\text{В}$, 50Гц), до якої підключено АД потужністю $0,18\text{кВт}$. Також, для визначення симетричних складових струму та напруги, до мережі були підключені фільтри струму та напруги, це два комбінованих фільтра [3]: фільтр напруги прямої (ФНПП) та зворотної послідовності (ФНЗП) (рис.1) і фільтр струму прямої (ФСПП) та зворотної послідовності (ФСЗП) (рис.2).

Розрахунок струмів в обмотках статора АД при несиметрії джерела живлення традиційно здійснюється методом симетричних складових, проте для розрахунку динамічних режимів доцільніше використовувати імітаційне моделювання з використанням програмного пакету Matlab Simulink.

Для дослідження використано асинхронний короткозамкнений електродвигун 4AA56A2Y3, паспортні данні якого наведено на рис.3. При розробці моделі системи «Мережа – ФССН – ФССС – АД» необхідно було отримати параметри схеми заміщення АД для налаштування блоку Asynchronous Machine SI Units (рис.4). Як випливає з опису даного блоку, модель асинхронної машини не враховує втрат енергії в статорі, оскільки в параметрах машини відсутня величина R_m - опір втрат в магнітопроводі, тому, для моделювання досить даних наведених в каталозі.

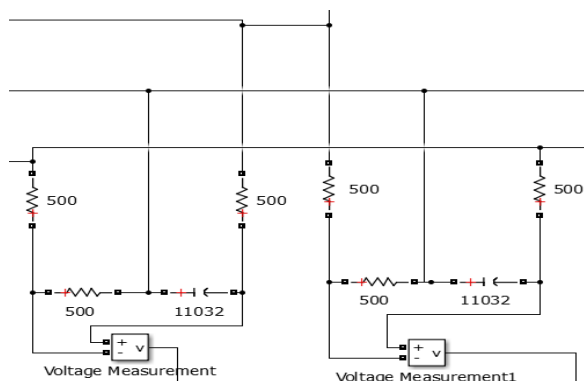


Рисунок 1 – ФНПП та ФНЗП

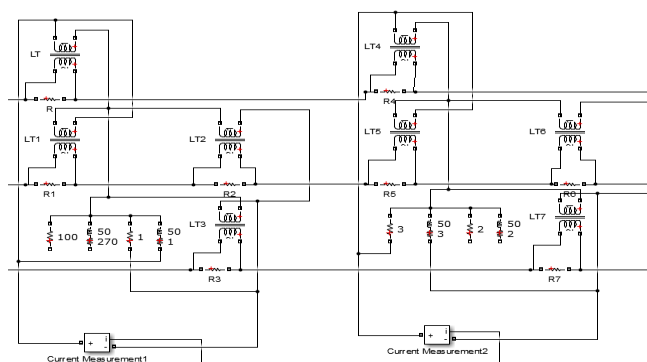


Рисунок 2 – ФСПП та ФСЗП

Блок моделює асинхронну електричну машину в руховому або генераторному режимах. Режим роботи визначається знаком електромагнітного моменту машини.

Після розрахунку параметрів схеми заміщення вікно налаштувань блоку Asynchronous Machine SI Units має вигляд (рис.5).

Частота мережі 50 Гц

Мощность на валу, кВт	0,18
Частота вращения, об/мин	3000
$\cos \varphi$	0,76
КПД, %	66
Номинальная напруга, В	380

Рисунок 3 – Паспортні дані АД з короткозамкнутим ротором 4АА56А2У3

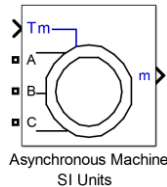


Рисунок 4 – Асинхронная машина в программном пакете Matlab Simulink
SimPowerSystems

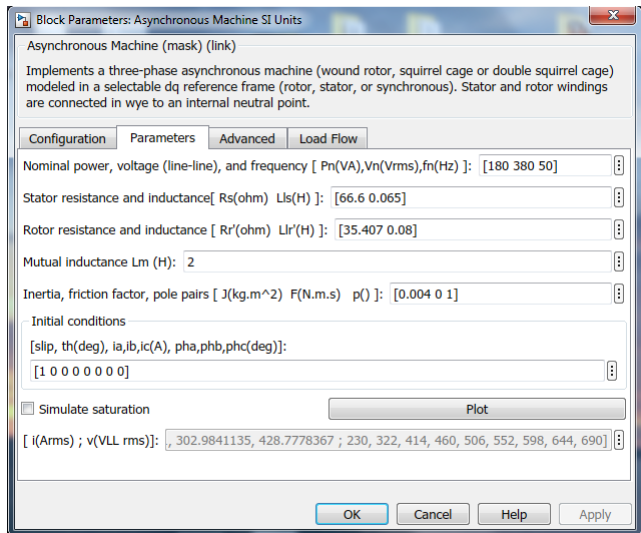


Рисунок 5 – Вікно налаштувань блоку
Asynchronous Machine SI Units

На рис. 6 представлена модель системи «Мережа – ФССН – ФССС – АД» для дослідження впливу несиметрії напруги живлення на роботу АД з вентиляторним навантаженням в режимі прямого пуску.

Результатами моделювання асинхронної машини є часові діаграми процесів її основних електромеханічних змінних. На рис.7 наведено графіки швидкості, електромагнітного моменту, струмів статора при пуску двигуна з номінальним навантаженням, за якими можна зробити висновок, що електромеханічні характеристики відповідають заявленим паспортним даним.

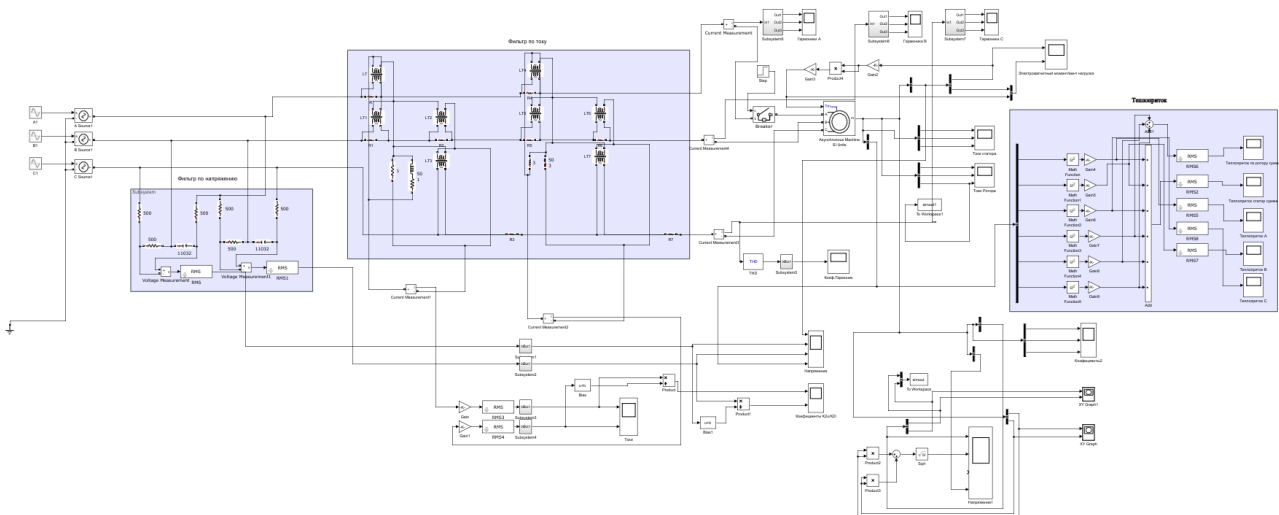


Рисунок 6 – Модель системи «Мережа – ФССН – ФССС – АД»

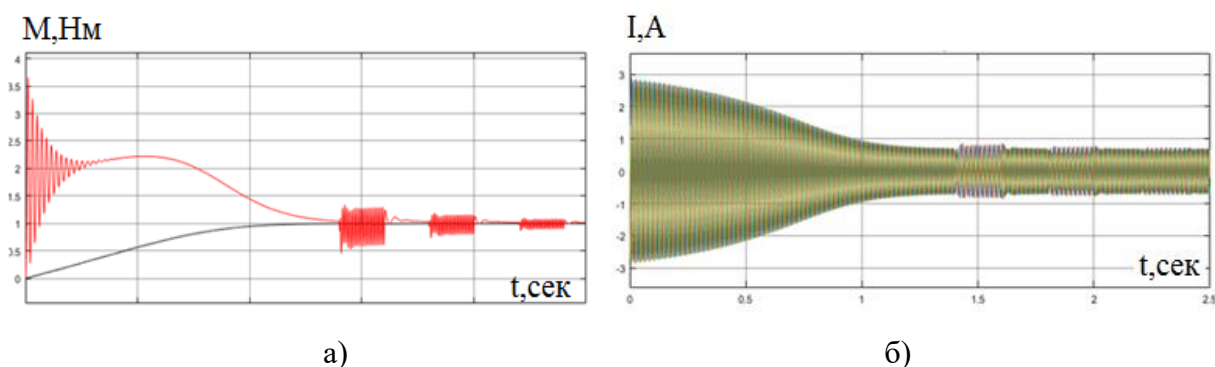


Рисунок 7 – Перехідні процеси електромагнітного моменту, струмів статора АД 4AA56A2Y3 з вентиляторним навантаженням

Так як в роботі розглядається вплив несиметрії джерела живлення на роботу АД, то за допомогою блоку «Генератор ступеневого сигналу» **Step** була реалізована амплітудна несиметрія джерела живлення (ДЖ) за рахунок зміни напруги фази С двигуна на інтервалі часу від 1,4 – 2,4 сек. відповідно на 20%, 10%, 5%.

В якості параметрів несиметрії напруги мережі прийнято використати: коефіцієнт несиметрії зворотної послідовності за напругою K_{2U} та струму K_{2I} :

$$K_{2U} = \frac{U_2}{U_1} \cdot 100\%, \quad K_{2I} = \frac{I_2}{I_1} \cdot 100\%,$$

де U_2 - значення напруги зворотної послідовності; U_1 - значення напруги прямої послідовності; I_2 - значення струму зворотної послідовності; I_1 - значення струму прямої послідовності. При моделюванні значення симетричних складових різних послідовностей напруг (U_1, U_2) и струмів (I_1, I_2), необхідних для визначення відповідних коефіцієнтів визначались за допомогою ФССН та ФССС.

Завдяки наявності ФСС були отримані графіки зміни симетричних складових струму та напруги в усталеному режимі при різних режимах несиметрії джерела (рис.8). Можна побачити, що при симетричному режимі роботи джерела живлення відсутні зворотні симетричні складові струму та напруги, при несиметрії зворотні складові струму и напруги збільшуються, а прямі – зменшуються, також збільшується амплітуда коливання електромагнітного моменту.

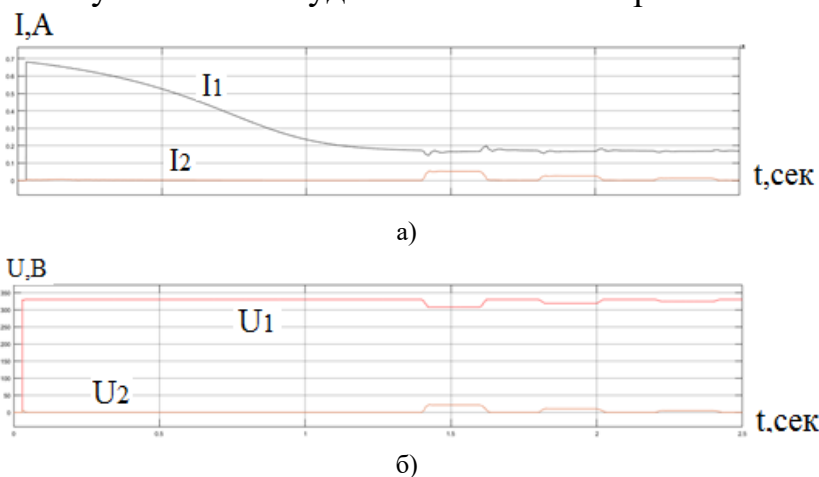


Рисунок 8 – Симетричні складові (пряма- I_1 , зворотна - I_2) струму (а) та напруги (пряма - U_1 , зворотна - U_2) (б) АД

За допомогою блоків моделі було отримано графіки зміни коефіцієнтів несиметрії по напрузі K_{2U} на інтервалі часу від 1,4 – 2,4 сек., а також відповідна йому зміна коефіцієнту несиметрії зворотної послідовності по струму K_{2I} .

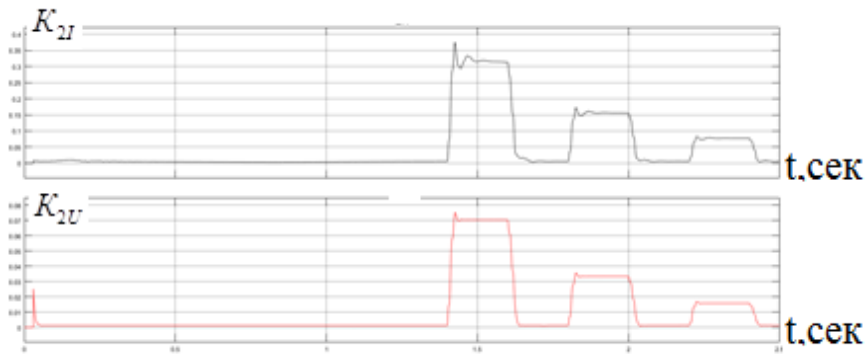


Рисунок 9 – Залежність коефіцієнтів несиметрії зворотної послідовності за напругою K_{2U} (а) та струму K_{2I} (б) при зміні напруги фази С двигуна відповідно на 20%, 10%, 5%.

За даними рис.9 визначено, що коефіцієнту несиметрії $K_{2U} = 7\%$ (інтервал часу від 1,4 – 1,6 сек.) відповідає коефіцієнт несиметрії $K_{2I} = 32\%$; коефіцієнту несиметрії $K_{2U} = 3,3\%$ (інтервал часу від 1,8 – 2 сек.) відповідає коефіцієнт несиметрії $K_{2I} = 15\%$; коефіцієнту несиметрії $K_{2U} = 1,5\%$ (інтервал часу від 2,2 – 2,4 сек.) відповідає коефіцієнт несиметрії $K_{2I} = 8\%$. Як показали отримані результати, незначне зростання коефіцієнту несиметрії за напругою викликає значне збільшення коефіцієнту несиметрії за струмом. Зміна величини струмів в обмотках (рис.9) може перевищити номінальні величини, що призведе до перегріву обмоток понад максимально допустимої температури і скороченню ресурсу ізоляційних матеріалів обмоток.

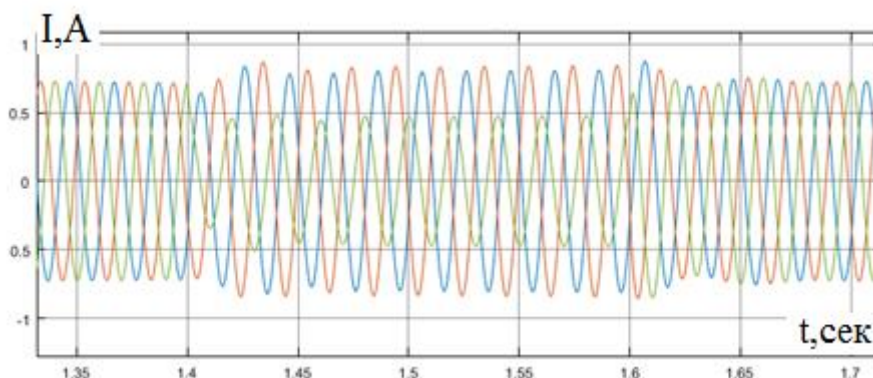


Рисунок 9 – Струми статору АД 4АА56А2У3 на інтервалі часу від 1,4 – 1,6 сек. при коефіцієнті несиметрії $K_{2U} = 7\%$

Метод еквівалентних теплових схем дає можливість побудувати достатньо точну та зручну модель теплових процесів, які протікають в електричній машині.

В цьому методі багатовимірні потоки розглядаються як результати взаємодії одновимірних потоків, кожен з яких у визначеному напрямку чинить тепловий

опір. При цьому вважаються аналогічними теплові і електричні потоки, що основане на єдиній формі теплообміну (закон Фур'є)

$$p = \frac{\lambda \cdot S_{cp} \cdot \Delta T}{\delta} = \Lambda \cdot \Delta T,$$

де λ - коефіцієнт теплопровідності;

S_{cp} - площа теплопередавальної поверхні;

ΔT - падіння температури на довжині δ ;

Λ - теплова провідність,

та електричного струму (закон Ома)

$$I = \frac{\gamma \cdot S \cdot \Delta U}{l} = G_e \cdot \Delta U,$$

де γ - питома електрична провідність;

ΔU - падіння напруги на довжині провідника з перерізом S ;

G_e - електрична провідність.

Джерелам теплової енергії в еквівалентній тепловій схемі відповідають джерела струму в електричних схемах.

Прийняв в ролі вихідного параметра, що характеризує тепловий стан машини, струм I через обмотку двигуна за допомогою моделі було отримано розрахунок теплопритоку Q_{CYMM} , який створюється виключно за рахунок струмів статора без урахування ряду факторів, які впливають на величину тепловтрат або теплопостачання.

У середовищі Simulink було створено блок розрахунку теплопритоку (рис.10), згідно з формулою (1):

$$Q_{CYMM} = R_s \sum_1^3 I_{Si}^2 + R_r \sum_1^3 I_{ri}^2 = R_s (I_{SA}^2 + I_{SB}^2 + I_{SC}^2) + R_r (I_{rA}^2 + I_{rB}^2 + I_{rC}^2) \quad (1)$$

де R_s - опір обмотки статора; R_r - опір обмотки ротора; I_s, I_r - відповідно струми обмоток статора і ротора.

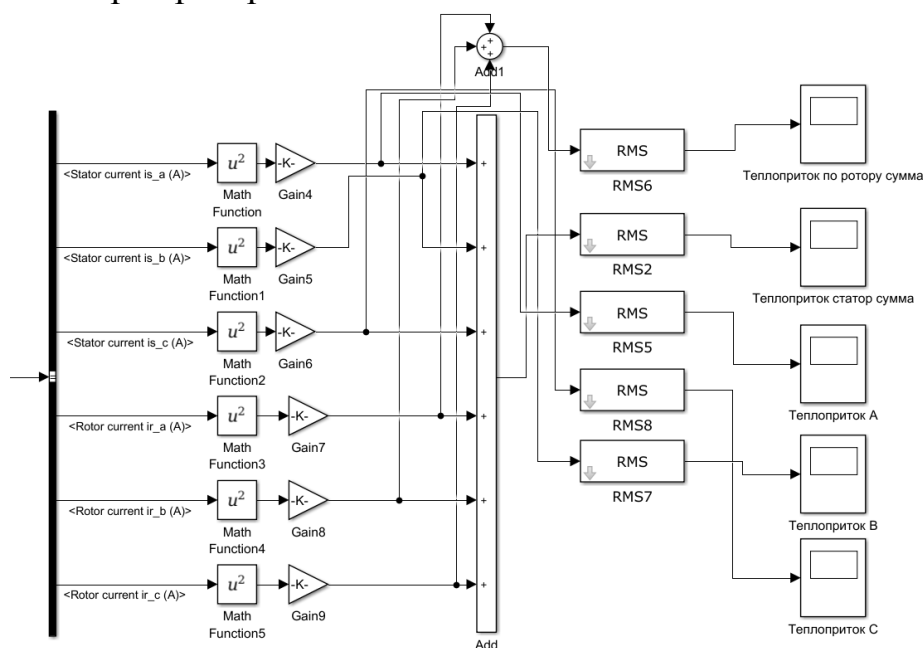


Рисунок 10 – Блок моделі для розрахунку теплопритоку АД

За допомогою даного блоку можна оцінити теплоприток по трьом обмоткам статора та ротора двигуна разом, або по кожній з обмоток статора окремо при різних коефіцієнтах несиметрії ДЖ.

Таблиця 1 – Розрахунок теплопритоку АД

№	U_A	U_B	U_C	Q_A	Q_B	Q_C	Q_{CYMM}	$K_{2U} \%$	$K_{2I} \%$
	В	В	В	Вт	Вт	Вт	Вт		
1	220	220	220	16.5	16.6	16.6	51.35	0	0.085
2	200	205	210	15,5	16,5	19	55	1,35	6,8
3	190	220	210	10.7	21.9	19.8	58.2	4.2	20
4	200	235	230	9.3	21.5	23	59	4.9	25.1
5	190	210	230	11	16.4	27	61	5.4	27
6	190	200	240	13	13	31	67	7.2	35.8

Графік залежності $Q_{CYMM} = f(K_{2U})$ (рис.11) показує зростання теплопритоку двигуна при збільшенні коефіцієнту несиметрії ДЖ. При $K_{2U} = 100\%$ (обрив фази статора) теплоприток Q_{CYMM} має максимальне значення.

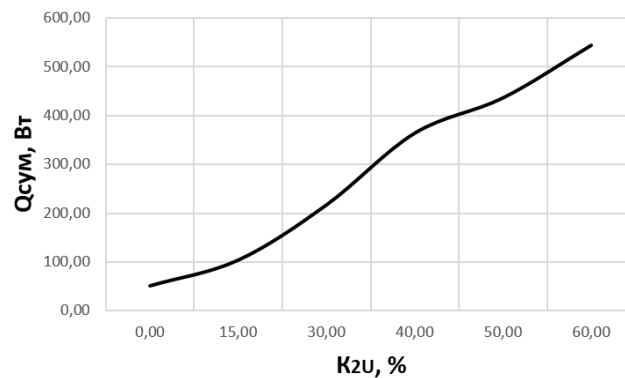


Рисунок 11 – Графіки залежності $Q_{CYMM} = f(K_{2U})$

Отримані результати моделювання будуть перевірені на адекватність методами експериментальних досліджень на створеному експериментальному стенді, електрична принципова схема якого наведена на рис.12.

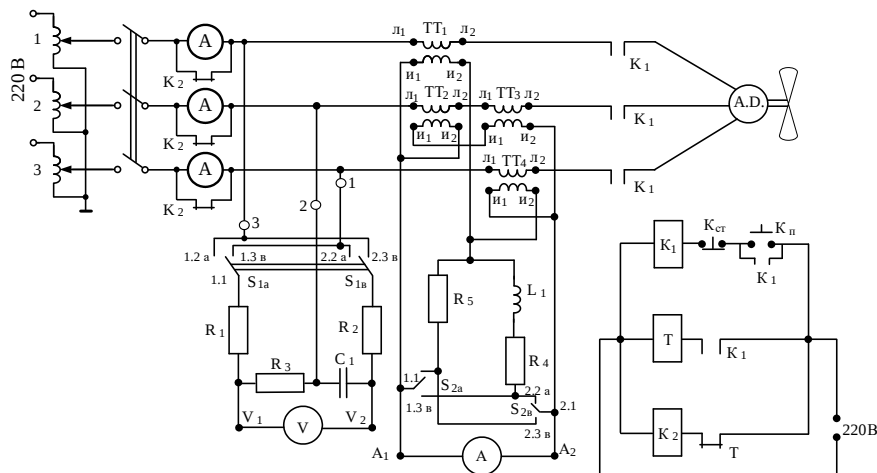


Рисунок 12 – Схема електрична принципова для дослідження роботи АД при різних видах несиметрії з боку джерела живлення та двигуна.

На рис.13 представлено стенд для проведення експериментальних досліджень роботи АД при несиметрії джерела живлення.



Рисунок 13 – Лабораторний стенд для дослідження несиметричних режимів роботи АД

Висновки: Аналіз результатів моделювання дозволив зробити наступні висновки: створена імітаційна модель «Мережа – ФССН – ФССС – АД» дозволяє оцінити вплив несиметрії ДЖ на роботу асинхронного електродвигуна. Несиметричні режими роботи мережі впливають як на амплітудне значення струмів статора, так і на їх кут зсуву фази. Вплив несиметрії напруги живлення на динамічні механічні характеристики асинхронного електродвигуна виражається в першу чергу збільшенням амплітуди коливань динамічного електромагнітного моменту, що негативно впливає на роботу як електродвигуна, так і механічної частини електроприводу. Аналіз сумарного та пофазного теплопритоків підтвердив, що навіть невеликий рівень несиметрії напруги на затискачах АД, внаслідок низького опору їх зворотній послідовності, призводить до значного збільшення втрат активної потужності і як наслідок к перегріву двигуна.

ЛІТЕРАТУРА

1. Повелица Д. М., Ивченков Н. В., Кутковой И. П. Исследование влияния несимметричных режимов на работу асинхронного электродвигателя в программном пакете Matlab Simulink. Научный вестник ДГМА, № 3 (21Е), 2016. 149 – 155 с.
2. Качество электрической энергии на судах: Справочник. /В.Х. Шейникович, О.Н. Климанов, Ю.И. Пайкин, Ю.Я. Зубарев. – Л.: Судостроение, 1988. – 160 с.: ил.
3. Константинов В.Н. Системы и устройства автоматизации судовых электроэнергетических установок. – 2-е изд., перераб. и доп. – Л.: Судостроение, 1988. – 312 с., ил.
4. Коваленко, П.В. Основные показатели несимметрии напряжений в электрических сетях / П.В. Коваленко // Известия вузов. Электромеханика. – 2008. – №3. – С. 62-65.
5. Суворов И. Ф., Сидоров А. И., Хромов С. В. Исследование влияния несимметрии линейных напряжений в сетях напряжением до 1000 В на режимы работы асинхронных электродвигателей. Электро № 3, – 2015. – №3. – С. 17-30.
6. Пинчук О.Г. Защита от тепловых перегрузок обмоток асинхронных двигателей при несимметрии питающего напряжения / Пинчук О.Г. Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія: «Електротехніка і енергетика», випуск 7 (128). - Донецьк, 2007. - С. 193 - 196.

**SETS OF OPTIMAL WAVEFORM AND MISMATCHED FILTER
PAIRS INVESTIGATION WITH CONSIDERATION DOPPLER SHIFT FOR
MARINE RADAR**

V.M. Koshevyy – Dr. of Science, Professor
V.V. Dermenzhi – student

Radar waveform (signal) and mismatched-filter optimization is an important problem for efficient extraction of target returns from interfering reflections (from clutter) and noise. In [1] methods were developed for joint waveform and filter optimization for clutter suppression under additional constraints on range resolution power anti signal-to-noise ratio losses with respect to the matched filter. Constraints on the fixed shape of the optimized waveform amplitude-modulation and the generally different waveform and filter memory and bandwidth, have been also considered in [1].

Nowadays the necessity of marine radar design with using pulse compression waveforms exists, allowing to reduce significantly the peak power of radiation and thus to improve the working conditions of seafarers and electromagnetic compatibility with other vessel's devices. There are two main tasks of radar: detecting a target and determining its range. Fairly early range has expended to include direction to the target and radial velocity between the radar and the target. Application of pulse compression waveforms gives the possibility remove many of constraints, providing executive new tasks: increasing the range of radar operation under limited transmitter peak power; improving detectability small-size targets on the background sea surface by mean increasing Doppler selectivity. Extraction of signals from interfering reflections is very important for such kind of radar waveform and filter design. The quality of such extraction significantly depends from range-velocity distribution of interfering reflections [2, 3, 4]. The problem of the mismatched filter and waveform design that maximizes the signal-to-noise-plus-clutter ratio at the receiver filter output has been formulated and addressed in [5-12]. Mismatched filtering may causes degradations in signal-to-white noise ratio. In [11] the method of a filter optimization which maximizes the signal-to-noise ratio under additional quadratic constraints was developed. In [1] the methods of joint optimization signal and filter for interfering reflections suppression under additional constraints on range resolving performance, signal-to-noise ratio losses and given amplitude modulation of signal with different limitations on the memory and the width of the pass band of the filter were developed.

The signals and filters design technique presented in [13] is extension of methods [1] to the case of waveforms and filters sets with group-complementary properties, which are optimized simultaneously. In this work we consider discrete signals and the optimizing discrete filters for cases electronically scanning antenna and me-

chanical scanning rotating antenna. The method of filter optimization, considering Doppler shift of signal for both cases, is suggested.

CONCLUSIONS

Joint optimization of waveform-filter sets for radar clutter rejection under additional constraints, including group-complementary properties, has been suggested. Methods of selecting the waveforms to be used for initialization of the proposed iterative optimization routine have been also developed. These methods have their own significance and may be used for constructing new waveform-filter group-complementary arrays. An important necessary condition on group-complementary waveform-filter sets that allows for the narrowing of the search for appropriate waveforms has been specified. It has been demonstrated that, for the matched filter case, this condition coincides with the Golay's necessary condition. The complementary properties of waveform sets, constructed by M-sequence circular shifts, have been analytically proven and extended for others classes of waveforms. The connection was established between the properties of aperiodic cross-correlation functions of waveform sets constructed by their circular shifts with the corresponding properties of their periodic cross-correlation functions. New methods for waveform-filter arrays construction, with group-complementary properties, were suggested for the mismatched case. It was shown, that the signal-to-noise losses for the group-complementary waveform-filter array constructed by a circular shift are equal to the losses of a single waveform-filter pair of the set. It was suggested that multiphase compound waveforms may also be used for the construction of group-complementary waveform-filter arrays with additional clutter rejection properties for a given area on the Doppler-range plane.

This paper demonstrated the efficiency of filter synthesis under additional constraints with group-complementary properties. It was shown that signal-to-noise ratio losses decrease with increasing memory of optimizing filters in set.

Approaches for the construction of new sets of signals and filters on the base of known sets of signals and filters with complementary properties were suggested for different kind of antenna scanning.

The counting of filters, which provides the tolerance for Doppler shifts of signal are also suggested.

REFERENCES

1. V.M. Koshevyy and M.B. Sverdlik, "Synthesis of signal-filter pair under additional constraints," *Radio Engineering and Electronics*, vol. 21, no. 6, pp. 1227-1234, 1976.
2. Marine radar. Edited by V.I. Vinokurov. (In Russian) - L. Sudostroenie, 1986.
3. Radar Handbook. Editor-In-Chief M.I. Skolnik. - McGraw-Hill Book Company, 1970.
4. N. Levanon, E. Mozeson. Radar Signals. Wiley-Interscience, 2004.
5. W.D. Rummler. "Clutter Suppression by Complex Weighting of Coherent Pulse Trains." *IEEE Trans. on AES*. Vol. AES-2. No.6. pp. 810-818. Nov.1966.
6. W.D. Rummler. "A Technique for Improving the Clutter Performance of Coherent Pulse Train Signals." *IEEE Trans. on AES*. vol. AES-3. No.6. pp. 898-906. Nov. 1967.
7. D.F. Delong, Jr. and E.M. Hofstetter. "On the Design of Optimum Radar Waveforms for Clutter rejection." *IEEE Trans. on IT*. Vol. IT-13. No.3. pp. 454-463. July 1967.
8. L.J. Spafford. "Optimum Radar Signal Processing in Clutter." *IEEE Trans. on IT*. Vol. IT-14. No.5. pp. 734-743. Sept. 1968.

9. C.A. Statt and L.J. Spafford. "A "Best" Mismatched Filter Response for Radar Clutter Discrimination ." IEEE Trans. on IT. vol. IT-14. No. 2. pp. 280-287. Mar. 1968.
10. V.T. Dolgochub and M.B. Sverdlik. " Generalized v-filters." Radio Engineering and Electronic Physics. Vol. 15. pp.147-150. January 1970.
11. Y.I. Abramovich and Sverdlik. "Synthesis of a filter which maximizes the signal-to-noise ratio under additional quadratic constraints." Radio Engineering and Electronic Physics. vol. 15. pp. 1977-1984. Nov. 1970.
12. P. Stoica, J. Li, M. Xue. "Transmit Codes and Receive Filters for Pulse Compression Radar Systems." IEEE Signal Processing Mag. vol. 25. no. 6. pp. 815-845. Nov. 2008.
13. V.M. Koshevyy. "Synthesis of Waveform-Filter pairs under Additional Constraints with Group-Complementary Properties" IEEE, Radar Conference 2015, May 2015, Arlington, VA (USA), pp.0616-0621.
14. V.M. Koshevyy. "Efficiency of Filter Synthesis under Additional Constraints with Group-Complementary Properties" IEEE, 2016 International Conference "Radioelectronics & InfoCommunications" (UkrMiCo), September 11-16, 2016, Kiev, Ukraine, pp. 978-982

УДК 621.3

ОСОБЛИВОСТІ ПОБУДОВИ МЕРЕЖІ ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ НА ОСНОВІ LTE

О.В. Шишкін доцент
Н.І. Маркевич курсант
Національний Університет «Одеська Морська Академія»

В епоху бурхливого розвитку і конвергенції інформаційних і телекомунікаційних технологій, покликаних прискорювати розвиток світової економіки і суспільства, особливу увагу приділено бездротовому зв'язку. За допомогою технологій бездротового зв'язку вже сьогодні може бути реалізовано одна з вимог глобального інформаційного суспільства - надання користувачеві можливості доступу до інформації в будь-якій точці світу в потрібний момент часу.

Різноманітність стандартів з безліччю додатків, змішаних бездротових мереж, а також застосування сучасних мережами різних протоколів взаємодії, управління та обслуговування створюють необхідність у формуванні мобільних універсальних мультимедійних технологій передачі інформації, спрямованих на надання універсальних послуг зв'язку, тобто на організацію мобільного ширококосмгового доступу, стимулом для впровадження якого є підвищення ефективності використання радіочастотного спектра.

Основні тенденції, що визначають перспективи розвитку телекомунікацій, зосереджені на розвитку бездротових мереж четвертого покоління.

LTE[1] (буквально з англ. Long-Term Evolution - довготривалий розвиток, часто позначається як 4G LTE) - стандарт бездротової високошвидкісної передачі даних для мобільних телефонів і інших терміналів, що працюють з даними. Він заснований на GSM / EDGE і UMTS / HSPA мережевих технологіях, збільшуючи пропускну здатність і швидкість за рахунок використання іншого радіо

інтерфейсу разом з поліпшенням ядра мережі. Стандарт був розроблений 3GPP (консорціум, який розробляє специфікації для мобільної телефонії) та визначено в серії документів Release 8, з незначними поліпшеннями, описаними в Release 9.

Удосконалення GSM[2](Global System for Mobile Communications- Глобальна система мобільного зв'язку) направлено на збільшення продуктивності, особливо в питаннях передачі даних. Як найбільш оптимальні розглянуті технології передачі даних GPRS(General Packet Radio Service- Загальний пакет послуг радіозв'язку) і EDGE(Enhanced Data rates for GSM Evolution- Підвищена швидкість передачі даних для GSM Evolution), звані технологіями другого з половиною покоління. Стандарт WCDMA(Wideband Code Division Multiple Access- Широкосмуговий множинний доступ до коду розділу), покладений в основу мереж UMTS[2](Universal Mobile Telecommunications System- Універсальна система мобільної телекомунікації). Розширення можливостей UMTS-мереж за рахунок використання HSDPA-рішень(High-Speed Downlink Packet Access- Пакетний доступ до високошвидкісної низхідної лінії зв'язку). В роботі відображена специфіка впровадження технології LTE за рахунок перерозподілу і конверсії спектру.

Сімейство технологій HSPA[2](High Speed Packet Access-Швидкісний пакетний доступ) є одним з перехідних етапів міграції до технологій мобільного зв'язку четвертого покоління (4G). Ухвалення версії Rel 8 специфікації 3GPP відкрило можливість переходу з технологій HSPA на новий щабель еволюційного розвитку - технологію, звану «еволюція в довгостроковій перспективі / еволюція системної архітектури» (Long Term Evolution / System Architecture Evolution, LTE / SAE)[3], спрямованої на широкосмуговий мобільний доступ .

Застосування технології LTE дозволяє забезпечити максимальну теоретичну швидкість передачі даних до 14,4 Мбіт / с з можливістю дискретного розширення робочої смуги радіочастот від 1,4 до 20 МГц. Технологія LTE / SAE, що є еволюційним продовженням стандарту UMTS, має істотні переваги, і є першою єдиною визнаною провідними світовими операторами для застосування в мережах зв'язку наступного покоління NGMN[3] (Next Generation Mobile Networks- Мобільні мережі наступного покоління). Послідовний розвиток розглянутих технологій передачі даних показано на рисунку.

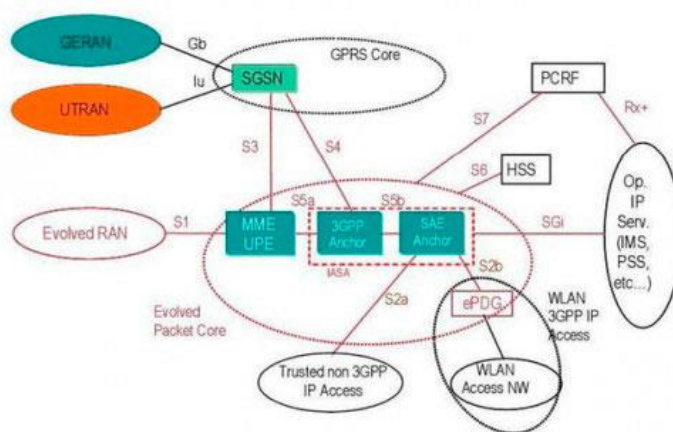


Рисунок 1 – Послідовний розвиток технологій передачі даних

ЛИТЕРАТУРА

1. Блайич Т. Эволюция радиосети доступа в мобильных системах третьей генерации / Т. Блайич // Ericsson Nikola Tesla Revija. – 2006. – № 2. – С. 208
2. Биккенин Р. Р. Теория электрической связи: учебное пособие для студ. высших учебных заведений / Р. Р. Биккенин, М. Н. Чесноков. — М.: Издательский центр “Академия”, 2010. — 336 с.
3. <http://techforum.apointl.org/wp-content/uploads/1I-Thorlin-GDMS.pdf>

УДК 621

RADAR RADIATION PATTERN LINEAR ANTENNAS ARRAY WITH CONTROLLING VALUE OF DIRECTIVITY COEFFICIENT

V.M. Koshevyy, PhD, Professor
A.A. Shevchenko, assistant
National University “Odessa Maritime Academy”

The modern radars are high-powered technical means of navigation and take important part to ensure maritime safety. But they have high ship's antenna reception diagram side lobes level. It's lay to deterioration of radar angle and range resolution, especially when big and small vessel are situated on the same distance and have azimuth angle's close value. The reaching of antenna pattern side lobes required suppression level may be with the simple methods by using the arrays with limited number of tunable weight coefficients of spatial filter (antenna array elements), for example, when there are only two of such tunable weight coefficients.

In this case all of the receiving antenna array of spatial filter's weights coefficients W_i of the processing, except two (first and last : W_1, W_N), are fixed (selected under the condition of providing the required antenna pattern side lobe's level) ($W_2; W_3; \dots; W_{N-1}$). Value of the two tunable weights coefficients are selected for carried out the condition of providing zero values in two points (θ_1, θ_2) of the reception pattern.

In this paper we consider the different weight functions effect on reception diagram, which allow to transform the reception diagram properties.

The expression for the tunable weight coefficient in this case has the next form:

$$W_n^{(1)} = \sin \left[\pi \left(\frac{y}{N+1-2} + \frac{n-2}{N+z-2} \right) \right], \quad (5)$$

$$W_n^{(2)} = \left[\sin \left[\pi \left(\frac{y}{N+1-2} + \frac{n-2}{N+z-2} \right) \right] \right]^2, \quad (6)$$

where: $n=2:N-1$; $y=1: \frac{N-2+1}{2}$; $z = \frac{2y(N-2)-(N-2+1)}{N-2+1-2y}$

We can regulate the main lobe widening by parameter ‘y’. The more value of parameter ‘y’, the less main lobe widening.

The reception diagrams side lobes suppression in given points, calculated by (5) are shown on figures 1-2.

Losses in antenna's directivity described by the next expression:

$$\rho = \frac{|G(0)|^2}{N_1 * \sum_{n=1}^N |W_n|^2}. \quad (7)$$

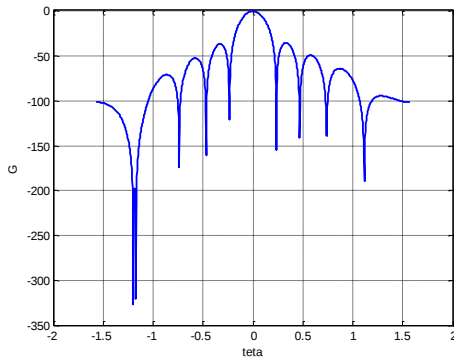


Figure 8. The reception diagram side lobes suppression in points:

$$\theta_1 = -1.2001, \theta_2 = -1.1718, \rho = -0.4235, dB, y=3 (W_n^{(1)})$$

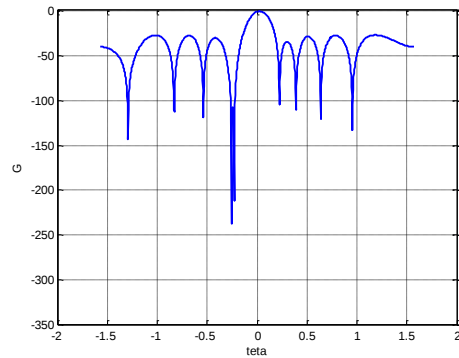


Figure 9. The reception diagram side lobes suppression in points:

$$\theta_1 = -0.2576, \theta_2 = -0.2293, \rho = -7.4690, dB, y=3 (W_n^{(1)})$$

As we can see, the suppression in case of (5) is high enough, and the side lobes level between the suppressed points not high (about – 100 dB). So, we can correct the regulated part of reception diagram by different weights functions. This approach doesn't require the implementation of numerical optimization procedures as were described in [1].

Conclusions. In this paper linear antenna array design capable of obtain the given side-lobe suppression with controlled value of directivity coefficient is suggested. The approach is simple enough for calculations and does not require the implementation of numerical optimization procedures. It's very useful for practical implementation, when it's necessary to get the given side lobes suppression.

REFERENCES

1. V. Koshevyy, A. Shevchenko, 2016, The research of non-tunable part of antenna array amplitude distribution for side lobes suppression efficiency. 2016 International Conference Radio Electronics & Info Communications (UkrMiCo'2016), National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute", Kyiv, Ukraine, pp. 156 – 160.
2. V. Koshevyy, V. Lavrinenko, 1981, The target's selection on based on the discrete structure with a minimum quantity of controlled elements. «Izvestia VUZ. Radioelektronika», t. 24, №4, pp. 105 – 107.
3. V. Koshevyy, A. Shershnova, 2013, The formation of zero levels of Radiation Pattern linear Antennas Array with minimum quantity of controlling elements, Proc. 9 Int. Conf. on Antenna Theory and Techniques (ICATT-13), Odessa, Ukraine, pp.264-265.
4. V. Koshevyy, M. Sverdlik, 1974, About the possibility of full side lobes level suppression of ambiguity function in the given area. – «Radio Eng. Electron. Phys.», t. 19, № 9, pp. 1839 – 1846.
5. V. Koshevyy, V. Lavrinenko, S. Chuprov, 1975, The efficiency of quasi-filter analysis. «REPORT », VIMI. №2, – p. 7.

6. Y. Shirman, V. Mandjos, 1981, Theory and technics of radar information processing under interferences. M. Radio I Svyaz, – 416с.
7. V. Koshevyy, 1982, Moving target systems indication synthesis with the inverse matrix size restrictions. - «Izvestia VUZ. Radioelectronika», т.25, № 3, С. 84-86.

УДК 621.3

ВИКОРИСТАННЯ ШИРОКОСМУГОВИХ СИГНАЛІВ В СУПУТНИКОВИХ СИСТЕМАХ МОРСЬКОГО РАДІЗВ'ЯЗКУ

О.В. Шишкін, доцент

С.С. Ліщенко, курсант

Національний університет «Одеська морська академія»

Широкополосними (складними, шумоподібними) (Spread Spectrum) сигналами (ШПС) називають такі сигнал, у котрих добуток активної ширини спектру F на тривалість T набагато більше одиниці [1]. Цей добуток називається базою сигналу B Для ШПС

$$B = F * T \gg 1$$

Широкополосними сигналами іноді називають складними на відміну від простих сигналів (наприклад, прямокутні, трикутні и т.д.) з $B \approx 1$. Оскільки у сигналів з обмеженою тривалістю спектр має необмежену протяжність, то для виявлення ширини спектру використовують різноманітні методи та прийоми.

Підвищення бази в ШПС досягається шляхом додаткових модуляцій (або маніпуляцій) по частоті або фазі на час тривалості сигналу. В результаті, спектр сигналу F (при збереженні його тривалості T) суттєво розширюється. В системах зв'язку з ШПС ширина спектру випромінюваного сигналу F завжди набагато більше ширини спектра інформаційного повідомлення.

ШПС отримали застосування в широкополосних системах зв'язку (ШПСС), так як:

- дозволяють в повній мірі реалізувати переваги оптимальних методів обробки сигналів;
- забезпечують високу завадостійкість зв'язку;
- дозволяють успішно боротися з багатопроменевим розповсюдженням радіовипромінювання за допомогою поділу радіусів;
- допускають одночасну роботу багатьох абонентів у загальному діапазоні частот;
- дозволяють створювати системи зв'язку з підвищеною скритістю;
- забезпечують електромагнітну сумісність (ЕМС) ШПСС з вузькополосними системами радіозв'язку та радіомовлення, системами телевізійного мовлення;
- забезпечують краще використання спектру частот на обмеженій території за порівняно з вузькополосними системами зв'язку.

Повною мірою широкополосні сигнали використовують в супутникових системах зв'язку ГМЗЛБ Inmarsat BGAN BroadBand

Завдяки широкополосному сигналу система зв'язку може передавати до 500кбіт/с

Глобальна система зв'язку Inmarsat BGAN (англ. Broadband Global Area Network — глобальна широкополосна мережа) включає супутники нового 4-го покоління та берегові земні станції, які пропонують розділяємий пакетний IP-канал зі швидкістю доступу до 492 Кбіт / с (швидкість може бути різною, залежно від моделі терміналу) або потоковий IP-канал зі швидкістю від 32 до 256 Кбіт / с (також залежить від моделі терміналу). Деякі термінали також надають послуги мобільного ISDN зі швидкістю 64 Кбіт / с або, навіть, низькошвидкісний (4,8 Кбіт / с) голосовий сервіс. В даний час, BGAN-сервіс доступний в Індійському Океанському Регіоні (IOR) і Атлантичному Океанському Регіоні (AOR). Запуск сервісу в Тихоокеанському Регіоні (POR) запланований на 2007 рік. В якості наземного елемента в цілі передачі даних мережі Inmarsat BGAN використовуються мобільні термінали, по ресурсам яких користувач [3]

Глобальна супутникова система зв'язку Iridium На даний момент запущено і знаходиться в активному стані 66 супутників Iridium, їх кількість планується довести до 77. На відміну від всіх інших операторів супутникового зв'язку, тільки сателіти iridium знаходяться в русі, всі інші висять над одними і тими ж точками Землі (геостаціонарні супутники) .

Покриття супутниковим сигналом - глобальне, навіть захоплені шапки полюсів. [4]

ЛІТЕРАТУРА

1. Ипатов В.П. Кодовое разделение сигналов.
2. Stojče Dimov Ilčev Global Mobile Satellite Communications Theory For Maritime, Land and Aeronautical Applications Second Edition By Stojče Dimov Ilčev (Стойчо Димов Илчев) Durban University of Technology (DUT) Durban, South Africa Springer, 2017 652с.
3. Wikipedia <https://ru.wikipedia.org/wiki/Inmarsat>
4. Wikipedia <https://ru.wikipedia.org/wiki/Иридиум>

УДК 621.396.969.3

АНАЛИЗ СВОЙСТВ ФУНКЦИИ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ СОСТАВНЫХ МНОГОФАЗНЫХ СИГНАЛОВ С ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ АМПЛИТУДНОЙ МОДУЛЯЦИЕЙ

Е.Л. Пашенко, ассистент
Национальный университет «Одесская морская академия»

В данной работе были рассмотрены сигналы для радиолокационных станций (РЛС), работающих в непрерывном и квазинепрерывном режиме. Данный тип сигналов, а именно составные многофазные сигналы, позволяют уменьшить импульсную мощность излучения, увеличить ресурс работы рада-

ров, облегчают требования к тепловому режиму передающего тракта. Кроме этого такие сигналы позволяют реализовать не только хорошие разрешающие способности РЛС по скорости, но и обеспечивают хорошее разделение сигналов по дальности.

Была рассмотрена и проанализирована структура функции неопределенности (ФН) составных многофазных сигналов. При использовании таких сигналов без дополнительной амплитудной модуляции (АМ) уровень боковых лепестков (БЛ) в свободной области (СО) недостаточно мал. Были рассмотрены два варианта понижения БЛ ФН в СО, но каждый из них имеет свои достоинства и недостатки:

1) использовании рассогласованной обработки, при которой понижение БЛ связано с потерями в отношении сигнал/шум и расширением центрального пика (ЦП) ФН [1, 2, 3];

2) введением весовой обработки в сигнал и фильтр в рамках согласованной обработки, то есть использование составных многофазных сигналов с дополнительной АМ [4, 5].

На рис. 1 в верхней левой части рисунка изображено тело ФН в окрестности ЦП для сигнала с количеством импульсов базовой $N_B=18$ и внешней $N_V=17$ последовательности. Ниже располагаются сечения ФН вдоль оси задержек для различных значений дискретных Допплеровских частот ($l=0$; $l=1$; $l=2$; $l=3$; $l=4$) в СО в окрестности ЦП ФН.

В верхней правой части рисунка приведен закон фазовой модуляции составного многофазного сигнала. Ниже приведена автокорреляционная функция (АКФ) (сечение ФН плоскостью $l=0$) на всей ее протяженности. Еще ниже приведены сечения ФН плоскостями параллельными оси Допплеровских частот ($k=0$; $k=1$; $k=2$; $k=3$).

Проведенные расчеты показали, что уровень БЛ значительно уменьшается в периодическом режиме работы РЛС при использовании составных многофазных сигналов с дополнительной АМ. При этом увеличивается незначительно площадь топографического сечения ЦП. С увеличением u_B и u_V (параметры определяющие закон изменения весовой функции для базовой и внешней последовательности составного многофазного сигнала соответственно) значение пик-фактора уменьшается.

Нашей задачей являлось исследование влияния пик-фактора сигнала на поведение тела ФН сигнала. В случае, когда $u_V=u_B \geq 3$ тело ФН имеет более высокий средний уровень БЛ в СО.

Было доказано, что составной многофазный сигнал при $N_B=18$, $N_V=17$, имеет меньший уровень БЛ ФН, чем сигнал состоящий $N_B=18$, $N_V=18$.

Таким образом, проведен анализ тела ФН аperiodического и периодического составных многофазных сигналов с дополнительной АМ. Уровень БЛ ФН вокруг ЦП примерно одинаков в обоих случаях. Но периодический составной многофазный сигнал показал более низкий уровень БЛ по всей протяженности АКФ ($l=0$).

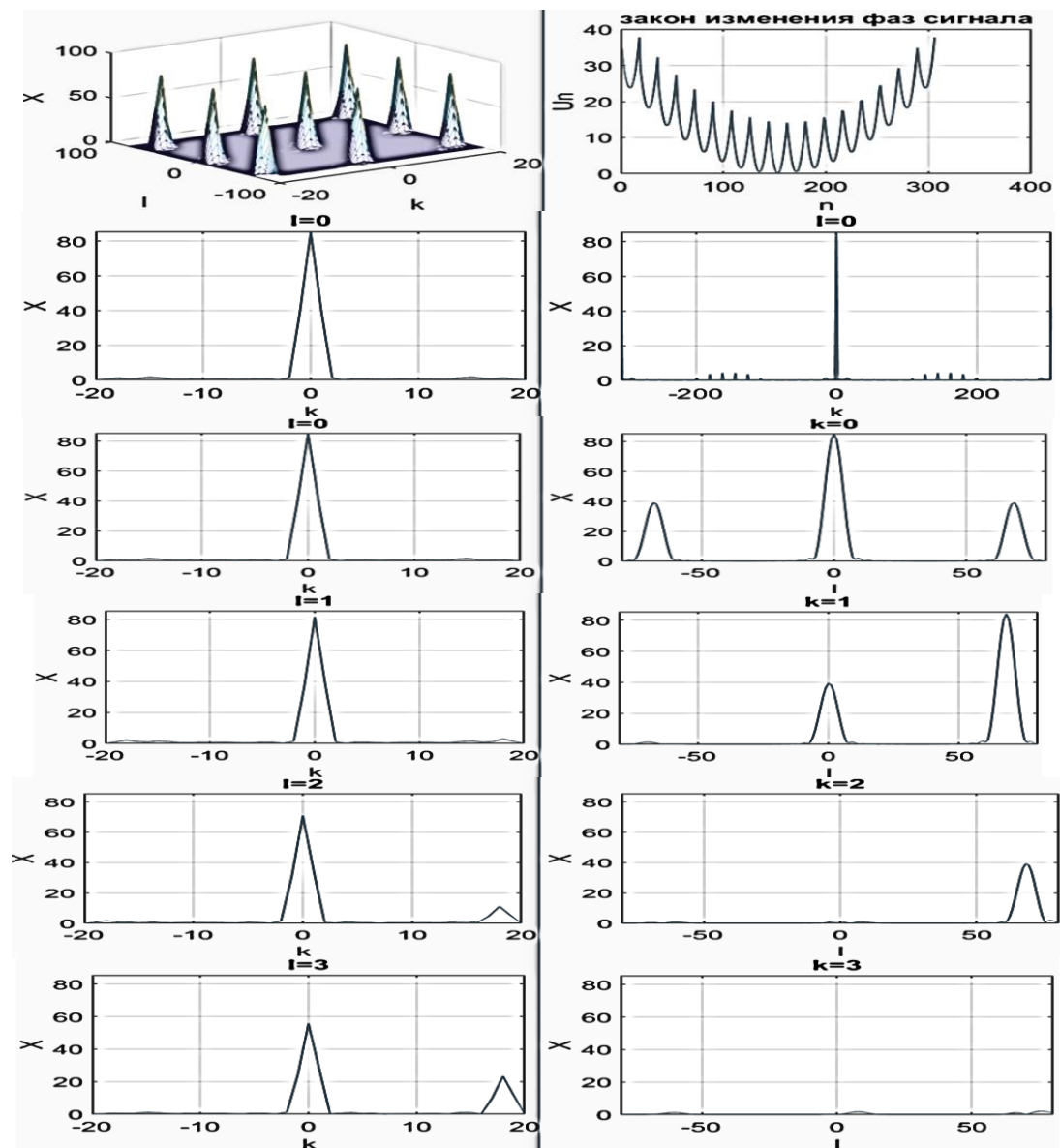


Рисунок 1 – Тело ФН периодического составного многофазного сигнала ($N_B=18$, $N_V=17$) с дополнительной АМ с весовыми коэффициентами $\sin(u_B = u_V = 1)$

ЛІТЕРАТУРА

1. Koshevyy V.M. Synthesis of Waveform-Filter pairs under Additional Constraints with Group-Complementary Properties // IEEE, Radar Conference 2015. - May 2015. -Arlington, VA (USA). P. 0616 - 0621.
2. Кошевой В.М. Синтез составных многофазных сигналов // Изв. высш. учебн. заведений. Радиоэлектроника. - 1988. - Том 31. - № 8. - С. 56 - 58.
3. Кошевой В.М., Купровский В.И. Исследование свойств составных многофазных сигналов // Изв. высш. учебн. заведений. Радиоэлектроника. - 1991. - №8. - С. 63 - 66.
4. Кошевой В.М., Пашенко Е.Л. Анализ аperiodических многофазных сигналов с дополнительной амплитудной модуляцией // Судовождение: Сб. научн. трудов. / НУ «ОМА». - 2017. - Вып. 27. – Одесса: «ИздатИнформ». – С. 101 - 111.
5. Koshevyy V., Pashenko O. Improved Compound Multiphase Waveforms with Additional Amplitude Modulation for Marine Radars // Marin Navigation and Safety of Sea Transportation. Activities in Navigation. (edited) Adam Weintrit. CRC Press. – 2017. – P. 173 – 175.

СИНТЕЗ ОСНОВНЫХ ДИСКРЕТНЫХ СИГНАЛОВ ОБЕСПЕЧИВАЮЩИХ ХОРОШИЕ КОРРЕЛЯЦИОННЫЕ СВОЙСТВА

В.М.Кошевой, д.т.н., профессор

А.В. Рудковская, аспирант

Национальный университет «Одесская морская академия»

В задачах временного измерения и разрешения во времени основное достоинство широкополосности состоит в возможности распределения энергии сигнала на значительном временном интервале, тем самым, снижая пиковую мощность.

Сигналы с ФМ, свободные от амплитудной модуляции, представляют собой предельную версию такого расширения, позволяющую получить пик-фактор V сигнала (отношение пиковой к средней мощности), равный единице. Для любого ФМ сигнала $|a_i|=1, i=0,1,\dots,N-1$, так что $|a_0 a_{N-1}|=1$, и крайний правый боковой лепесток аperiодической АКФ $|\rho_a(N-1)|=1/N$. Следовательно, максимальный боковой лепесток ФМ сигнала ограничен снизу величиной:

$$\rho_{a,\max} \geq 1/N \quad (1)$$

ФМ сигналы, удовлетворяющие данной границе, будут оптимальными.

В честь ученого, первым предпринявшего поиск подобных сигналов, они получили название кодов Баркера. Традиционно бинарные последовательности с символами ± 1 считаются наиболее привлекательными, поскольку в наибольшей степени отвечают цифровой схемотехнике и гарантируют наименьшую сложность в их формировании и обработке. Ниже представлены все бинарные коды Баркера (см.табл.1.).

Таблица 1- Бинарные коды Баркера

N	Код												
2	+	-											
3	+	+	-										
4	+	+	-	+									
5	+	+	+	-	+								
7	+	+	+	-	-	+	-						
11	+	-	+	+	-	+	+	+	-	-	-		
13	+	+	+	+	+	-	-	+	+	-	+	-	+

Таблица 2 иллюстрирует вычисление аperiодической и периодической АКФ кода Баркера длины $N=7$. Не только аperiодическая, но и нормированная периодическая АКФ характеризуется максимальным боковым лепестком, равным $1/N$.

Таблица 2- Вычисление АКФ бинарного кода Баркера длины 7

m								$R_a(m)$	$R_p(m)$
0								+7	+7
1								0	-1
2								-1	-1
3								0	-1
4								-1	-1
5								-0	-1
6								-1	-1

Рассмотрим кратко процедуру согласованной фильтрации сигнала Баркера на некотором конкретном примере. Изображена структура согласованного фильтра для сигнала Баркера длины $N=7$ (см.рис.1).Первым блоком данной структуры является линия задержки с отводами, разделенными во времени на величину, равную периоду следования чипов Δ . Выходные сигналы отводов линии задержки подаются на сумматор с весами, определяемыми как зеркальное отражение символов кода. Второй частью структуры служит фильтр, согласованный с одиночным чипом (СФОИ). Чтобы убедиться в том, что указанная схема является искомым согласованным фильтром, достаточно осуществить проверку, подав на ее вход дельта-импульс. Выходной отклик представит собой зеркальное отображение сигнала, что в точности соответствует реакции согласованного фильтра (см. рис.1).

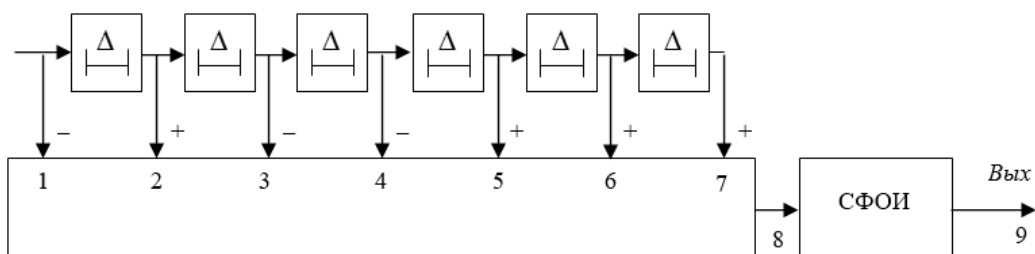


Рисунок 1- Согласованный фильтр для бинарного сигнала Баркера длины $N=7$.

Схема иллюстрирует в деталях согласованную фильтрацию видеосигнала Баркера, составленного из чипов с прямоугольной огибающей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Eliahou, S., and Kervaire, M. "Barker sequences and difference sets", L'Enseignement Mathématique, vol. 38, pp. 345-382, 1992.
2. Ipatov, V. P., and Fedorov, B.V. "Regular binary sequences with small losses in suppressing sidelobes", Radioelectron. a. Commun. Syst. (Radioelektronika), vol. 27, no.3, pp. 29-33, 1984.
3. Hamkins, J., and Zeger, K. "Improved bounds on maximum size binary radar array", IEEE Trans. Inform. Theory, vol. 43, pp. 997-1000, 1997.
4. Ipatov, V. P., "Choice of periodical PSK signal and filter combination", Radioelectron. a. Commun. Syst. (Radioelektronika), vol. 21, no.4, pp. 49-55, 1978.

ИССЛЕДОВАНИЕ СИГНАЛОВ С РАСШИРЕННЫМ СПЕКТРОМ ДЛЯ УКВ РАДИОСВЯЗИ

А. В. Шишкин, доцент

Т. Ю. Гапеева, курсант

Национальный университет «Одесская морская академия»

Сигналы с расширенным спектром (широкополосные, шумоподобные сигналы, ШПС) в настоящее время широко применяются в системах мобильной радиосвязи [1]. Предполагается использование их в морской радиосвязи УКВ диапазона [2].

В УКВ диапазоне на данный момент для цифровой модуляции выделены полосы частот 156,925–157,325 МГц и 161,525–161,925 МГц (соответствующие каналам 24, 84, 25, 85, 26 и 86) на основе Рекомендации ITU-R M.1842-1. Для цифровых технологий эти каналы используются с 01.01.2017. Одной из новейших цифровых технологий является CDMA (Code Division Multiple Access) - *технология радиосвязи*, при которой каналы передачи имеют общую полосу частот, но разную кодовую модуляцию. Описание сути CDMA приводится ниже.

Существуют три основных метода расширения спектра [1]:

- прямое расширение спектра (Direct Sequence Spread Spectrum, DSSS);
- расширение перестройкой частоты (Frequency Hopping Spread Spectrum, FHSS);
- посредством линейной частой модуляции (ЛЧМ) (Linear Frequency Modulation).

Сущность двух первых методов сводится к использованию сигнатур (встраиваемых псевдослучайных последовательностей и скачкообразной перестройки несущей частоты по случайному закону). Для формирования сигнатуры как в методе DSSS, так и в методе FHSS используют псевдослучайные последовательности со специальными свойствами. Последовательности с «хорошими» автокорреляционными и взаимокорреляционными функциями применяются в современных широкополосных системах связи, радиолокации и навигации. Одной из таких последовательностей является m -последовательность.

Для исследования ШПС было проведено моделирование с помощью пакета Матлаб (рис. 1). При этом использовалась модель цифрового согласованного фильтра (ЦСФ) на основе m -последовательности для получения требуемого отношения сигнал/шум на выходе.

Сигнал на выходе ЦСФ (рис. 1 б) представлен с импульсной характеристикой фильтра соответствующей «своей» сигнатуре, в отличие от соответствия «чужой» сигнатуре (рис. 1 в).

Таким образом, не зная сигнатуры сигнала невозможно правильно принять сигнал, что повышает защищенность каналов.

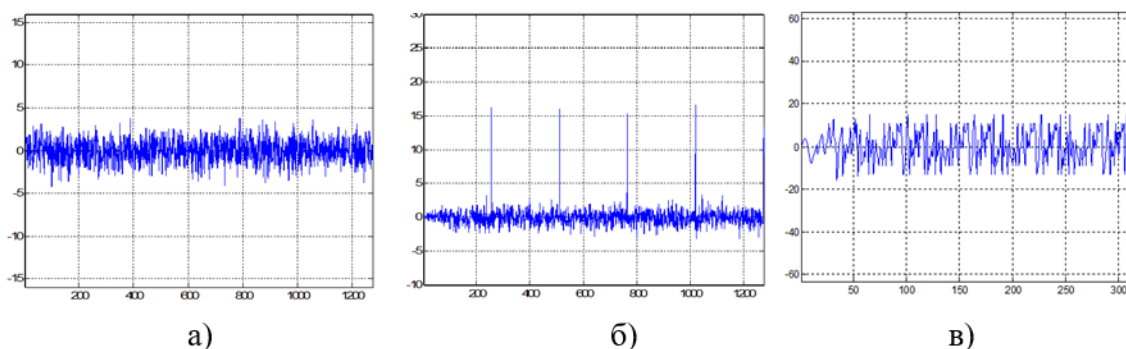


Рисунок 1 – Результат моделирования согласованного фильтра для t -последовательности: а) сигнал в смеси с шумом на входе ЦСФ; б), в) сигнал на выходе ЦСФ

Данная технология может использоваться также спутниковых АИС (S-AIS) для обеспечения глобального мониторинга морских судов (SDP - spectrum decollision processing) [3].

ЛИТЕРАТУРА

1. Ипатов В. Широкополосные системы и кодовое разделение каналов. Принципы и приложения. М.: Техносфера, 2007. – 488 с.
2. RECOMMENDATION ITU-R M.1842-1, 2009. – 13 с.
3. Satellite AIS for dummies, Special Edition., John Wiley & Sons Canada, Ltd, 2013. – 54 с.

УДК 621.37

CLUTTER SUPPRESSION USING COMPLEMENTARY SIGNALS IN MARINE RADAR APPLICATION

V.M. Koshevyy, Dr.Sc., Professor
V.S. Triguba, graduate student
 National University “Odessa Maritime Academy”

Nowadays the necessity of marine radar design with using pulse compression waveforms exists, allowing to reduce significantly the peak power of radiation and thus to improve the working conditions of seafarers and electromagnetic compatibility with other vessel's devices. Extraction of signals from interfering reflections is very important for such kind of radar waveform and filter design. The problem of the mismatched filter and waveform design that maximizes the signal-to-noise-plus-clutter ratio at the receiver filter output has been formulated. Mismatched filtering may causes degradations in signal-to-white noise ratio. In the method of a filter optimization which maximizes the signal-to-noise ratio under additional quadratic constraints was developed. In the methods of joint optimization signal and filter for interfering reflections suppression under additional constraints on range resolving performance, signal-to-noise ratio loses and given amplitude modulation of signal with different limitations on the memory and the width of the pass band of the filter were developed. The signals and filters design technique presented in is

extension of methods to the case of waveforms and filters sets with group-complementary properties, which are optimized simultaneously. In this work we consider discrete signals and the optimizing discrete filters for cases electronically scanning antenna and mechanical scanning rotating antenna. The method of filter optimization, considering Doppler shift of signal for both cases, is suggested.

We consider discrete signals and the optimizing discrete filters with complex envelopes:

$$S(t) = \sum_{p=1}^P \sum_{n=0}^{N-1} S_{pn} u(t - (p-1)T - nT_0) \quad (1)$$

$$W(t) = \sum_{p=1}^P \sum_{m=0}^{M-1} (W_{pm} u(t - (p-1)T - mq_f T_0)) \quad (2)$$

$$\text{where } u(t-mZ) = \begin{cases} 1, (m-1)Z \leq t \leq mZ \\ 0, \text{ for other values of } t \end{cases};$$

T_0 – is elementary pulse $u(t)$ duration; T – repetition period of signals; $q_f = \Delta F_s / \Delta F_w$ – is a parameter which characterizes the pass-band of the filter ΔF_w in respect to the spectral width of the signal ΔF_s ; S_{pn} ; W_{pm} – are complex amplitudes and weighting coefficients of waveform S_p and mismatched filter W_p pairs. P - number of waveform and mismatched filter pairs in set.

Considering optimization reduces to a choice of the signal $S(t)$ and of the filter $W(t)$ which maximizes the ratio:

$$\sigma = \frac{A^2 |X_{SW}(0,0)|^2}{\nu \int_{-\infty}^{+\infty} |W(t)|^2 dt + \sigma_0 \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} \sigma_\xi(\tau, f) |X_{SW}(\tau, f)|^2 d\tau df} \quad (3)$$

$$X_{SW}(\tau, f) = \int_{-\infty}^{+\infty} W^*(t) S(t-\tau) e^{i2\pi ft} dt \quad (4)$$

where is the Cross ambiguity function of signal (1) and filter (2); $\sigma_\xi(\tau, f) = \sigma(\tau, f) + \xi \delta(f)$; $\sigma(\tau, f)$ is the range – velocity distribution of the interfering reflections; $\delta(f)$ is delta-function; A, σ_0 are parameters which characterizes the reflecting properties of the target and the interfering reflections; ν, ξ are the parameters for controlling signal-to – noise ratio loses and range resolving properties correspondingly.

We consider the case filter optimization according to $W^{(0)} = [M + \sigma_0 D_{\theta_\xi^{(0)}}]^{-1} S^{(0)}$ (5). As an example we calculate $W^{(0)}$ from (5) for the case $N=M=3, P=2, \sigma_\xi(\tau, f) = \xi \delta(f)$ [1] vector $S^{(0)t} = [1 -1 -1 1 1 1]$ and calculated filter $W^{(0)t} = [1 -0,5 -0,5 1 -0,5 0,5]$. So, we have set of signals $S_1^{(0)t} = [1 -1 -1]$, $S_2^{(0)t} = [1 1 1]$ and set of filters $W_1^{(0)t} = [1 -0,5 -0,5]$, $W_2^{(0)t} = [1 -0,5 0,5]$. Cross correlation functions $R^{S_1 W_1} = [-0,5; 0; 2; -0,5; -1]$ $R^{S_2 W_2} = [0,5; 0; 1; 0,5; 1]$.

As we can see this pairs of signals and filters are complementary (the sum of cross correlation functions has zero side-lobes). This example is interesting because the classical Golay complementary pair for $N=3$ doesn't exist, but for mismatched

case it does. In this example $N=M=3$, $P=2$ signal-to-noise ratio loses $\rho=0,5$. But if we increase memory of filter $N=3$, $M=5$ we get $\rho=0,7$. So signal-to-noise ratio losses are decreased. For this case we have $s_1^{(0)t}=[1-1-1]$; $s_2^{(0)t}=[1\ 1\ 1]$; $w_1^{(0)t}=[-0,5;1,0;-0,9;-0,4;0,2]$; $w_2^{(0)t}=[-0,5;1,0;0,1;0,8;-0,2]$

Cross correlation functions

$$R_k^{S_1 W_1} = [0; 0,2;-0,6;-0,7; 2,3;-0,6;-0,5; 0,5; 0]; \quad R_k^{S_2 W_2} = [0;-0,2; 0,6; 0,7; 1,9; 0,6; 0,5;-0,5;0].$$

In this example we get the maximum value of $p=1$, which corresponds to matched filters (without signal-to-noise ratio losses). For considered cases

$$\sigma_{\xi}(\tau, f) = \xi \delta(f) \text{ matrix } D_{\theta_{\xi}}, W^* S \text{ is formed by the next way: } D_{\theta_{\xi}} = \xi \sum_{k=1-N}^{N-1} \begin{bmatrix} S_{1k} \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ S_{pk} \end{bmatrix} [S_{1k}^* \dots S_{pk}^*] \quad (6)$$

were S_{pk} - vector of signal with number p in set, which is shifted on k position:

$$S_{pk} = \begin{bmatrix} 0 \\ \cdot \\ s_{0p} \\ \cdot \\ s_{2p} \end{bmatrix}, \text{ if } k \geq 0; \quad S_{pk} = \begin{bmatrix} s_{N-3p} \\ s_{N-2p} \\ s_{N-1p} \\ \cdot \\ 0 \end{bmatrix}, \text{ if } k \leq 0;$$

This suggested approach to construction new complementary sets of filters and signals is an extension of known approach for the mismatched case. Resembling task is considered in [2] where the filter design technique was worked out for given set of signals and considered only signal-to-noise losses and complementary properties and doesn't considered another type of interference. The task of maximizing signal-to-noise ratio under constraints on fulfilling complementary properties was solved. Number of equations which must be solved for that is equal to $PN+2N-1$. This is much more than we have in our case. Although our approaches are also maximizing signal-to-noise ratio and besides suppressing another types of interference.

In also is considering the task of maximization signal-to-noise ratio under constraints on complimentary property, but only for two signals in set.

This paper demonstrated the efficiency of filter synthesis under additional constraints with group-complementary properties. It was shown that signal-to-noise ratio losses is decrease with increasing memory of optimizing filters in set.

REFERENCES

1. V.M. Koshevyy. "Efficiency of Filter Synthesis under Additional Constraints with Group-Complementary Properties" IEEE, 2016 International Conference "Radioelectronics & InfoCommunications" (UkrMiCo), September 11-16, 2016, Kiev, Ukraine, pp. 978-982/.
2. V.M. Koshevyy, M.B. Sverdlik. Joint optimization of Signal and Filter in the Problems of Extraction of Signals from Interfering Reflections. Radio Engineering and Electronic Physics. Vol.20. N 10 pp.48-55.

ОПТИМАЛЬНЫЙ ПРИЕМ ЭЛЕМЕНТА СИГНАЛА. ПРОИЗВОЛЬНАЯ ПОМЕХА.

А.И. Чулак, курсант

В.М. Кошевой, д.т.н., профессор

Национальный университет «Одесская морская академия»

Оптимальный приём элемента осуществляется либо с помощью согласованного фильтра, либо с помощью коррелятора. Так как оба эти устройства эквивалентны с точки зрения помехоустойчивости, то будем рассматривать приём с помощью согласованного фильтра.

При приёме информации производится отсчёт напряжения на выходе согласованного фильтра в момент окончания сигнала. При рассмотрении приёма элемента также будем интересоваться напряжением в момент окончания элемента.

Максимум сигнальной составляющей на выходе согласованного фильтра в общем случае будет в момент окончания сигнала:

$$V = \sqrt{EH}, \quad (1.1)$$

где: E – энергия сигнала.

Постоянная фильтра:

$$H = \frac{1}{\pi} \int_0^{\infty} |k(w)|^2 dw = 2 \int_0^{\infty} |k(f)|^2 df, \quad (1.2)$$

где: $k(w)$ – коэффициент передачи согласованного фильтра, а постоянная $a = \sqrt{H/E}$.

Для элемента максимум сигнальной составляющей на выходе согласованного с ним фильтра (элементного согласованного фильтра) согласно (1.1)

$$V_0 = \sqrt{E_0 H_0}, \quad (1.3)$$

где: E_0 – энергия элемента;

H_0 – постоянная фильтра, определяемая в соответствии с (1.2).

Для пояснения постоянной фильтра H_0 рассмотрим следующий пример. Предположим, что элемент обладает равномерным амплитудным спектром шириной F_0 в пределах полосы частот. В этом случае элементный согласованный фильтр будет иметь постоянный в этой полосе модуль коэффициента передачи K_0 . В соответствии с формулой (1.2) получаем:

$$H_0 = 2K_0^2 F_0 \quad (1.4)$$

Если амплитудный спектр элемента (сигнала) и модуль коэффициента передачи отличаются от равномерных, то при заданном максимальном усилении фильтра, равном K_0 , постоянная фильтра пропорциональна полосе частот шириной F_0 . Из (1.3) находим, что:

$$V_0 = K_0 \sqrt{2E_0 F_0}, \quad (1.5)$$

т.е. максимум сигнальной составляющей на выходе элементарного согласованного фильтра пропорционален коэффициенту усиления фильтра. Аналогичное соотношение найти и для V (1.1).

Допустим, что фильтр согласован с сигналом в предположении, что помехой является белый шум, а в действительности помеха обладает неравномерным спектром $N(w)$.

В этом случае отношение сигнал-помеха:

$$q^2 = E^2 \left(\frac{1}{2\pi} \int_0^\infty |g(w)|^2 N(w) dw \right)^{-1} \quad (1.6)$$

Допустим, что спектр сигнала постоянный в полосе частот $W = 2\pi f$. Спектральная плотность сигнала записывается в следующем виде:

$$G_0^2 = \pi E / W = E / 2F \quad (1.7)$$

Можно найти:

$$q^2 = 2EF / P_n \quad (1.8)$$

Если E и P_n - постоянные величины, то отношение сигнал-помеха увеличивается с ростом F независимо от вида помехи. Для помехи с постоянным спектром N_0 в полосе сигнала мощность $P_n = N_0 F$. Тогда (1.8) принимает вид в известное выражение $q^2 = 2EF / N_0$.

Отношение сигнал-помеха (1.6) примет наименьшее значение $q_{\min}^2$ тогда, когда интеграл примет максимальное.

Минимум имеет место при условии:

$$|g(w)|^2 = bN(w) \quad (1.9)$$

Условие (1.9) означает, что спектральная плотность наиболее мешающей помехи совпадает по форме с энергетическим спектром сигнала. Окончательно имеем:

$$q_{\min}^2 = \frac{E^2}{P_n} \left(\frac{1}{\pi} \int_0^\infty |g(w)|^2 dw \right)^{-1} \quad (1.10)$$

Если допустить, что спектр сигнала равномерный в полосе частот F , то (1.8) сведётся к $q_{\min}^2 = 2E / N_0$.

Оценим, к каким потерям в отношении сигнал-помеха приводит неравномерность спектра сигнала. Предположим, что спектр сигнала сосредоточен в полосе частот от 0 до F , а энергетический спектр сигнала:

$$|g(w)|^2 = G_0^2 + x^2 \cos(lw / F), \quad (1.11)$$

где: l - целое число;

x - характеристика неравномерности.

Подставляя (1.11) в (1.10), получим:

$$q_{\min}^2 = \frac{2EF}{P_n} \left(1 + \frac{x^4}{2G_0^4} \right)^{-1} \quad (1.12)$$

Второй множитель в формуле (1.12) определяет потери $q_{\min}^2$, обусловленные неравномерностью спектра сигнала. Если $x^2 = G_0^2$ (наихудший случай), то потери отношения сигнал-помеха составят 1,78 дБ. Отметим, что величина по-

терь не зависит от формы спектра сигнала, так как в формулу (1.12) не входит величина l , определяющая характер изменения спектра (1.11). Это связано с принятой аппроксимацией спектра сигнала (1.11).

Необходимо отметить, что если сигнал или помеха, в согласованном фильтре подстраиваются друг под друга, то наиболее часто встречающимся на практике является случай, когда сигнал или помеха обладают равномерным спектрами одной и той же полосе частот.

ЛИТЕРАТУРА

1. Цифровая обработка сигналов: учебник для студ. учреждения высш. проф. образования / С.Н. Воробьев – М.: Издательский центр «Академия», 2013. – 320с.
2. Системы связи с шумоподобными сигналами / Л.Е. Варакин – М.: Радио и связь, 1985. – 384с., ил.

УДК 621.396.969

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ОКОННЫХ ФУНКЦИЙ НА ПРИМЕРЕ КОДА БАРКЕРА И М-ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ

Е.Л. Пашенко, ассистент

А.И. Чулак, курсант

В.В. Заим, курсант

Национальный университет «Одесская морская академия»

В данной работе были исследованы наиболее известные оконные функции, а именно их влияние на сигнал на выходе фильтра. В качестве рассматриваемых сигналов были выбраны коды Баркера, а именно 13-ти позиционный код.

Коды Баркера получили свое название в честь ученого, первым предпринявшего поиск подобных сигналов. Баркеру удалось найти оптимальные бинарные коды с практически идеальными характеристиками.

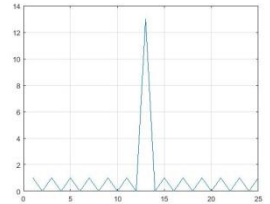
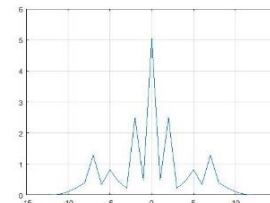
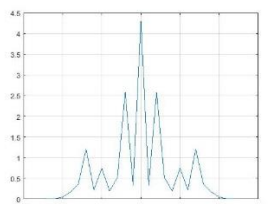
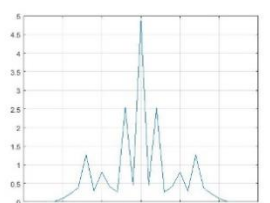
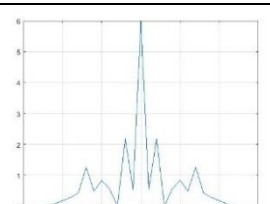
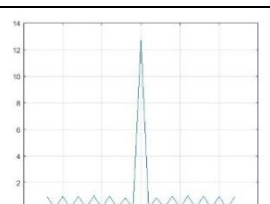
Традиционно бинарные последовательности с символами ± 1 считаются наиболее привлекательными, поскольку в наибольшей степени отвечают цифровой схемотехнике и гарантируют наименьшую сложность в их формировании и обработке. В таблице 1 представлены все существующие бинарные коды Баркера:

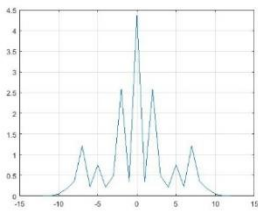
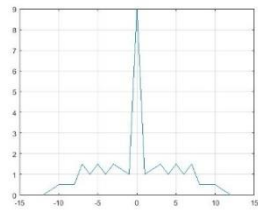
Таблица 1 - Бинарные коды Баркера

N	Код												
2	+	–											
3	+	+	–										
4	+	+	–	+									
5	+	+	+	–	+								
7	+	+	+	–	–	+	–						
11	+	–	+	+	–	+	+	–	–	–			
13	+	+	+	+	+	–	–	+	+	–	+	–	+

В таблице 2 приведены сводные результаты расчетов автокорреляционной функции (АКФ) для кода Баркера. Были рассмотрены следующие оконные функции: Окно Блэкмена, Окно Блэкмена-Харриса, Окно Бомена, Окно Гаусса, Окно Кайзера, Окно Наттола, Окно Тьюки.

Таблица 2 - Влияние использования оконных функций на АКФ сигналов типа код Баркера

№	Оконная функция	Центральный пик (ЦП)	Средний уровень боковых лепестков (БЛ)	Особенности оконной функции	График
1	Согласованный фильтр (без оконных функций)	13	1	Идеальный фильтр. Максимальное отношение сигнал/помеха.	
2	Окно Блэкмена (blackman-MatLab)	5	1,5	Два косинусоидальных слагаемых. АКФ сигнала имеет самый узкий центральный пик (ЦП) и самый высокий уровень БЛ.	
3	Окно Блэкмена-Хэрриса (Blackman-harris-MatLab)	4,3	1,75	Три косинусоидальных слагаемых. Обеспечивает минимальный уровень БЛ АКФ и максимальную гладкость в свободной области.	
4	Окно Бомена (bohmanwin - MatLab)	4,9	2,0	Окно Бомена, является свёрткой двух одинаковых косинусоидальных импульсов	
5	Окно Гаусса (gausswin-MatLab)	6	1,5	Имеет наименьшую величину произведения длительности на ширину полосы из всех приведенных функций окна.	
6	Окно Кайзера (kaiser-MatLab)	13	1	Окно Кайзера обладает параметром, регулирующим уровень БЛ и ширину ЦП, при расчете данного окна используются модифицированные функции Бесселя.	

7	Окно Наттола (nuttallwin-MatLab)	4,4	2,0	Окно Наттола – три косинусоидальных слагаемых. Обеспечивает минимальный уровень БЛ АКФ и максимальную гладкость в свободной области.	
8	Окно Тьюки (tukueywin-MatLab)	9,0	1,25	Окно Тьюки являются прямоугольником с косинусоидальными сглаженными краями. Обеспечивает минимальный уровень БЛ АКФ и максимальную гладкость в свободной области.	

При использовании Окна Кайзера структура АКФ сигнала не поменялась и показала такой же результат как при согласованной обработке, т. е. АКФ сигнала, можно сказать, идеальная. Уровень БЛ АКФ для кода Баркера при использовании Окна Кайзера составил 1 и уровень ЦП=13. Для случая применения Окна Тьюки уровень БЛ АКФ в среднем составил 1.25 и уровень ЦП АКФ=9. Данный вид обработки обеспечивает максимальную гладкость в свободной области. Таким образом, можно сделать вывод, что никакое из рассмотренных окон не способно улучшить характеристики АКФ кода Баркера.

ЛИТЕРАТУРА

1. Варакин Л.Е.. Теория систем сигналов. М.: Советское радио, 1978. -304 с.
2. Марпл.-мл. С.Л. Цифровой спектральный анализ и его приложения: Пер. с англ.-М.: Мир, 1990. -584 с., ил.

УДК 621.396.932

АНТИПОДНЫЕ ЛИНИИ РАДИОСВЯЗИ В ДЕКАМЕТРОВОМ ДИАПАЗОНЕ

В. И. Купровский, к.т.н., доцент

А. А. Степаненко, курсант

Национальный университет «Одесская морская академия»

Распространение радиоволн между диаметрально противоположными точками земного шара (антиподами) отмечается рядом особенностей. Это связано прежде всего с качественными изменениями условий распространения радиоволн при достижении предельного расстояния (около 20 тыс. км.) между излучающей и принимающей аппаратурой, поэтому появляется возможность прихода радиоволн в район антипода весьма разными путями. Вследствие этого, имеет место существенное увеличение напряженности поля в районе антипода и расширение диапазона применяемых частот по сравнению с

другими радиолиниями. Так, длинные волны, распространяясь в пространственном волноводе земля – ионосфера, огибают земной шар во всех направлениях. Из-за потерь, связанных с поглощением земли и ионосферы, вследствие несимметрии волновода, поле в районе антипода имеет конечное значение, но при всех условиях достигает явного максимума. Напряженность поля в точке антипода в диапазоне длинных волн (ДВ) можно определить по формуле [2]:

$$E_d = \frac{300\sqrt{PD}}{r_{\text{км}}} \sqrt{\frac{\theta}{\sin \theta}} e^{-\frac{0,0014}{\lambda^{0,6}} r}, \quad (1)$$

где E_d , мВ/м – действующее значение напряженности поля;

P , кВт – мощность передатчика;

D – коэффициент направленного действия антенны;

r , км – расстояние;

θ – угол, соответствующий дуге r ;

λ , м – длина волны.

В длинноволновом диапазоне связь на большие расстояния может быть организована исключительно за счет применения сверхмощных передатчиков (сотни кВт) и очень сложных и высоких антенн. При этом действующее значение напряженности поля, определенное по формуле (1), лежит в пределах единиц милливатт. В тоже время в декаметровом диапазоне (КВ), связь с точкой антипода можно осуществить с помощью передатчиков, работающих с мощностями десятки-сотни Вт и простыми и компактными антеннами.

Радиоволны КВ-диапазона распространяются на большие расстояния благодаря многоскачковым трассам и ионосферному волноводу. Однако, из-за многократных отражений от поверхности земли и ионосферы, сигнал испытывает значительные ослабления. Кроме того, спрогнозировать наличие ионосферного волновода весьма сложно. Только с появлением радиоприёмных устройств, обладающих высокой чувствительностью, появилась возможность принимать сигнал, претерпевший многократное отражение, в том числе и в районе антипода.

Фокусировка электромагнитной энергии в районе антипода связана с эффектом антипода (рис. 1).

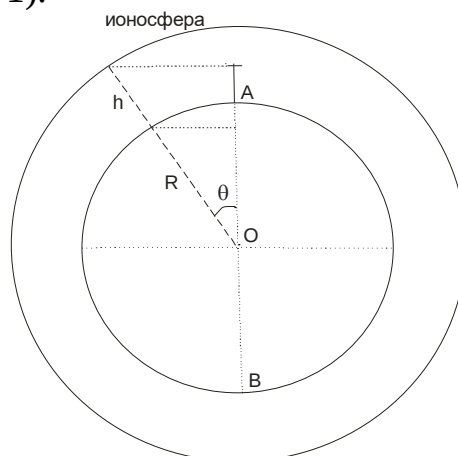


Рисунок 1 – Возникновение эффекта антипода

Если рассмотреть схему распространения радиоволн вокруг земного шара в идеализированном виде, то в случае работы передатчика в точке A на ненаправленную антенну электромагнитная энергия, отражаясь от стенок естественного волновода ионосфера – земля, будет распространяться во всех направлениях.

Обозначая через P излучаемую передатчиком мощность, можно определить плотность потока энергии (вектор Пойнтинга) через площадь, полученную как разность боковых поверхностей конусов вращения с осью OA и образующими $R + h$ и R , где R – радиус Земли и h – высота основного отражающего слоя ионосферы F_2 [1].

Плотность потока энергии Π при излучаемой мощности P через площадь S , получаемая как разность поверхностей с осью OA и образующими $(R+h)$ и h , равна:

$$\Pi = \frac{P}{R} = \frac{P}{\pi h(2R + h) \sin \theta} = \frac{E_d^2}{120\pi}, \quad (2)$$

где P , кВт – мощность передатчика;

h , м – высота отражающего слоя ионосферы (F_2);

θ – угол, соответствующий дуге r ;

E_d , мВ/м – действующее значение напряженности поля.

Решая (2) относительно E_d , получим:

$$E_d = \sqrt{\frac{120P}{h(2R + h) \sin \theta}}. \quad (3)$$

Из формулы (3) следует, что при увеличении расстояния от 0 до 10000 км, соответствующему изменению центрального угла θ от 0 до $\pi/2$, напряженность поля будет уменьшаться. При дальнейшем увеличении расстояния от 10000 до 20000 км, соответствующему изменению угла θ от $\pi/2$ до π , напряженность поля увеличивается. Такое, хотя и нестрогое, рассмотрение вопроса распространения радиоволн вокруг земного шара свидетельствует о возможности фокусировки энергии в районе антипода.

Строгая зависимость напряженности поля сигнала от параметров линии радиосвязи является весьма сложной, и, кроме того, параметры радиолинии испытывают различного рода вариации, которые трудно учесть. Исходя из вышесказанного, не представляется возможным получить строгую универсальную аналитическую формулу для определения напряженности поля, поэтому почти все методы расчета напряженности поля в диапазоне коротких волн являются полуэмпирическими. В этой связи и эффект фокусировки энергии целесообразно учитывать эмпирическими способами [1].

На рис. 2 представлены кривые значений напряженности поля в зависимости от расстояния для $P=1$ кВт и $f=12577$ кГц. При этом кривая 2 соответствует формуле идеальной радиопередачи ($E \sim r^{-1}$); кривая 3 отражает зависимость $E \sim r^{1.3}$, а кривая 1, построенная по формуле (4), иллюстрирует значение напряженности поля при приближении к точке антипода.

$$E_0 = \frac{122}{r_t} \sqrt{\frac{P}{0.0021 + \sin \theta}} \exp\left(-\frac{3.8 \cdot 10^{-5}}{\lambda^{0.2}} r\right), \quad (4)$$

где r_t , ТЫС. КМ - длина трассы; θ – центральный угол, соответствующий указанному расстоянию.

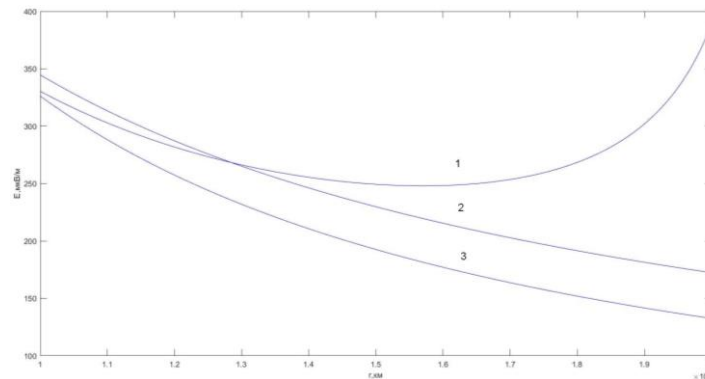


Рисунок 2 – Кривые напряженности поля в зависимости от расстояния

Из анализа рис. 2 следует, что в районе антипода напряженность поля растет (кривая 1).

На рис. 3, 4 в соответствии с формулой (4) построены зависимости напряженностей поля с учётом эффекта антипода для разных излучаемых мощностей и рабочих частот.

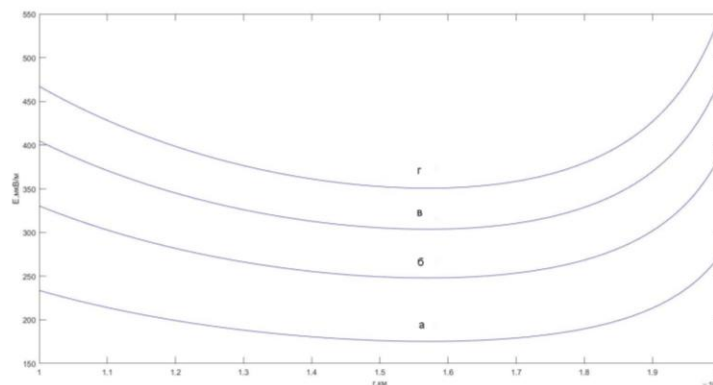


Рисунок 3 – Кривые напряженности поля в зависимости от расстояния для разных значений мощности P при $f=12577$ кГц: а) $P_1=500$ кВт; б) $P_2=1000$ кВт; в) $P_3=1500$ кВт; г) $P_4=2000$ кВт.

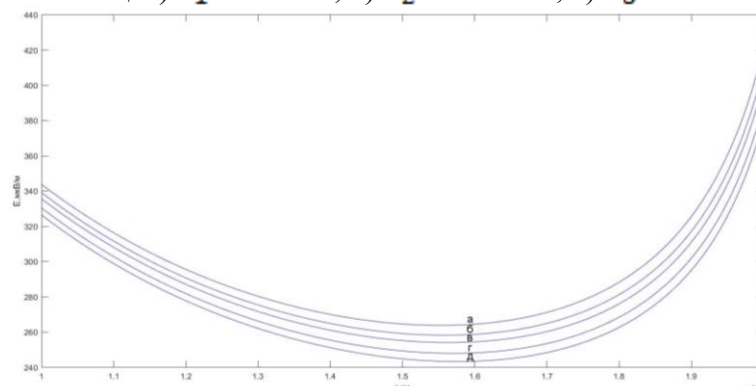


Рисунок 4 – Кривые напряженности поля в зависимости от расстояния для различных частот при фиксированной мощности $P=1000$ кВт:

а) $f_1=4207,5$ кГц; б) $f_2=6312$ кГц; в) $f_3=8414,5$ кГц; г) $f_4=12577$ кГц; д) $f_5=16804,5$ кГц

Поскольку аналитическое выражение для учёта всех вариаций антиподной радиосвязи получить достаточно сложно, уточнение и определение основных параметров радиолиний при антиподном распространении радиоволн производят на основе экспериментальных измерений напряжённости поля в предполагаемой точке антипода.

На рис. 5 представлены экспериментальные медианные значения напряженности поля в зависимости от расстояния [1]. За нулевой отсчёт по расстоянию принята точка геометрического антипода.

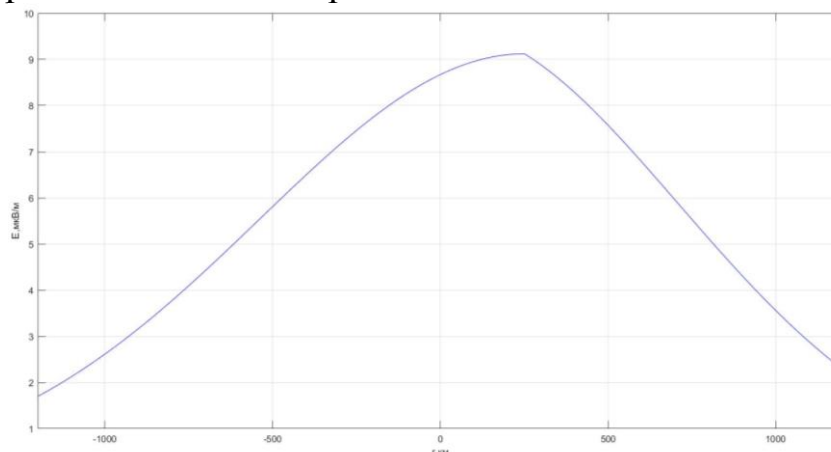


Рисунок 5 – Медианные значения напряженности поля для $-250 \leq r < 250$ (км)

Аналитические выражения удовлетворительно аппроксимируются квадратичной параболой. Так, для $-250 \leq r < 250$ (км):

$$E = \begin{cases} \exp(-7,97 \cdot 10^{-7} r^2 + 4,02 \cdot 10^{-4} r + 2,16), & r \leq 250 \\ \exp(-1,02 \cdot 10^{-6} r^2 + 1,67 \cdot 10^{-5} r + 2,27), & r > 250 \end{cases} \quad (5)$$

Из анализа экспериментальных результатов следует, что максимумы реального антипода могут иметь значительные отклонения от геометрического.

С учётом дрейфа антипода, потерь при отражении от земли и поглощения в ионосфере, выражение (4) примет вид [1]:

$$E = \frac{122}{r} \sqrt{\frac{P}{G + \sin \theta}} \exp \left[\frac{-3,8 \cdot 10^{-2}}{\left(\frac{3 \cdot 10^2}{f_{\text{раб}}} \right)^{0,2}} \right] R^{n-1} \exp \left(\sum_{i=1}^n \Gamma_i \right), \quad (6)$$

где r – расстояние в тыс. км;

P – мощность излучения в кВт;

θ – центральный угол, соответствующий расстоянию r ;

G , (0,05 – 0,002) – коэффициент, учитывающий дрейф антипода;

R^{n-1} – дополнительные потери при отражении от Земли в промежуточных точках в случае многоскачкового распространения;

$\sum_{i=1}^n \Gamma_i$ – суммарное поглощение радиоволн в ионсфере.

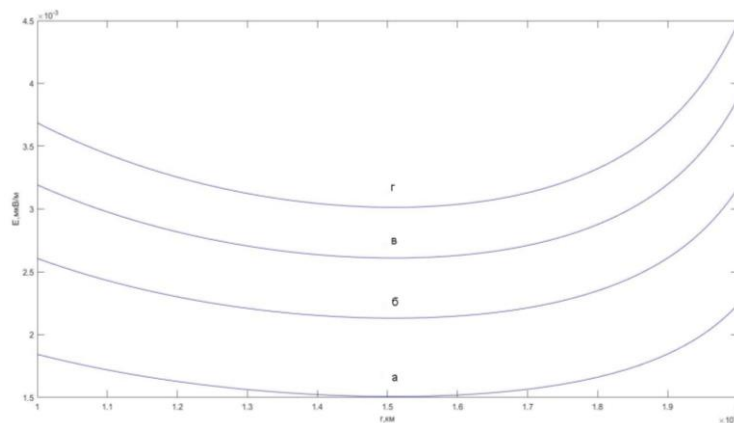


Рисунок 6 – Кривые напряжённости поля в зависимости от расстояния при частоте $f=12577$ кГц, разных значениях P и для $G=0,05$:

а) $P_1=500$ кВт; б) $P_2=1000$ кВт; в) $P_3=1500$ кВт; г) $P_4=2000$ кВт.

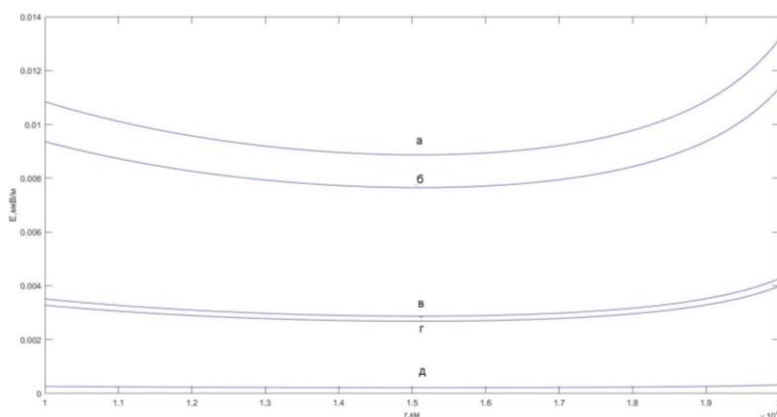


Рисунок 7 – Кривые напряжённости поля в зависимости от расстояния для различных частот при фиксированной мощности $P=1000$ кВт для $G=0,05$:

а) $f_1=4207,5$ кГц; б) $f_2=6312$ кГц; в) $f_3=8414,5$ кГц; г) $f_4=12577$ кГц; д) $f_5=16804,5$ кГц

В соответствии с (6) на рис. 6 и рис. 7 представлены зависимости напряжённости поля для различных значений излучаемых мощностей и частот.

Из анализа рис. 3, 4, 6, 7 следует, что уровень напряжённости поля в районе антипода растёт с увеличением излучаемой мощности. Кроме того, чем меньше в среднем частота сигнала, тем напряжённость поля выше.

Проведенные исследования позволяют заключить, что в районе точки антипода значение напряженности поля в декаметровом диапазоне возрастает. Закон её изменения близок экспоненциальному. Также, можем сделать вывод, что с увеличением мощности, значение напряженности поля возрастает, а с увеличением частоты - падает.

ЛИТЕРАТУРА

1. М. Т. Неволин. – Повышение надёжности в морских системах радиосвязи при использовании судового декаметрового оборудования ГМССБ; диссертация на соискание степени кандидата технических наук. – Санкт-Петербург: ГМА, 2000.
2. М. П. Долуханов. – От миллигерц до терагерц. – Ленинград: Судостроение, 1970, 104с.
3. П. В. Блюх. – Радиоволны на земле и в космосе. – Москва: Квант, 2007, 208 с.

УДК 621.396.969

АВТОКОРРЕЛЯЦИОННАЯ ФУНКЦИЯ И ОТКЛИК СОГЛАСОВАННОГО ФИЛЬТРА

В. М. Кошевой, д.т.н., профессор

А. А. Степаненко, курсант

Национальный университет «Одесская морская академия»

Критерием качества работы фильтра является отношение сигнал/помеха в условиях шумовых полей.

Мощность сигнала на выходе фильтра:

$$P_c = S_{\text{вых}}^2(\tau) \Leftrightarrow P_c = \left(\int_{-\infty}^{\infty} w(t)s(t)dt \right)^2, \quad (1.1)$$

где $P_{\text{ш}} = \left(\int_{-\infty}^{\infty} w(t)x(t+\tau)dt \right)^2$ – мощность помехи на выходе фильтра;

$x(t)$ – напряжение шума;

$s(t)$ – напряжение полезного сигнала;

$$\begin{aligned} P_{\text{ш}} &= \int_{-\infty}^{\infty} w(t)x(t+\tau)dt \cdot \int_{-\infty}^{\infty} w(t_1)x(t_1+\tau)dt_1 = \\ &= \iint_{-\infty}^{\infty} w(t)x(t+\tau) \cdot x(t_1+\tau)w(t_1)dt dt_1 \end{aligned} \quad (1.2)$$

Делаем замену $x(t+\tau) \cdot x(t_1+\tau) = r(t, t_1)$:

$$P_{\text{ш}} = \int_{-\infty}^{\infty} w(t) \cdot r(t, t_1)w(t_1)dt dt_1; \quad (1.3)$$

$$P_{\text{п}} = \int_{-\infty}^{\infty} w(t) r(t, t_1)w(t_1)dt dt_1; \quad (1.4)$$

$$r(t, t_1) = x(t+\tau)x(t_1+\tau); \quad (1.5)$$

$$P_c = \left(\int_{-\infty}^{\infty} w(t)s(t+\tau)dt \right)^2; \quad (1.6)$$

$$\frac{c}{\pi} = \frac{P_c}{P_{\text{п}}} = \frac{\left(\int_{-\infty}^{\infty} w(t)s(t+\tau)dt \right)^2}{\int_{-\infty}^{\infty} w(t) r(t, t_1)w(t_1)dt dt_1}; \quad (1.7)$$

Сигнал на выходе фильтра:

$$\int_{-\infty}^{\infty} w(t)s(t+\tau)dt = S_{\text{вых}}; \quad (1.8)$$

$$s(t)=p(t) \quad (1.9)$$

Рассмотрим вариант, когда сигнал представлен в форме прямоугольного импульса $p(t)$. Тогда

$$p(t) = \begin{cases} 1, & 0 \leq t \leq T_0 \\ 0, & \text{для других } t \end{cases}. \quad (1.10)$$

Импульсный отклик прямоугольного импульса:

$$w(t) = p(t). \quad (1.11)$$

Свертка двух прямоугольных импульсов равна:

$$\int_{-\infty}^{\infty} p(t)p(t+\tau)dt.$$

В виду того, что сигнал на выходе фильтра имеет максимальное значение в точке от $\tau = 0$, то :

$$\frac{c}{\pi} = \frac{P_c}{P_{\pi}} = \frac{(\int_{-\infty}^{\infty} w(t)s(t)dt)^2}{\int_{-\infty}^{\infty} w(t) r(t, t_1) w(t_1) dt dt_1}. \quad (1.12)$$

$$r(t, t_1) = x(t)x(t_1). \quad (1.13)$$

Анализируя фильтр, мы можем сравнивать соотношения с/п и после этого делать соответствующие выводы.

Для данного случая запишем теорему Буняковского-Шварца:

$$\left(\int_{-\infty}^{\infty} w(t)s(t)dt \right)^2 \leq \int_{-\infty}^{\infty} w^2(t)dt \int_{-\infty}^{\infty} s^2(t)dt; \quad (1.14)$$

$$\frac{P_c}{P_{\pi}} \leq \frac{\int_{-\infty}^{\infty} w^2(t)dt \int_{-\infty}^{\infty} s^2(t)dt}{N_0 \int_{-\infty}^{\infty} w^2(t)dt}; \quad (1.15)$$

$$\frac{P_c}{P_{\pi}} \leq \frac{\int_{-\infty}^{\infty} s^2(t)dt}{N_0}; \quad (1.16)$$

$$\frac{P_c}{P_{\pi}} = \frac{E_c}{N_0}. \quad (1.17)$$

Рассмотрев предельное значение соотношения мощностей для случая, когда помехой является белый шум, можем сделать вывод, что для данной помехи, фильтр является оптимальным (достигается максимальное отношение с/п).

ЛИТЕРАТУРА

1. Цифровая обработка сигналов: учебник для студ. учреждения высш. проф. образования/ С.Н.Воробьев – М.: Издательский центр «Академия», 2013. – 320с.
2. Системы связи с шумоподобными сигналами/ Л.Е.Варакин – М.: Радио и связь, 1985. – 384с., ил.

УДК 621.396.969

КОРРЕЛЯЦИОННЫЕ ФУНКЦИИ АМФ СИГНАЛОВ

В.М. Кошевой, д.т.н., профессор

О.В. Переходнюк, курсант

Национальный университет «Одесская морская академия»

Корреляционные функции, характеризующие степень подобия сдвинутых во времени копий сигналов, играют критически важную роль в задачах измерения времени и разрешения. Искусство проектирования широкополосных систем, как это можно будет увидеть в дальнейшем, во многих аспектах базируется на нахождении сигналов с соответствующими корреляционными свойствами. В данном параграфе получим обобщенное выражение для корреляционных

функций АФМ сигналов. На основании приведенных ранее определений комплексная огибающая АФМ сигнала имеет вид

$$\dot{S}(t) = \sum_{i=-\infty}^{\infty} a_i \dot{S}_0(t - i\Delta) \quad (1.1)$$

Обратимся к определению нормированной АКФ учитывая, что для периодического сигнала подынтегральное выражение также будет периодическим, и, следовательно, усреднение по времени (интегрирование) может быть выполнено на одном периоде, причем нормирование производится к энергии за один период. Таким образом, при наиболее типичном для практики предположении, что $\Delta_c \leq \Delta$,¹ приходим к универсальному выражению

$$\dot{\rho}(\tau) = \frac{1}{E} \int_0^T \dot{S}(t) \dot{S}^*(t - \tau) dt \quad (1.2)$$

как для аperiodического, так и периодического сигнала, где $E = \|\mathbf{a}\|^2 E_0$ — полная энергия для первого и энергия за период для второго варианта. В свою очередь E_0 определяет энергию чипа, а $\|\mathbf{a}\|$ — длина (евклидова норма) кодового вектора $\mathbf{a} = (a_0, a_1, \dots, a_{N-1})$, или, другими словами, $\|\mathbf{a}\|^2 = \sum_{i=0}^{N-1} |a_i|^2$ — энергия N -элементной последовательности $\{a_0, a_1, \dots, a_{N-1}\}$.

Подстановка (1.2) в (1.3) дает

$$\dot{\rho}(\tau) = \frac{1}{E} \sum_{i=-\infty}^{\infty} \sum_{k=-\infty}^{\infty} a_i a_k^* \int_0^T \dot{S}_0(t - i\Delta) \dot{S}_0^*(t - k\Delta - \tau) dt = \frac{1}{E} \sum_{k=-\infty}^{\infty} \sum_{i=0}^{N-1} a_i a_k^* \int_0^T \dot{S}_0(t - i\Delta) \dot{S}_0^*(t - k\Delta - \tau) dt$$

где последнее равенство следует из исчезновения интеграла, если i не принадлежит множеству $\{0, 1, \dots, N-1\}$. Введение АКФ одиночного типа

$$\dot{\rho}_c(\tau) = \frac{1}{E_0} \int_{-\infty}^{\infty} \dot{S}_0(t) \dot{S}_0^*(t - \tau) dt \quad (1.3)$$

приводит к выражению

$$\dot{\rho}(\tau) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} \left(\frac{1}{\|\mathbf{a}\|^2} \sum_{i=0}^{N-1} a_i a_k^* \right) \dot{\rho}_c[\tau - (i - k)\Delta]$$

Теперь замена индекса суммирования k на $m = i - k$ дает

$$\dot{\rho}(\tau) = \sum_{m=-\infty}^{\infty} \rho(m) \dot{\rho}_c(\tau - m\Delta), \quad (1.4)$$

где

$$\rho(m) = \frac{1}{\|\mathbf{a}\|^2} \sum_{i=0}^{N-1} a_i a_{i-m}^* \quad (1.5)$$

АКФ кодовой последовательности $\{a_0, a_1, \dots, a_{N-1}\}$, характеризующая схожесть последней с копией, сдвинутой на m позиций.

Соотношение (1.4) имеет совершенно явную трактовку. Сравнение (1.4) с моделью (1.2) позволяет увидеть, что АКФ АФМ сигнала может рассматриваться, как собственно АФМ сигнал. В качестве элементарного символа по-

следнего выступает АКФ $\dot{\rho}_c(\tau)$ исходного типа, тогда как кодовой последовательностью служит АКФ (1.5) кодовой последовательности $\{a_0, a_1, \dots, a_{N-1}\}$ из начального сигнала. Следовательно, при заданном элементарном символе АКФ АФМ сигнала полностью определяется АКФ $\rho(m)$ кодовой последовательности (в дальнейшем АКФ *кода*), и синтез АФМ сигналов с хорошими корреляционными свойствами состоит в отыскании последовательностей с хорошими АКФ. Отметим также, что, как и для любой АКФ, значение $\rho(m)$ при $m=0$ равняется единице, а сама АКФ является четной функцией $\rho(m) = \rho^*(-m)$.

В многопользовательских системах с CDMA необходимы семейства дискретных сигналов с особыми взаимными корреляционными свойствами. Повторив в точности ранее приведенный вывод, но теперь для двух различных (k -го и l -го) АФМ сигналов, обладающих идентичными чипами и длиной, придем к следующему соотношению для их ВКФ

$$\dot{\rho}_{kl}(\tau) = \sum_{m=-\infty}^{\infty} \rho_{kl}(m) \dot{\rho}_c(\tau - m\Delta), \quad (1.6)$$

где

$$\rho_{kl}(m) = \frac{1}{\|\mathbf{a}_k\| \|\mathbf{a}_l\|} \sum_{i=0}^{N-1} a_{k,i} a_{l,i-m}^* \quad (1.7)$$

ВКФ кодовых последовательностей $\{a_{k,0}, a_{k,1}, \dots, a_{k,N-1}\}$ и $\{a_{l,0}, a_{l,1}, \dots, a_{l,N-1}\}$ двух сигналов, которая характеризует степень похожести первого со сдвинутой на m позиций копией второго сигнала. Очевидно, что ВКФ (5.7) снова представляет собой АФМ сигнал, у которого роль кодовой последовательности выполняет ВКФ двух исходных кодов (т.е. ВКФ *кода*), а синтез семейств с необходимыми взаимно корреляционными свойствами заключается в отыскании семейства последовательностей, обладающего соответствующими ВКФ. Соотношения (1.6) и (1.7) являются наиболее общими, поскольку АКФ k -го сигнала есть $\dot{\rho}_{kk}(\tau)$, что справедливо и в отношении кодовых последовательностей.

Что же касается дальнейшего, то полученные результаты найдут самое широкое применение, иногда опуская первый нормирующий множитель в (1.6) и (1.7), т.е. оперируя с ненормированными корреляционными функциями кодовых последовательностей вида:

$$R(m) = \sum_{i=0}^{N-1} a_i a_{i-m}^*, \quad R_{kl}(m) = \sum_{i=0}^{N-1} a_{k,i} a_{l,i-m}^* \quad (1.8)$$

ЛИТЕРАТУРА

1. Широкополосные сигналы / Ипатов В.П. - Wiley, 2004. - 373 с.
2. Системы связи с шумоподобными сигналами/ Л.Е.Варакин - М.: Радио и связь, 1985. - 384 с., ил.

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАХОДІВ ТА ЗАСОБІВ ЗАХИСТУ СУДНОВИХ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ ВІД КІБЕРЗАГРОЗ З БОКУ БЕРЕГОВИХ СЕРВЕРІВ

А.О. Кас'яненко, курсант

С.А. Михайлов, д.т.н., професор

Національний університет «Одеська морська академія»

Суднова комп'ютерна систем (навігаційна, інформаційна, діагностична, керування або інша) повинна бути захищена від несанкціонованого доступу. Якщо віртуальна складова системи буде зламана і оператор на судні одержить помилкові дані, вважаючи їх вірними, то це може привести до аварії, затримки ремонту або до нових несправностей. Таким чином, може відбутися повна відмова невірно функціонуючого приладу устаткування радіозв'язку, радіолокації або радіонавігації та інш. Що, у свою чергу, позначиться на безпеці мореплавання судна і загрозі безпеки інших судів. Розглянемо в цієї статті як захистити віртуальну модель суднової комп'ютерної системи, яка розташована на Web-порталі в Internet.

Підсистема виявлення вторгнень (Intrusion Detection System, IDS) призначена для виявлення мережових атак проти інформаційних ресурсів порталу. Підсистема включає такі компоненти:

- модулі-датчики для збирання інформації про пакети даних, циркулюючих в межах порталу Web;
- модуль виявлення атак для обробки зібраних датчиками даних, з метою виявлення інформаційних атак порушника;
- модуль реагування на виявлені атаки;
- модуль зберігання даних для архівації всієї конфігураційної інформації і результатів роботи підсистеми виявлення вторгнень;
- модуль управління компонентами засобів виявлення атак.

До складу підсистеми виявлення вторгнень повинні входити два типи датчиків — хостові і мережеві. Мережеві датчики є окремим програмно-апаратним блоком і призначені для пасивного збирання і аналізу інформації про всі пакети даних, що проходять через той сегмент, де встановлений датчик. Хостові датчики — це програмні модулі, встановлювані на сервери порталу і аналізуючи тільки ті пакети даних, які поступають на відповідні сервери.

Схема установки мережових датчиків підсистеми виявлення вторгнень в комунікаційному сегменті порталу Web показана на рис. 1.

Перший мережевий датчик підсистеми виявлення вторгнень встановлюється до зовнішнього міжмережевого екрану і призначений для виявлення всіх зовнішніх атак на сервери порталу, а також на сам міжмережевий екран. Другий датчик розміщується так, щоб перехоплювати весь мережевий трафік в де-

мілітаризовану зону і виявляти атаки на загальнодоступні і кешируючі сервери, які були пропущені зовнішнім міжмережевим екраном. Третій датчик здійснює моніторинг мережевої активності в сегменті службових серверів порталу Web.

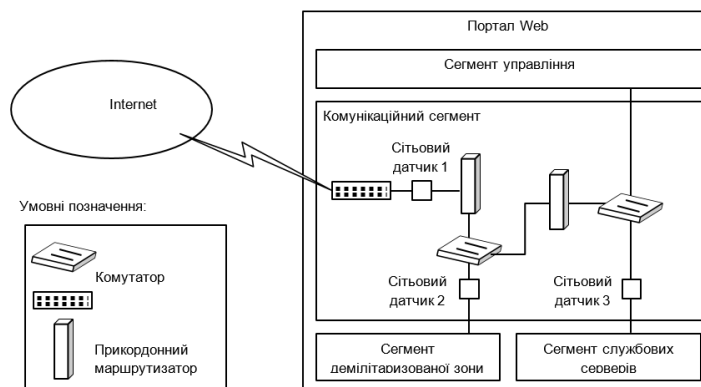


Рисунок 1 – Схема установки мережевих датчиків підсистеми виявлення вторгнень на порталі Web.

Хостові датчики підсистеми виявлення вторгнень встановлюються на всіх серверах демілітаризованої зони і в сегменті службових серверів. Подібні датчики повинні бути реалізовані у вигляді активних фільтрів на рівні прикладного програмного забезпечення порталу Web. Це необхідно для того, щоб їх робота не впливала на продуктивність серверів порталу, а самі вони могли обробляти трафік, що передається по криптозахищеним каналах зв'язку.

Інформація, зібрана мережевими і хостовими датчиками, аналізується модулем виявлення атак з метою виявлення можливих вторгнень. Аналіз даних може проводитися із застосуванням двох основних методів — сигнатурного і поведінкового. Перший описує кожну атаку у вигляді спеціальної моделі або сигнатури. Як сигнатура атаки можуть виступати: рядок символів, семантичні вираження на спеціальній мові, формальна математична модель та ін. Алгоритм роботи сигнатурного методу полягає в пошуку сигнатур атак в початкових даних, зібраних мережевими і хостовими датчиками. У разі виявлення шуканої сигнатури фіксується факт інформаційної атаки. База даних сигнатур атак підсистеми виявлення вторгнень повинна регулярно оновлюватися.

Другий метод, поведінковий, на відміну від сигнатурного, базується не на моделях інформаційних атак, а на моделях штатного процесу функціонування порталу Web. Принцип його роботи полягає у виявленні невідповідності між поточним режимом функціонування автоматизованої системи і параметрами моделі штатного режиму роботи. Будь-яка невідповідність розглядається як інформаційна атака.

Висновок

Завдяки запропонованій судової комп'ютерної системи з'являється можливість змодельовати необхідну ділянку кола, в якій можливо знаходиться неполадка, і потім змінювати значення вхідних в коло елементів, одержуючи різні параметри, а також графіки тимчасових і частотних залежностей. У сукупності ж з супутниковою системою, що дозволяє дістати доступ до мережі Internet, можна змодельовати пошкоджену ділянку кола, і модель знаходитиметься в мережі. І берегові технічні фахівці зможуть знайти несправність і підказати як-

найкращі дії для усунення її. В даному випадку слід не забувати про можливий несанкціонований доступ до схеми в Internet і надати увагу надійності і захисту моделі.

ЛІТЕРАТУРА

1. Холл Марти, Браун Лэрри. Программирование для Web. Библиотека профессионала. : Пер. с англ. – М. : Издательский дом «Вильямс», Sea Review: The International Maritime Journal of the Nautical Institute of Ukraine/ March, 2015. – Odessa – Ukraine.:p.40.
2. Sea Review: The International Maritime Journal of the Nautical Institute of Ukraine/ March, 2015. – Odessa – Ukraine.:p.40.
3. Kevin Tester. GLONASS failure affects satellite positioning.// Seaways: The International Journal of The Nautical Institute/ September, 2014. – London – UK.: Stephens&George, Merthyr Tydfil, 2011. – p.12 - 14.

УДК 629.12

ПРАВОВЫЕ АСПЕКТЫ СОЗДАНИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИИ РОБОТИЗИРОВАННЫХ СУДОВ БЕЗ ЭКИПАЖА

С.А. Михайлов, д.т.н., профессор

И.Н. Журбенко, курсант

Национальный университет «Одесская морская академия»

Как говорил Оскар Левандер: «Пора задуматься - не лучше ли иметь судно, управляемое экипажем из пяти человек из удаленного центра, чем судно с экипажем из 20-ти человек, преодолевающее шторм в Северном море". Передовые в морской индустрии развитые страны уже поставили своей целью на 2020 год создание судов, которые способны самостоятельно определять свой курс и двигаться по нему без вмешательства человека.

Возможное и ожидаемое появление на морских судоходных путях роботизированных судов поднимает ряд вопросов о том, как должно морское право учитывать эту, все более актуальную проблему морской отрасли. Текущее представление заключается в том, что на международном уровне необходимо разработать свод правил под эгидой ИМО. Недавно Международным морским комитетом (СМІ) была создана рабочая группа по морскому праву для роботизированных плавательных средств чтобы рассмотреть вопрос, как международные конвенции могут быть адаптированы для обеспечения эксплуатации роботизированных судов. В частности и особенности, анализируется проблема применения международных правовых норм к роботизированным судам вообще, правила ответственности судовладельца или производителя продукции перед потребителем независимо от вины, а также необходимость обязательного страхования с правом подачи прямого иска против страховщика.

При рассмотрении международно-правовых норм, возникает вопрос, применима ли Конвенция Организации Объединенных Наций по морскому

праву (ЮНКЛОС) к роботизированным судам. Это имеет первостепенное значение, так как в противном случае роботизированные суда будут бесполезны в плане коммерции для их владельцев. По нашему глубокому убеждению, ЮНКЛОС применима к роботизированным судам. Основным аргументом в поддержку этой точки зрения является то, что роботизированное судно - это также судно по определению. Общее определение понятия "судно" ЮНКЛОС не дает, да и выработка всеобщего определения понятия "судно" многими авторами ставится под сомнение. В ЮНКЛОС о понятии судна говорят многие статьи, например: ст.ст. 91 - 94, 98, 101 - 107. По сути этих норм не требуется, чтобы экипаж фактически находился на борту судна. Международные правила предотвращения столкновений судов на море (МППСС), Международная конвенция о стандартах обучения, сертификации и несения вахты (ПДМНВ) и Конвенция о труде в морском судоходстве (КТМС) также могут быть истолкованы достаточно широко, чтобы применяться к роботизированным судам, поскольку термин "судно" в значении этих правил не требует экипажа на борту. Тем не менее, некоторые правила четко разработаны с учетом присутствия экипажа на борту судна, например: наблюдение (Правило 5 МППСС), идентификация рисков столкновений и действия по предотвращению столкновений (Правило 7 МППСС), а также требования к обучению и сертификации исключительно для обслуживания экипажем на борту судов. Хотя в отношении СОЛАС и МППСС, если их интерпретировать достаточно широко, вероятно возможно, их функционирование в случаях, когда судно управляется дистанционно и не полностью автономно, даже в районах с высокой интенсивностью судоходства, в условиях ограниченной видимости и во всех других опасных для плавания ситуациях. Разумеется, первоначально в подобных ситуациях роботизированные суда вряд ли целесообразно использовать.

Вопрос об ответственности в контексте роботизированных судов заключается в том, как доказать вину, когда влияние человеческого фактора минимизировано. Кроме того, производитель или поставщик технологических решений становятся потенциально ответственной стороной. Решением может быть введение строгой ответственности в контексте роботизированных судов. Однако, все же сомнительно, что эта концепция может согласоваться, например, с Конвенцией, для объединения некоторых правил относительно столкновения судов. Более того, в случае полностью автономных роботизированных судов эта Конвенция представляется не подлежащей применению.

Другой вопрос заключается в том, следует ли вводить обязательное требование о страховании для автоматизированных судов, и должно ли оно сочетаться с правом прямого иска потерпевшей стороны против страховщика. Впрочем, это уже реализовано, например, в ст. VII (1, 8) Международной конвенции о гражданской ответственности за ущерб от загрязнения нефтью, 1992 года. Таким образом, опасение, что этот риск не может быть застрахован, не оправдалось. Клубы взаимного страхования принимают на себя этот риск, действуют как гаранты и предоставляют необходимые доказательства того, что покрытие имеет место, как это требуется. Многие порты сделали наличие такого покрытия необходимым условием для захода судна. Кроме того, с вступлением

в силу Директивы ЕС 2009/20/ЕС от 23.04.2009 в Европе было введено обязательное требование о страховании ответственности владельцев судов брутто-тоннажем от 300 т и выше. Поэтому представляется, что, по крайней мере, в отношении судовладельцев дополнительное требование об обязательном страховании в контексте роботизированных судов не требуется.

Подводя итог вышеизложенному, можно сказать, что существующая международная морская нормативная база обычно применима к роботизированным судам и, несмотря на то, что ее явно разрабатывают с учетом не роботизированных судов, она, по сути, может быть применима также к роботизированным судам, за некоторыми исключениями, в особенности, в отношении полностью автономных роботизированных судов. Так, компания Rolls-Royce в сотрудничестве с Google уже далеко продвинулись в деле разработки проектов роботизированных судов.

Тем не менее, требуется адаптация, и в обозримом будущем ее будет трудно достичь, поскольку предыдущий опыт прошлых лет показывает, что процесс инноваций на международном уровне является долгим и трудоемким. По мнению многих специалистов, в текущей правовой ситуации внедрение в практику мореплавания автоматизированных судов без экипажа на борту было бы неправомерно. Однако коммерческое стремление к автоматизированному управлению судами, по всей видимости, будет ускоренно продвигать внедрение новых технологий, и эти суда скоро станут реальностью, а правовые основы должны быть подготовлены заранее для этой новой реальности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Газета «Аргумент» [<http://argumentua.com/>]
2. Международная Юридическая служба Interlegal. [<http://interlegal.com.ua/ru/>]
3. Газета Geektimes. [<https://geektimes.ru/>]

УДК 681.518.5

ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И КИБЕРБЕЗОПАСНОСТЬ В МОРСКОЙ ИНДУСТРИИ

С.А. Михайлов, д.т.н., профессор

Ю.С. Шевцов, к.т.н., доцент

В.Е. Хрущов, курсант

Национальный университет «Одесская морская академия»

Морская индустрия уязвима к вредоносным возможностям современных информационных технологий, цифровой связи и ее вычислительных систем, которые могут нанести вред. Чтобы использовать преимущества современных технологий, те, кто работают в море, должны осознавать и разрабатывать стратегии для решения неизбежных проблем с кибербезопасностью, с которыми сталкиваются современные вычислительные системы.

Концепция расширения прибрежных зон в морской индустрии (рис. 1) показывает, как люди, технология и информация взаимодействуют друг с другом в физическом мире. Тенденция к увеличению взаимосвязанности и взаимного влияния при этом не сокращается. Поэтому при рассмотрении концепции безопасности на море в будущем будет необходимо рассмотреть вопрос о том, как цифровые технологии расширяют морскую операционную среду, выходящую за пределы стандартной прибрежной границы.

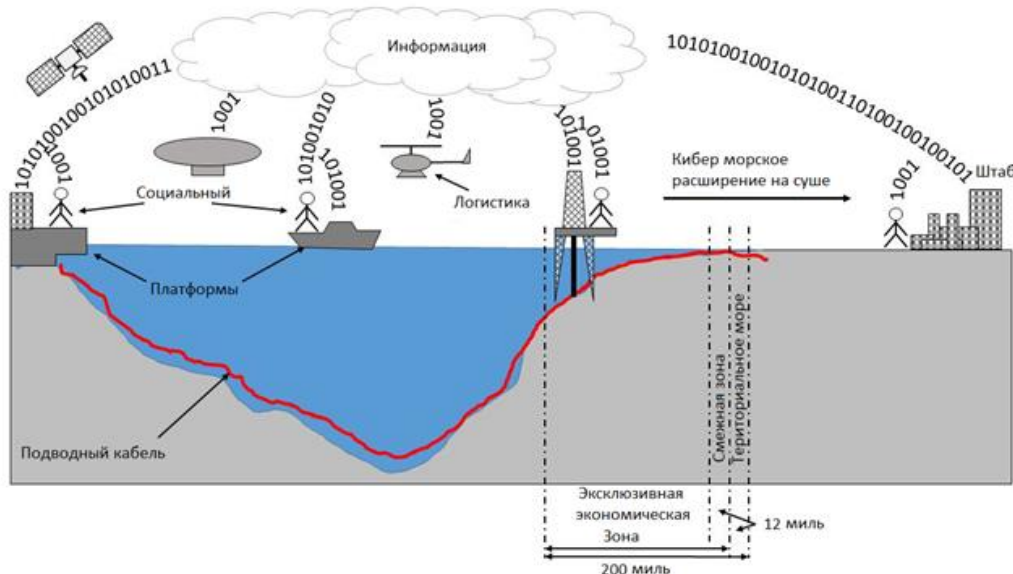


Рисунок 1 – Расширение прибрежных зон под влиянием цифровых технологий

Логистическая эффективность в морской индустрии является вопросом национальной и мировой безопасности, она также является ключевым фактором эффективного функционирования мирового бизнеса. Морская логистика в значительной степени зависит от информации, технологий и людей, что делает ее главной мишенью для будущих противников в области информационных войн.

До эпохи цифровой связи, спутниковой навигации, информационных технологий и киберкоммуникаций морские суда и другие плавучие объекты в основном работали изолированно и самостоятельно. Капитаны судов знали только свою непосредственную рабочую среду, обстановку и объект и должны были принимать решения на основе наблюдений, понимания, имеющихся знаний и прошлого опыта, что приводило к потенциально необоснованным решениям, которые давали ограниченный эксплуатационный эффект. В XXI веке информационные сети и операции в них стали обычной нормой. При этом, принимаемые решения, хотя и до сих пор обосновываются полученными ранее знаниями и прошлым опытом, теперь в основном зависят от потока полученных внешних данных. Информационные системы одного судна подключаются к другим судам, датчикам или другим системам, а также связываются с капитанами, находящимися в море или операторами на берегу через системы инфокоммуникаций, обмениваясь преимущественно цифровой информацией, позволяя капитанам судов и береговым операторам получать наибольшую пользу от видения общей рабочей картины. Это приводит к более информационно пол-

ным и, следовательно, более эффективным решениям, в то же время увеличивая ответственность за риски сбоя, помех и умышленных искажений информации в самой системе связи и передачи информации.

Будущее морской индустрии с точки зрения информации будет зависеть от того, насколько критичен запрос, хороша отказоустойчивость системы, важны поставленные приоритеты и качественен уровень обучения персонала. Все это вместе будет способствовать адаптации и смягчению негативных последствий от потенциальных кибератак.

Однако методы и средства защиты информации на судах могут быть неэффективными и потерпеть неудачу в своей работе в случае нападения какого-либо новейшего кибервируса. Как следствие, суда, возможно, будут вынуждены работать, не полагаясь на глобальную сеть информации, с ограниченным доступом к внешним данным и, вероятно, даже без использования всех бортовых ИТ-систем. По причине нынешней зависимости от этих систем, для проведения какой-либо операции необходимо подключение к ним, что означает вероятную невозможность работы судов в данных условиях.

УДК 681.518.5

УСТОЙЧИВОСТЬ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ МОРСКИХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ К КИБЕРАТАКАМ

С.А. Михайлов, д.т.н., профессор

Ю.С. Шевцов, к.т.н., доцент

Е.Е. Постников, курсант

Национальный университет «Одесская морская академия»

Программное и аппаратное обеспечение судовых компьютерных систем также подвержено негативному воздействию кибератак, как и компьютерные системы на берегу. Рассмотрим основные черты современных компьютерных технологий в морской индустрии, тенденции, которые повлияют на технологию в будущем, и рекомендации, касающиеся защиты от киберугроз в морской индустрии.

При разработке программного обеспечения необходимо изучить языки программирования, готовая программа точно описывает, что и как компьютер должен сделать. Этот код может содержать многомиллионные строки, сложен и объемен и поэтому может содержать ошибки программиста-разработчика. В результате сложности и человеческой ошибки цифровая технология становится хрупкой. Ошибки в кодировании приводят к уязвимости системы, которые могут быть использованы неприятелями для личных целей.

Аппаратное обеспечение может быть столь же хрупким, как и программное обеспечение. Например, сложность процесса производства современного мелкомасштабного производства интегральных схем (ИС). Современные интегральные микросхемы, такие как Intel и AMD, регулярно отключают неисправ-

ные части сложных микросхем, такие как процессоры и графические процессоры, для увеличения продаж потенциальных продуктов. Эти ИС затем продаются как более низкая специфическая аппаратная линия, например, с меньшим количеством процессорных ядер для процессоров. Поэтому существует вероятность наличия ошибок в оборудовании, которые могут вызвать проблемы при работе. Поэтому на уровне аппаратного и программного обеспечения в системах, которые используются в морской индустрии, существует внутренняя хрупкость.

Программное обеспечение устаревает намного быстрее, чем аппаратное обеспечение. Программное обеспечение будет по-прежнему иметь значительно более короткий срок службы, чем аппаратное обеспечение. В морской индустрии аппаратные средства будут по-прежнему разрабатываться и строиться с учетом их работы на десятилетия. В то время как программное обеспечение будет использоваться до тех пор, пока не будет разработана возможность для атаки на нее, пока поставщик не решит не поддерживать его или пока поставщик не уйдет из бизнеса. Это серьезная проблема для морских субъектов. Цифровые устройства на морских судах будут использоваться все в большем объеме, но также активно будут разрабатываться и методы кибератак на них.

Даже в наиболее защищенных компьютерных системах существует уязвимость, которую нельзя улучшить, исправить или переписать. Человек легко ошибается и так же легко манипулируется. Люди также расположены к свободным и ошибочным идеям, которые могут привести к нарушению процедур безопасности или нарушению закона при совершении какого-либо дела.

Несмотря на распространение высокоразвитых вредоносных программ (таких как Stuxnet, Flame и Shamoon), многие кибератаки не нацелены на саму платформу или программу. Ориентация на платформу требует разведки, включая сложный дизайн аппаратного и программного обеспечения, используемого в этой среде. Как только этот требуемый материал собран, вредоносное ПО должно быть протестировано в идентичной среде, чтобы гарантировать, что атака будет работать. В случае персональных вычислительных систем - сбор разведывательных данных и тестирование атаки является недорогой и относительно прямой процедурой. Операционные системы Microsoft очень просты. Но такие атаки отражаются при помощи команд разработчиков и антивирусных программ. Намного проще обойти программную безопасность системы в сравнении с человеческой защитой этой системы.

В этом докладе разработана основа для размышлений о кибербезопасности в морской области. Эта структура состоит из трех элементов: информации, технологий и людей. Каждый элемент так же важен, как и другой, и его необходимо рассматривать вместе, чтобы понять проблемы в морской среде.

Морская среда радикально меняется, поскольку она использует новые технологии и способы работы для обеспечения повышения эффективности и снижения издержек при выполнении технологических операций. Все компьютерные системы включают в себя информацию, технологии и людей, и на всех этапах их взаимодействия и операций существует потенциальная опасность. Признание того, что опасность существует в компьютерных системах, не долж-

но быть неверно истолковано как предположение о том, что использование компьютерных систем должно быть ограничено. Преимущества, которые информационные технологии дают морской индустрии, это увеличение прибыли, более интегрированная информированность, новые рынки и, самое главное, спасение жизней.

УДК 681.518.5

ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ СУДОВЫХ ЭЛЕКТРОННЫХ КАРТОГРАФИЧЕСКИХ НАВИГАЦИОННО-ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

С.А. Михайлов, д.т.н., профессор

А.И. Чулак, курсант

Национальный университет «Одесская морская академия»

Современный этап развития технических средств характеризуется появлением на водном транспорте значительного количества образцов навигационной техники нового поколения, которым свойственны улучшенные эксплуатационные характеристики. Так, в частности, последнее десятилетие характеризуется развитием морской электронной картографии, созданием судовых автоматизированных систем и приборов, которые позволяют отображать на электронном экране место судна и навигационно-гидрографическую информацию. Цель создания этих систем - улучшить организацию работы судоводителей, повысить ее эффективность и снизить аварийность на водном транспорте.

ECDIS (Electronic Chart Display and Information System) — это компьютер с навигационной системой, который можно использовать, как альтернативу бумажным навигационным картам. С помощью ECDIS можно выбрать оптимальный план перехода, а также вычислить и представить безопасный маневр уклонения от других судов и препятствий, принимая во внимание условия окружающей среды, характеристики управляемости собственного и других судов и даже нормативные ограничения, которые могут быть в районе плавания.



Рисунок 1 – Интерфейс системы ECDIS

Даже самый ярый приверженец классической школы навигации не сможет отрицать, что у ECDIS масса преимуществ перед бумажными картами. Обсудим некоторые достоинства и недостатки электронной навигации.

✓ Функция «Человек за бортом»

При нажатии кнопки специального датчика ECDIS фиксирует место падения человека на карте и выдает на индикацию координаты этого места, его пеленг и расстояние.

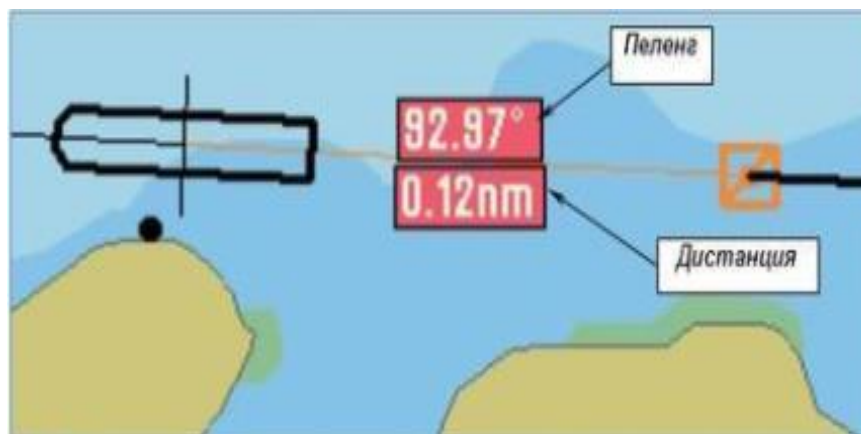


Рисунок 2 – Отображение ситуации «человек за бортом» в ECDIS

- ECDIS снижает нагрузку на вахте, особенно в стесненных водах.
- ECDIS снижают риск аварий за счет уменьшения влияния субъективного фактора на судовождение.
- ECDIS уменьшает убытки от простоя судов.
- ECDIS значительно повышает скорость и качество планирования перехода.
- ECDIS позволяет повысить эффективность корректуры карт.
- ECDIS позволяет определять положение судна в режиме реального времени, при условии корректной и правильной работе оборудования.
- ECDIS осуществляет автоматическое вождение судна по маршруту.

Недостатки ECDIS:

- нарушения и сбои в аппаратном и программном обеспечении.
- заражения программного обеспечения ECDIS вирусами.
- недостатки базовой картографической информации.
- неучтенные корректуры изменения в обстановке.
- отображаемые гидрографические данные не более надежны, чем результаты съемки, на которой они базируются.

Актуальной проблемой становится обеспечение информационной безопасности: сбои в навигационных системах, вероятность вирусного повреждения электронных карт ECDIS, введение вируса от внешнего носителя через USB-порт.

К каждой проблеме есть своё решение. Информационная безопасность ECDIS включает следующее:

- установленное лицензионное программное обеспечение, а также использование лицензионных программ и материалов для обновления;
- установленный антивирус;
- использование второго ECDIS, на случай если первый выйдет из строя;
- периодическое создание точек возврата (backup), для сохранения данных и настроек на текущий момент;

- если система «зависнет» после установки новых файлов, использование паролей для доступа в системные настройки (известного, как правило, только сервис-инженеру);

- скачивание информации только с официальных сайтов, при прямом подключении ECDIS к интернету.

ECDIS находится на мостике, где всегда есть вахтенная служба, задачей которой является следить, чтобы некомпетентные лица не подходили к аппаратуре. В порту, когда вахта на мостике не несется, он закрывается на ключ. Также можно отметить, что ECDIS имеет источник аварийного электропитания - собственные батареи, на случай обесточивания, данные и все процессы не будут прерваны или утеряны.

Необходимо заметить, что ECDIS – это только техническое средство, как и любые другие навигационные приборы. Оно не освобождает от обязанности выполнения непрерывного визуального наблюдения, как это требует СОЛАС-74, от анализа качества карт и получаемой информации, от необходимости оценки навигационных ситуаций, от принятия решений по управлению судном и от ответственности за эти решения.

ЛИТЕРАТУРА

1. МППСС-72 Международные правила предупреждения столкновения судов в море.
2. Вагущенко Л.Л. Судовые навигационно-информационные системы. – Одесса, Латстар, 2004.- 302 с.
3. Petersen J.R., Eriksson O.F. Putting the mariner in the picture. // The Navigator: Aids to navigation . - 2015, No. 10, p. 4 -5.
4. Sea Review: The International Maritime Journal of the Nautical Institute of Ukraine/ March, 2015. – Odessa – Ukraine.:p.40.
5. Kevin Tester. GLONASS failure affects satellite positioning.// Seaways: The International Journal of The Nautical Institute/ September, 2014. – London – UK.: Stephens&George, Merthyr Tydfil, 2011. – p.12 - 14.
6. Proposal for simplification of VHF DSC radiocommunication and increasing DSC efficiency. Submitted by Ukraine / SUB-COMMITTEE ON RADIOCOMMUNICATIONS AND SEARCH AND RESCUE. 14th session, Agenda item 7. COMSAR 14/7, 27 October 2009 .
7. Recommendation ITU-R M.493 “Digital Selective-Calling System for Use in the Maritime Mobile Service”.
8. Simplification of DSC equipment and procedures. Submitted by Finland / SUB-COMMITTEE ON RADIOCOMMUNICATIONS AND SEARCH AND RESCUE COMSAR 8/4/1, 27 November 2003.
9. ETSI EN 300698-1. Radio telephone transmitters and receivers for the maritime mobile service operating in the VHF bands used on inland waterways; Part 1: Technical characteristics and methods of measurement.
10. Шишкин А. В. Идентификация радиотелефонных передач в УКВ диапазоне морской радиосвязи / А. В. Шишкин // Изв. вузов – Радиоэлектроника. – 2012. – Т. 55. – № 11.– С. 11–20.
11. Proposal for modernization of ECDIS for VHF radiocommunication. Submitted by Ukraine / SUB-COMMITTEE ON NAVIGATION. 59th session, NAV 59/12/2, 2 September 2013.

ИНФОРМАЦИОННАЯ ЗАЩИТА СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И КОНТРОЛЯ СУДОВЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

С.А. Михайлов, д.т.н., профессор

И.М. Кулешов, к.т.н., доцент

В.В. Заим, курсант

Национальный университет «Одесская морская академия»

В последнее десятилетие высокого уровня развития достигли информационные компьютерные технологии. И их развитие не могло не коснуться такой отрасли, как мореплавание. Однако, вместе с развитием информационных технологий на судах, возникли и новые угрозы для безопасности мореплавания, в частности угрозы, связанные с вирусным заражением бортовых информационных компьютерных систем.

На современных судах для управления различными механизмами, устройствами и системами широко применяется автоматика. Автоматизация судов облегчает эксплуатацию сложной судовой техники, повышает производительность труда моряков, позволяет сократить численность экипажей. Не менее важно и то, что средства автоматизации обеспечивают более эффективное использование судовых механизмов и судна в целом за счет постоянного поддержания оптимальных режимов их работы.

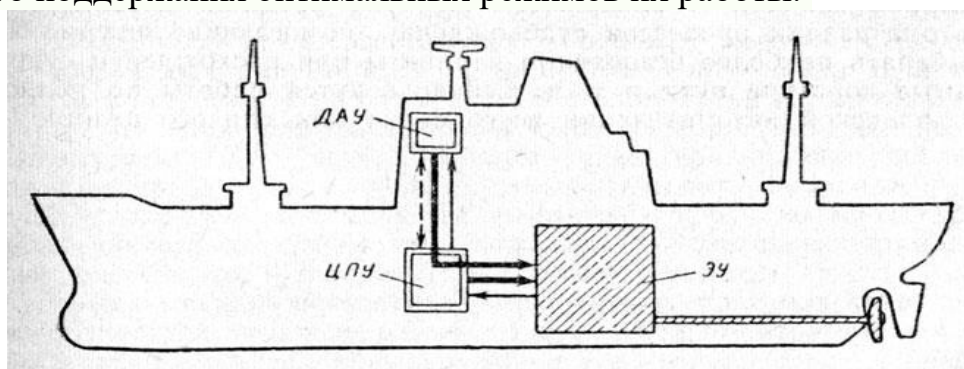


Рисунок 1 – Принцип управления энергетической установкой на комплексно-автоматизированном судне: ДАУ – пульт дистанционного автоматического управления в рулевой рубке; ЦПУ – центральный пост управления в машинном отделении; ЭУ – энергетическая установка.

• Дистанционное автоматическое управление главным двигателем

Дистанционное автоматическое управление (ДАУ) осуществляется при помощи систем ДАУ. Структура этих систем отражает в определенной степени структуру штатных реверсивно-пусковых систем управления двигателями, которые, независимо от особенностей конструкций разнотипных дизелей, содержат подсистемы управления пуском, реверсом и топливоподачей. Поэтому функционирование систем ДАУ целесообразно анализировать в отдельности для каждой из этих подсистем.

Системы автоматизированного управления дизельными установками обеспечивают автоматическое выполнение как минимум следующих операций: пуск, вывод на заданный скоростной режим, остановку, реверс. В общем виде структура системы может быть представлена схемой, показанной на рис. 2.

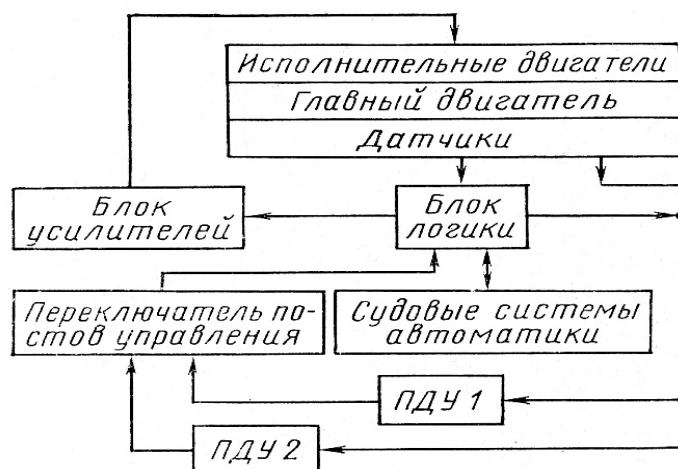


Рисунок 2 – Обобщенная структурная схема системы ДАУ главным двигателем

В состав системы входят два поста дистанционного управления: ПДУ1 — в ЦПУ машинного отделения; ПДУ2 — в рулевой рубке. В ПДУ1 размещена аппаратура дистанционного контроля рабочих параметров и состояния механизмов, систем и устройств, а также предусматривается возможность подачи всех команд. В ПДУ2 размещены аппаратура сигнализации только о состоянии основных механизмов и устройств, приборы контроля рабочих параметров, определяющие режим движения судна (частоту вращения гребного вала) и командные органы для изменения режима движения судна.

- **Центральный пост управления**

Центральный пост управления (ЦПУ) – звукоизолированное помещение, выделенное из энергетического отделения, в котором установлены контрольные приборы, средства индикации, органы управления главной энергетической установкой и вспомогательными механизмами.

- **Особенности автоматизации судовых электроэнергетических установок**

Судовая электроэнергетическая установка (СЭЭУ) – электротехнический комплекс, предназначенный для бесперебойного снабжения потребителей электроэнергией требуемого количества и качества.

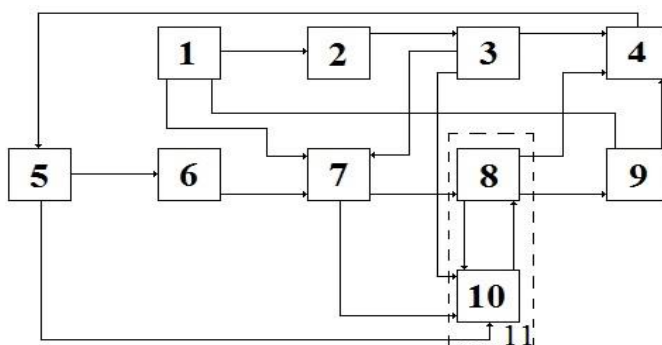


Рисунок 3 – Структурная схема СУ СЭС

Рассмотрим (рис.3) структурную схему, характеризующую состав и взаимосвязь основных компонентов СУ СЭС, где 1 – исполнительные устройства, 2 – судовая электростанция, 3 – датчики и сигнализаторы, 4 – средства отображения информации и регистрации данных, 5 – оператор, 6 – средства управления, 7 – устройства ввода, 8 – УЛМ, 9 – устройства вывода, 10 – компьютер, 11 – УВМ.

Пути решения проблемы информационной безопасности:

- 1) установка строгого контроля доступа пользователей к аппаратному обеспечению и компьютерам;
- 2) установка строгого контроля доступа компьютеров в судовую локальную информационную сеть;
- 3) организация резервного копирования и создание резервной базы данных;
- 4) тестирование планов действий по восстановлению судовых информационных систем при кибератаках;
- 5) регулярное обновление и проверка антивирусной системы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Васильев В.Н., Пипченко А.Н., Виницкий А.А., Михайлов С.А. Конечные автоматы судовых энергетических установок. – К.; Одесса: Высшая шк. Главное издательство, 1985 – 159 с.
2. David Patraiko. Cyber security on board. // Seaways: The International Journal of The Nautical Institute/ September, 2014. – London – UK.: Stephens&George, Merthyr Tydfil, 2011. – p.9.
3. Paul Thomas. Cyber: it's about operational risk management. // Alert! The International Maritime Human Element Bulletin / Issue №39 September 2015. – London – UK. – p.6.
4. Wake Philip. Guarding against failure.// Seaways: The International Journal of The Nautical Institute/ September, 2014. – London – UK.: Stephens&George, Merthyr Tydfil, 2011. – p.3.

УДК 681.5

РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА ИЗМЕРЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОГО НАПРЯЖЕНИЯ В ГИГАЕРЦОВОМ ДИАПАЗОНЕ ЧАСТОТ

С.Н. Дранчук, к.т.н., доцент

А.А. Платика, курсант

О.Я. Пышный, к.т.н., доцент

Национальный университет «Одесская морская академия»

Работа проводится в рамках разработки системы управления сетями мобильных беспроводных датчиков.

Цель данной части работ состоит в разработке измерителя мощности передатчика. Поскольку передатчик работает на одну и ту же нагрузку – встроенную антенну, измерение мощности можно заменить измерением эффективного напряжения генератора.

По требованию задания на разработку, измеритель должен выдавать ре-

зультат в виде напряжения постоянного тока, для подачи его на вход АЦП микроконтроллера. Кроме того, одно из основных требований Заказчика – низкая потребляемая мощность и максимальный импульсный ток потребления не более 3mA (номинальное напряжение питания 3 вольта).

Основные определения:

Эффективное (среднеквадратичное) напряжение ($U_{эфф}$) или Root Mean Square (U_{RMS}) является фундаментальной мерой величины переменного сигнала. Его определение может быть как практическим, так и математическим.

Определение практическое: среднеквадратичное значение, присвоенное сигналу переменного тока, представляет собой величину постоянного тока, необходимую для получения эквивалентного количества тепла в одной и той же нагрузке. Например: сигнал переменного тока равный 1 вольт U_{RMS} будет давать такое же количество тепла в резисторе, как и одновольтовый сигнал постоянного напряжения.

Математическое определение: среднеквадратичное значение напряжения определяется как:

$$U_{RMS} = \sqrt{U^2_{cp}}$$

Вышеприведенная упрощенная формула эквивалентна стандартным отклонениям статистического сигнала с нулевым средним значением. Реализация связана с возведением в квадрат сигнала, взятием среднего значения и получением квадратного корня. Время усреднения должно быть достаточно большим, чтобы обеспечить фильтрацию на самых низких рабочих частотах.

Пик-фактором (Crest Factor) формы сигнала является отношение пикового значения сигнала к его среднеквадратичному значению. Сигналы, такие как амплитудно-симметричные прямоугольные волны или уровни постоянного тока, имеют пик-фактор равный единице. Другие формы волны, более сложные по своему характеру, имеют более высокие пик-факторы.

Выпрямитель или MAD-метод измерения переменного тока

Наиболее распространенным методом измерения величины переменного сигнала является прецизионный выпрямитель (пиковых значений амплитуды сигнала), который на самом деле является мерой среднего абсолютного отклонения (Mean Absolute Deviation – “MAD”). Коэффициент усиления или масштаб системы обычно калибруется относительно отношения среднеквадратичного значения к MAD для синусоидальных волн. Это действительно если входной сигнал является неискаженной синусоидальной волной; для любой другой формы волны изменяется отношение RMS / MAD и возникают серьезные ошибки. По этим причинам метод прецизионного выпрямителя обеспечивает только относительную меру амплитуды несинусоидальных сигналов.

При выборе методов измерения мы исходили из того, что измеряемый сигнал очень далек от синусоидальной или прямоугольной формы, и его пик-фактор неизвестен. Поэтому метод «выпрямителя» был сразу исключен из рассмотрения.

Что касается прямого термического преобразования, то оно является самым простым методом в теории, однако на практике это сложнее и дороже. Этот метод включает в себя сравнение значения нагрева от неизвестного пере-

менного сигнала к теплотворной способности известного калиброванного эталонного напряжения постоянного тока. Когда калиброванный опорный сигнал напряжения настроен на нулевую разность температур между опорным резистором и сигнальным резистором, мощность, рассеиваемая в этих двух согласованных резисторах, будет равна. Таким образом, с помощью основного определения RMS, значение опорного напряжения постоянного тока будет равно среднеквадратичному значению напряжения неизвестного сигнала. При этом необходимо обеспечить абсолютно одинаковые условия теплообмена для обоих резисторов, что весьма проблематично.

Была предложена методика измерения с использованием только одного терморезистора в самобалансирующемся мосте, но макетирование показало, что у этого метода для нашего случая есть большой недостаток – для быстрого саморазогрева самого доступного малотеплоемкого («бусинкового») терморезистора необходим либо большой ток, либо напряжение больше напряжения питания, а включение схемы повышающего преобразователя напряжения экономически и энергетически не оправдано.

Наиболее очевидным методом вычисления среднеквадратичного значения является выполнение функций возведения в квадрат, усреднения и извлечения квадратного корня в прямом режиме с использованием умножителей и операционных усилителей. Прямой или явный метод вычисления (рис. 1) имеет ограниченный динамический диапазон, потому что этапы вычислений, следующие за квадратором должны иметь дело с сигналом, который сильно изменяется по амплитуде (квадратичная зависимость). Это практически ограничивает динамический диапазон входных сигналов в 20 db (отношение 10: 1).

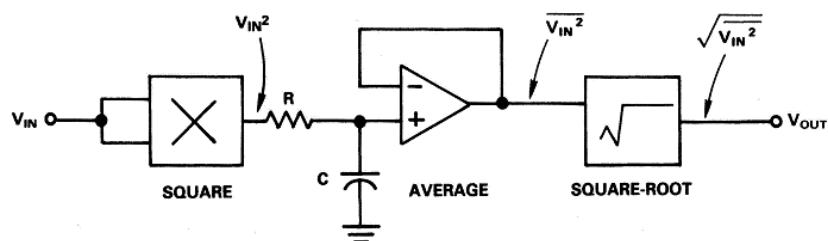


Рисунок 1 – Реализация явного метода измерения $U_{\text{эфф}}$

Косвенные или неявные вычисления использует обратную связь для выполнения функции квадратного корня неявно или косвенно на входе схемы как показано на рисунке 2. При делении на среднее значение выходного сигнала, уровни среднего сигнала теперь изменяются линейно (а не квадратично) со среднеквадратичным уровнем вводного сигнала. Это значительно увеличивает динамический диапазон «неявной» схемы по сравнению с явными среднеквадратичными схемами.

Некоторые преимущества неявного среднеквадратичного вычисления по сравнению с другими методами заключаются в меньшем количестве компонентов, большем динамическом диапазоне и, как правило, более низкой стоимости.

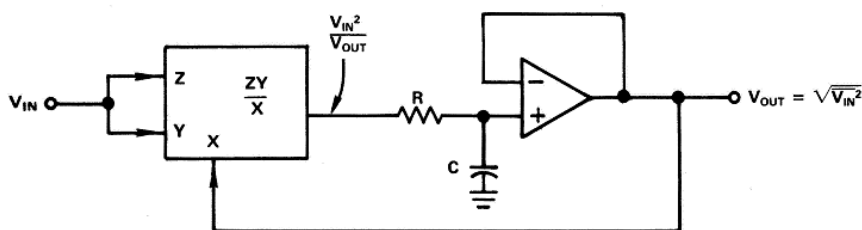


Рисунок 2 – Реализация косвенного метода измерения $U_{\text{эфф}}$

Недостатком этого метода является то, что он обычно имеет меньшую пропускную способность, чем тепловое или явное вычисление. Неявная схема вычислений может использовать прямое умножение и деление (по мультипликаторам) или может использовать любой из нескольких методов логарифмирования – антилогарифмирования.

Предварительная проработка измерителя дала направление поиска подходящих по параметрам микросхем:

- Погрешность линейности характеристики: ± 0.25 дБ на частотах до 2.5 ГГц
- Превосходная температурная стабильность
- Динамический диапазон входного сигнала: до 30 дБ на частоте 2.5 ГГц
- Максимальный уровень входного сигнала: 1250 мВ ср.кв., (15 дБм на 50 Ом)
- Калиброванные показания среднеквадратического значения
- Работа от одного напряжения питания: от 2.7 В до 5.5 В
- Низкое энергопотребление: менее 10 мВт при питании 3 В
- Быстрое переключение в режим пониженного энергопотребления с током менее 1 мкА

Исходя из этого, проводился анализ доступной компонентной базы по потреблению, наличию спящего режима, скорости преобразования. Был выбран набор подходящих кандидатов для использования, но поскольку у каждого из них есть свои плюсы и минусы, в дальнейшей работе будет проводиться их сравнительный анализ при работе в реальных условиях.

УДК 681.5

РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА ИЗМЕРЕНИЯ УРОВНЯ МОЩНОСТИ СИГНАЛОВ В СЕТЯХ БЕЗПРОВОДНЫХ ДАТЧИКОВ.

В.А. Завадский, к.т.н., профессор

О.Я. Пышный, к.т.н., доцент

К.О. Сикорская, курсант

Национальный университет «Одесская морская академия»

Принципиально измерения мощности и энергии могут производиться одинаковыми способами с той лишь разницей, что при измерении энергии необходимо определение времени. С точки зрения техники измерения, это обстоятельство не вызывает сложностей, так как время является одной из наибо-

лее просто и точно измеряемых фактических величин. В последнее время получают все более широкое распространение электронные измерительные преобразователи электрических величин в унифицированный сигнал постоянного тока, в частности преобразователи мощности.

Работа проводится в рамках разработки системы управления сетями мобильных беспроводных датчиков. Данная часть работы состоит в разработке измерителя мощности сигнала, принимаемого беспроводным датчиком.

По требованию задания на разработку измеритель должен выдавать результат в виде напряжения постоянного тока, для подачи его на вход АЦП микроконтроллера датчика. Кроме того, одно из основных требований к измерителю – низкая потребляемая мощность (максимальный импульсный ток потребления не более 3mA при номинальном напряжении питания 3 вольта).

Внимание в данном обсуждении уделяется огибающим логарифмическим усилителям, также называемым демодулирующими логарифмическими усилителями.

Термин «демодуляция» применялся к устройству такого типа, потому что логарифмический усилитель восстанавливает огибающую сигнала в процессе, подобном процессу демодуляции сигналов АМ. В общем случае основным применением логарифмических усилителей является измерение мощности сигнала, а не обнаружение содержимого сигнала. Большинство высокоскоростных измерителей с высоким динамическим диапазоном используют каскад нелинейных усилительных ячеек для генерации логарифмической функции из серии смежных сегментов, типа кусочно-линейной техники. Этот подход основан на нелинейном блоке усиления, называемом ячейкой «A/1».

Демодулирующие логарифмические усилители, основанные на каскаде ячеек «A/1», полезны в приложениях, которые не демодулируют входной сигнал. Тем не менее, демодулирующие логарифмические усилители могут быть сделаны с использованием другого типа усилителя, называемого ячейкой «A/0». Его функция отличается от функции ячейки «A/1» тем, что усиление напряжения выше определенного уровня, называемого уровнем ограничения, падает до нуля, как показано сплошной линией на рисунке.

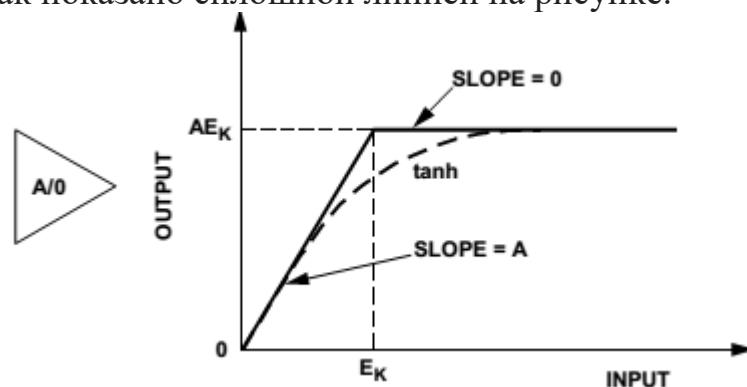


Рисунок 1 – Характеристики ячейки A/1

Становится очевидным, что выход последнего звена усиления больше не может обеспечивать логарифмический выход, поскольку он остается неизменным для всех входов выше предельного порога, который возникает при $V_{in} = E_K / A_{N-1}$. Вместо этого логарифмический вывод теперь генерируется суммиро-

ванием выходов всех звеньев. Полный анализ этого типа логарифмического усилителя только немного сложнее, чем в предыдущем случае.

Преимущество ячейки «A/0» логарифмического усилителя над ячейкой «A/1», обусловлено несколькими соображениями. Во-первых, ячейка «A/0» может быть очень простой. В микросхемном усилителе AD8307 фирмы Analog Devices Inc. она основана на биполярной транзисторной дифференциальной паре с резистивными нагрузками и источником тока эмиттера. Большая функция передачи сигнала - это гиперболический тангенс (см. пунктирную линию на рисунке). Эта функция очень точная. Фактически, закругленные плечи функции гиперболического тангенса приводят к более низкой пульсации в логарифмическом соответствии, чем при использовании идеальной функции «A/0». Усилитель, состоящий из этих ячеек, полностью дифференциален по своей структуре и поэтому может быть нечувствителен к помехам на линиях питания и, с осторожностью, к колебаниям температуры. Главным преимуществом этого подхода является то, что напряжение наклона теперь можно отделить от напряжения $E_K = 2 \text{ кТ/к}$. Эти детекторы производят выходной ток независимо от знака напряжения, подаваемого на вход каждой ячейки, то есть они реализуют функцию абсолютного значения. Поскольку выход с более поздних ступеней «A/0» близко приближается к симметричной квадратной волне даже для умеренных входных уровней (большинство звеньев цепи усиления работают в предельном режиме), токовый выход каждого из детекторов почти постоянен в течение каждого периода.

Исходя из этого, на начальном этапе работы был проведен анализ доступной компонентной базы, был выбран набор подходящих кандидатов для использования, но поскольку у каждого из них есть свои плюсы и минусы, в дальнейшей работе будет проводиться их сравнительный анализ при работе в реальных условиях.

МАТЕРІАЛИ
науково-методичної конференції
**"Актуальні проблеми суднової електроенергетики,
електромеханіки та радіоелектроніки"**
11.12.2017 – 12.12.2017

Комп'ютерна верстка *Глазєва О.В.*

Підписано до друку 9.02.2018.
Формат 60×84/16. Обл.-вид. арк. 20,8.
Наклад 220. Зам. № И18-02-55.

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