

УДК 621.311

**Смыков Юрий Николаевич**<sup>1</sup>, доцент СГУВТ  
e-mail: sws1007@mail.ru

<sup>1</sup>Сибирский государственный университет водного транспорта, г. Новосибирск, Россия.

## АСПЕКТЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ И ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ САЭЭС

*Аннотация.* Статья посвящена поиску путей обеспечения энергосбережения и энергоэффективности при электроснабжении судовой электроэнергетической системы от судовых источников электрической энергии, а также от береговых источников электрической энергии во время стоянки в акватории порта. Рассматривается влияние кондуктивной низкочастотной ЭМП по провалу напряжения, как аспект энергоэффективности САЭЭС, в том числе при электроснабжении судна с берега. Анализируются результаты исследования кондуктивной низкочастотной электромагнитной помехи по провалу напряжения. Предложен ряд технических мероприятий, обеспечивающих повышение энергоэффективности и качества функционирования САЭЭС.

*Ключевые слова:* Энергоэффективность, энергосбережение, кондуктивная низкочастотная электромагнитная помеха; электромагнитная совместимость.

Энергообеспечение – сложная долгосрочная задача, с большим количеством значимых факторов. К данным факторам относится повышение качества функционирования при электроснабжении плавучих инженерных сооружений с берега, так как электроэнергия вырабатываемая на судах в 4 – 5 раз дороже вырабатываемой береговыми электростанциями.

При электроснабжении плавучих инженерных сооружений от береговой системы возникает сложная ЭМО (Электромагнитная обстановка). Это связано, в том числе, с отличительными особенностями данной электропередачи, а именно: резко переменной нагрузкой порта, такой как крановые установки и перегрузочная техника; электрифицированный железнодорожный транспорт, являющийся значительной по мощности нагрузкой и оказывающий значительное влияние на формирование кондуктивных низкочастотных электромагнитных помех различных видов; сложные климатические условия и т. д. Таким образом, созданы предпосылки для проникновения в судовую сеть ряда явлений кондуктивным путем, в том числе таких как провалы и прерывания напряжения [1]. Рассмотрим провалы и прерывания напряжений, учитывая непредсказуемость таких явлений.

Провал напряжения, как правило, связан с возникновением и окончанием короткого замыкания или иного резкого возрастания тока в системе или электроустановке, подключенной к электрической сети. В соответствии с требованиями провал напряжения рассматривается как кондуктивная низкочастотная электромагнитная помеха, интенсивность которой определяется как напряжением, так и длительностью.

В трехфазных системах электроснабжения за начало провала напряжения принимают момент, когда напряжение хотя бы в одной из фаз падает ниже порогового значения начала провала напряжения. за окончание провала напряжения принимают момент, когда

напряжение во всех фазах возрастает выше порогового значения окончания провала напряжения.

На рисунке 1 представлен алгоритм заключения об электромагнитной обстановке по провалу напряжения в электрической сети.

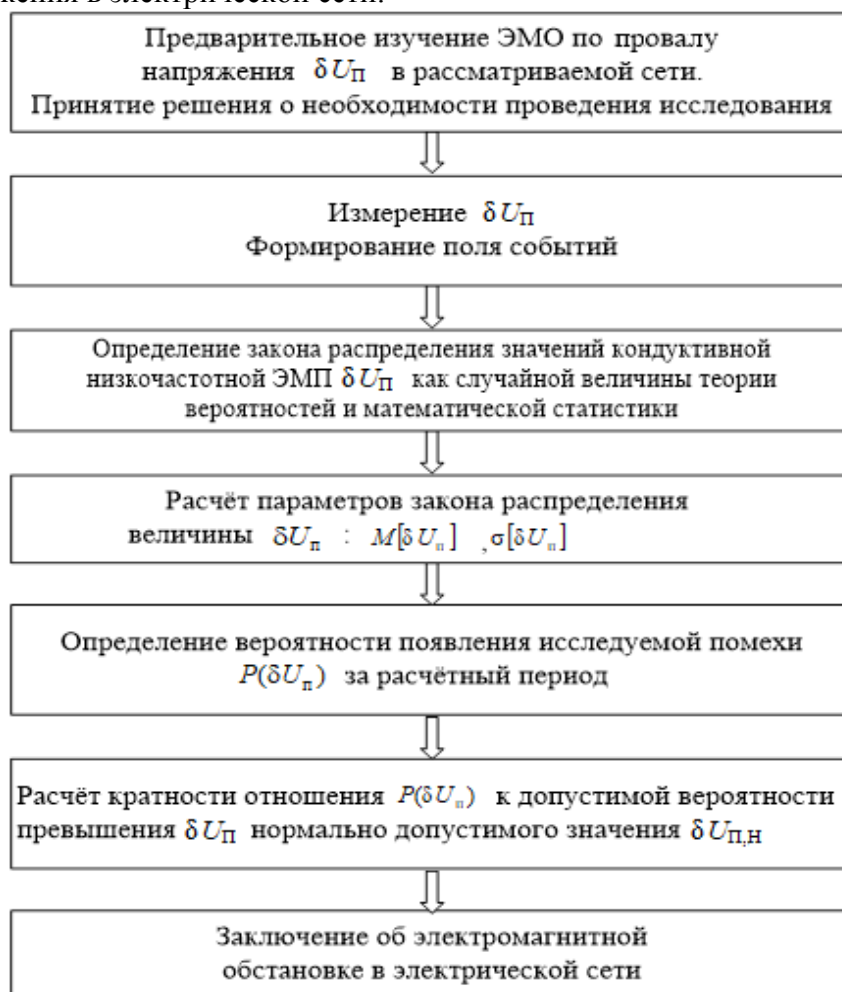


Рисунок 1– Алгоритм заключения об электромагнитной обстановке по провалу напряжения в электрической сети

В целом указанная помеха может являть детерминированной, т. е. вызванной заранее известными источниками и временем [2] (например, при подключении мощного потребителя электрической энергии, сопоставимой по мощности с источником электроснабжения) и случайной, обладающей вероятностью появления указанной помехи/

На всех стадиях электроэнергия претерпевает изменения, поэтому получение идеальной синусоидальной трехфазной системы напряжений задача труднореализуемая. Поэтому основной задачей является именно минимизация влияния всех ступеней электроэнергетической системы на качество энергии. [3]

Российской Федерации парк традиционных асинхронных двигателей (ТАД) по экспертным оценкам равен 250–280 млн единиц, а их установленная мощность превышает 2,8–3,2 млрд. кВт. Ежегодно электроприводы на основе АД потребляют не менее 60% вырабатываемой электрической энергии. Для российской промышленности это составляет около 0,55–0,65 триллионов кВт·ч, при этом потери энергии составляют от 14 до 19%, то есть не менее 77-104 млрд. кВт·ч. [4]

Ввиду более высокой стоимости вырабатываемой судовыми источниками электроэнергии по сравнению с береговыми системами электроснабжения, влияние мероприятий по энергосбережению и энергоэффективности имеют более высокий экономический эффект и меньший срок окупаемости. Так при повышении на 1-2 %

коэффициента полезного действия, например источника питания, экономический эффект составляет около 1000 р. на каждый киловатт установленной мощности источника, за неполный год, с учетом навигации на реке.

Энергосбережение многофакторная актуальная задача, однако в реальных условиях эксплуатации судового электрооборудования и средств автоматики часто уступает место более значимым задачам, таким как безопасность судоходства, пожаро и электробезопасность, обеспечение надежности и безотказности функционирования электрооборудования. Поэтому слепое копирование и реализация организационных, технических, научных и экономических мер, направленных на эффективное расходование топливо-энергетических ресурсов, по примеру западных стран или имеющих примеры применения в береговых условиях, не допустимо.

С другой стороны, особенности рек Сибири и Дальнего Востока подсказывают нам, что возможны решения представляющие интерес именно с учетом отечественных акваториальных аспектов, например применение возобновляемых источников электрической энергии (к которым относятся мини ГЭС) является перспективным вектором развития. Во время стоянки судна, когда потребление электрической энергии значительно снижено, в качестве источников электрической энергии, представляет научный и практический интерес рассмотреть гидрогенератор работающий в свободном потоке воды, единичной мощностью 2,5-7,5 кВт. Установка одной или нескольких подобных электрических машин может полностью закрыть потребности различных проектов судов в стояночном режиме. Необходимым условием является сравнительно сильное течение, которым обладают сибирские реки, и продолжительные стоянки, которые, по разным обстоятельствам, происходят при эксплуатации флота. Особый интерес применение подобных систем имеет для барж, дебаркадеров и т.д., где длительная стоянка заложена в концепцию проекта. Также к положительным сторонам данного решения можно отнести диверсификацию рисков, так как в аварийных случаях, становится возможным задействовать источник электрической энергии находящийся вне машинного отделения (первое снижение рисков) и не нуждающийся в жидком топливе (второе снижение рисков).

Энергоэффективность и энергосбережение необходимо рассматривать всесторонне в том числе интерес представляет повышение культуры производства, совершенствование навыков работы в цейтноте (цейтнот в электротехнике), совершенствование маркировки, совершенствование методов и систем сбора и обработки больших данных, формирование специализированных кодифицированных вспомогательных систем, формирование интеллектуальных вспомогательных подсистем (интеллектуальная принципиальная схема) и т.д.

Рассмотрим положительные аспекты развития кодификации неисправностей судового электрооборудования и средств автоматики.

1. Повышение уровня безопасности за счет более точного (большее количество факторов) информационного и математического моделирования сложных электроэнергетических систем.
2. Решение проблемы получения унифицированных первичных данных.
3. Систематизацию и упрощение учета неисправностей. В том числе при помощи компьютерной обработки больших данных. Сейчас этот процесс будет затруднен разной трактовкой, например замыкание статорной обмоткой, межвитковое замыкание, замыкание в лобовой части асинхронного электродвигателя и т. д. Обработать данный текст гораздо сложнее (опечатки, сокращения, точность формулировок и т. д.), чем конкретный код неисправности. Выявление слабых узлов и механизмов с большим числом отказов. Формирование корректирующих действий, а как следствие повышение надежности и безопасности судоходства.
4. Создание безэкипажного флота.
5. Повышение энергосбережения и энергоэффективности при эксплуатации САЭЭС.



6. Позволит закрепить нахождение страны в передовых странах в области судостроения.
7. Упрощение ведения документации.
8. Устранение ошибок и погрешностей, при передаче информации, повышение скорости передачи информации.
9. Появляется возможность выбора инструментов и запасных частей настроить под кодификацию неисправностей.
10. Создание рем комплектов под определенные коды неисправности.

Таблица 1.1 – Кодификация неисправностей судового электрооборудования и средств автоматике

Код неисправности	Код действия при неисправности	Описание неисправности	Категория оборудования	Наименование
C 743543	234654.1	Короткое замыкание статорной обмотки электродвигателя	Системы обслуживающие силовую установку	Компрессор
O 456798	567809.3	Неисправный подшипник со стороны вентилятора	Общесудовые системы	Насос санитарный
P 988677	099788.7	Многократное срабатывание аппаратов защиты	Рулевое и гребное устройства	Рулевая машина

Таким образом, существующие методы информационного и математического моделирования неисправностей электрооборудования и автоматике плавучих сложных инженерных сооружений не имеют возможности использовать большого количества исходных данных (первичных данных), в части неисправностей судового электрооборудования и средств автоматике. Причём создание унифицированных кодов неисправности судового электрооборудования и средств автоматике имеет возможность закрепиться в международной практике, что несет в себе не только закрепление лидирующего значения нашей страны в отрасли, но и увеличение скорости обмена информации, повышения уровня безопасности судоходства и решение проблемы информационного и математического моделирования судовых автоматизированных электроэнергетических систем, в части получения первичной информации. Приведенные выше положительные аспекты применения указанной технологии позволяют получить, в том числе энергосберегающий эффект и повысить энергоэффективность. В первую очередь это связано с тем, что время упрощается предиктивный анализ неисправностей, обнаружение неисправности, подготовка и поиск ЗИПа (запасных частей, инструментов и приспособлений), повышает скорость ремонта, что в конечном счете ведет к более быстрому возвращению к расчетному режиму работы, который в данном контексте обладает более высоким коэффициентом полезного действия.

#### Список литературы:

1. Сальников В.Г., Смыков Ю.Н., Барков Д.А., Васильев С.М. Сохранение устойчивости судовой электроэнергетической системы при питании судна с берега Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. 2014. № 3. С. 160-163.
2. Смыков Ю.Н. Аспекты повышения качества электрической энергии в автономных системах электроснабжения Промышленная энергетика. 2022. № 11. С. 17-23.
3. Белицын И.В., Голомонзин Д.Ю. Компенсация реактивной мощности как средство повышения качества электрической энергии // Евразийское Научное Объединение. 2020. № 10-2 (68). С. 84-86.



4. Мугалимов Р.Г., Мугалимова А.Р. Сравнительная оценка класса энергоэффективности асинхронных двигателей и электротехнических комплексов с их применением // Электротехнические системы и комплексы. 2016. № 4 (33). С. 14-19

## ASPECTS OF ENERGY SAVING AND ENERGY EFFICIENCY OF SAEES

Yuri N. Smykov

*Abstract.* The article is devoted to the search for ways to ensure energy saving and energy efficiency in the power supply of the ship's electrical power system from ship sources of electrical energy, as well as from coastal sources of electrical energy during parking in the port waters. The influence of a conductive low-frequency EMF on voltage dip is considered as an aspect of the energy efficiency of the SAEES, including when powering the ship from the shore. The results of the study of conductive low-frequency electromagnetic interference by voltage dip are analyzed. A number of technical measures have been proposed to improve the energy efficiency and quality of the SAEES operation.

*Keywords:* Energy efficiency, energy saving, low-frequency conductive electromagnetic interference; electromagnetic compatibility.

