

УДК 629.064.5

ОПТИМИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ СУДНА С БЕРЕГА

Смыков Ю.Н. , ст. преподаватель каф. «ЭСЭ» Сибирский
Государственный Университет Водного Транспорта г. Новосибирск

Для создания оптимальной структуры системы электроснабжения судна с берега произведен ретроспективный и превентивный анализ. Существуют работы рассматривающие проблематику качества электрической энергии, которая на данный момент является актуальной ввиду значительных потерь, как при передаче электроэнергии, так и значительных потерь связанных с потребителями электроэнергии (увеличение потерь от низкого качества электроэнергии, снижение срока службы и т.д.). С этой точки зрения система электроснабжения судна с берега не является исключением, а низкое качество электроэнергии имеет различную природу, в том числе, повторно – кратковременный режим работы механизмов транспортных терминалов, наличие железнодорожных подстанций, несимметрия и т.д. Рассмотрим электропередачу «берег - судно» более детально, а именно уравнение баланса мощности при электроснабжении судна с берега и схему замещения фидера электропередачи «берег - судно».

В каждый момент установившегося режима в системе электроснабжения судна с берега существуют балансы по активной и реактивной мощности.

Уравнения баланса мощностей будет иметь вид

$$\sum P_u = \sum P_n + \sum P_k + \sum P_{cm} + \sum P_d \quad (1.1)$$

$$\sum Q_u = \sum Q_n + \sum Q_k + \sum Q_{cm} - \sum Q_{бк} + \sum Q_d, \quad (1.2)$$

где $\sum P_u$, $\sum Q_u$ – суммарные активные и реактивные мощности генерирующих источников; $\sum P_n$, $\sum Q_n$ – суммарные активные и реактивные мощности судовых электроприемников; $\sum P_k$, $\sum Q_k$ – суммарные активные и реактивные потери мощности в кабельных линиях $\sum P_{ст}$, $\sum Q_{ст}$ – суммарные активные и реактивные расходы мощности в трансформаторе; $\sum Q_{бк}$ – суммарная реактивная мощность батареи конденсатора; $\sum P_d$, $\sum Q_d$ – суммарные активные и реактивные расходы мощности на собственные нужды порта

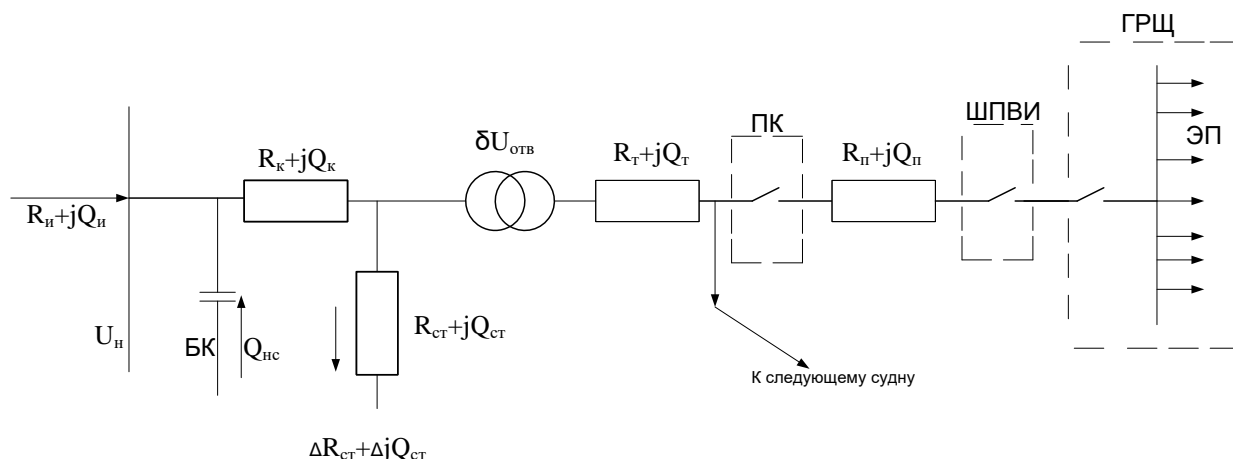


Рисунок 1 – Схема замещения фидера электропередачи «берег-судно», с направленными потоками мощностей

На рисунке 1 представлена схема замещения фидера электропередачи «берег - судно», где обозначено: R_k, R_t, R_p ; X_k, X_t, X_p – соответственно, активное и реактивное сопротивления кабеля 10кВ, трансформатора и штатного кабеля 0,4 кВ; $\Delta P_{ст}, \Delta Q_{ст}$ – потери активной и реактивной мощности в стали трансформатора; U_n – напряжение источника питания; P_i, Q_i – активная и реактивная мощности, поступающие от источника питания в судовую электрическую сеть; P_p, Q_p активная и реактивная мощности судовых электроприемников; $R_{ст}, X_{ст}$ – активные и реактивные сопротивления, характеризующиеся соответствующие потери мощностей в трансформаторе.

Однако по ряду причин, таких как большая удаленность порта, повторно – кратковременный режим работы механизмов транспортных терминалов, изношенность линий электропередачи, низкого $\cos\phi$ и т.д., происходит нарушение баланса реактивной мощности, особенно выражено в часы максимального потребления электроэнергии (пиковая нагрузка). На рисунке 2 представлен график нагрузки при электроснабжении судна с берега.

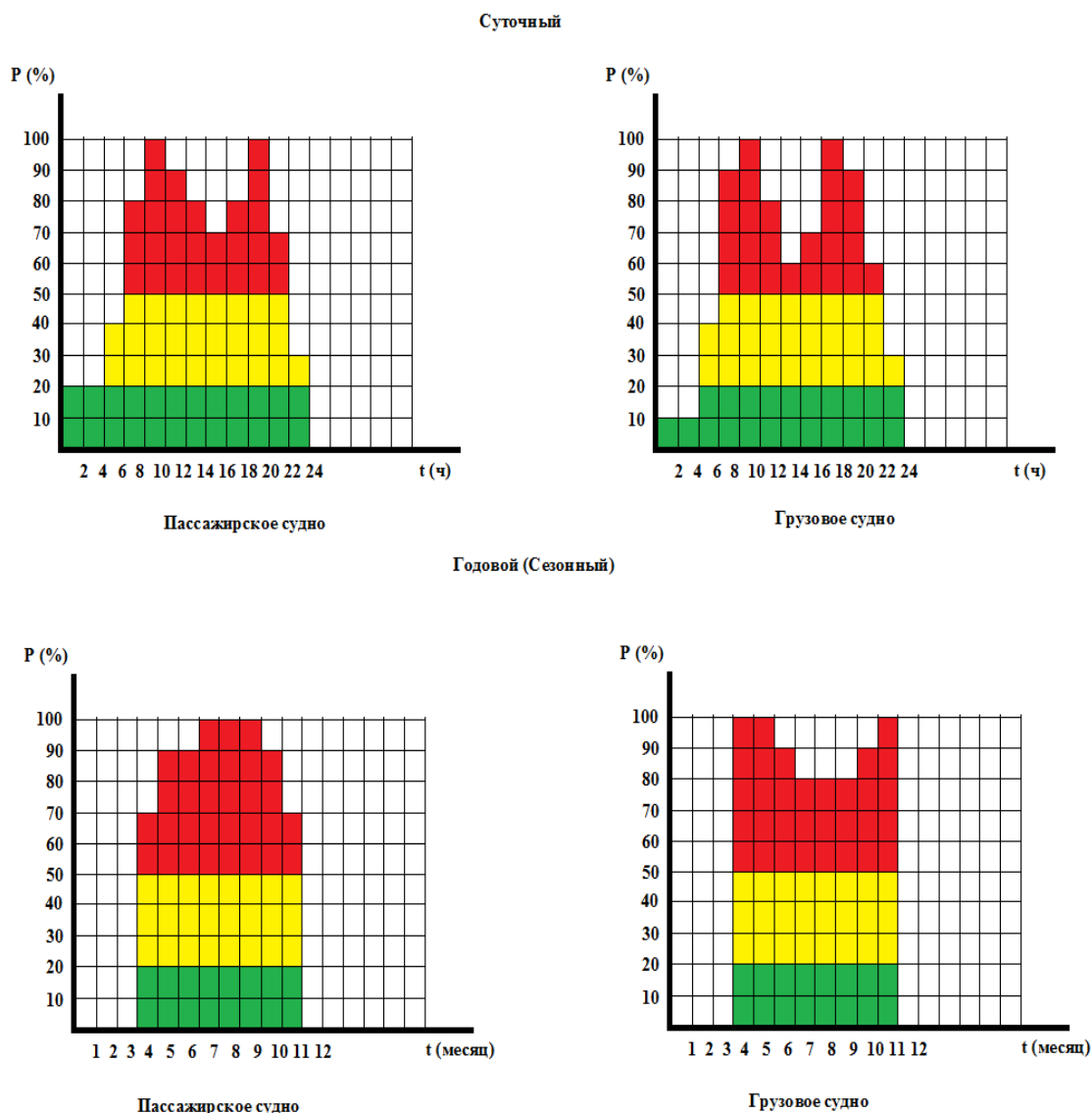


Рисунок 2 - График нагрузки в стояночном режиме

Поэтому первым критерием оптимизации структуры электроснабжения с берега является повышение качества получаемой электроэнергии. Превентивный анализ показывает, что существующая в международном пространстве глобализация и развитие логистической составляющей в нашей стране приведет к активному использованию флота в целом и иностранного флота в частности. Таким образом, необходимо выделить второй критерий оптимизации - обеспечения электроснабжения иностранных судов с берега, так как динамика изменения требований к выбросам отработанных газов в окружающую среду в различных портах мира показывает, что в дальнейшем электроснабжения судна с берега перейдет из разряда «хорошая практика» в разряд требований, которые необходимо неукоснительно соблюдать.

Параметры судовой электроэнергетической системы иностранных судов значительно отличаются от применяемых в нашей стране параметров.

Третьим критерием оптимизации является обеспечения надежного функционирования электроснабжения неотъемлемых для современного порта систем, таких как система пожарной безопасности, системы обеспечивающие охрану судна и безопасность, системы связи, системы экологического мониторинга и т.д.

1. Оптимизация путем повышения качества электроэнергии поступающей к судовым потребителям.

Для осуществления оптимизации по вышеуказанному критерию необходимо изучить большой круг факторов. Стоит отметить, что вопрос повышения качества электроэнергии и разработки мероприятий по улучшению качества электроэнергии рассматривается в многочисленных научных работах, как отечественных, так и зарубежных ученых. Наличие таких работ показывает, что вопрос повышения качества электроэнергии не теряет своей актуальности. Интуитивно понятно, что одним из факторов, влияющих на получение оптимизации по указанному критерию является обслуживающий персонал и локальные нормативные документы (не имеющих широкого распространения) и другие условия, учет которых не возможен, а влияние локально, поэтому в работе не учитываются. Далее необходимо рассмотреть ГОСТ 32144-2013, где основными показателями качества электроэнергии являются:

- 1) отклонение частоты δf ;
- 2) медленные изменения напряжения $\delta U_m(+)$ $\delta U_m(-)$
- 3) перенапряжение δU
- 4) доза фликера (мерцания или колебания) P_t ;
- 5) суммарный коэффициент искажения синусоидальности кривой напряжения K_U
- 6) коэффициент n -й гармонической составляющей напряжения $K_{U(n)}$
- 7) коэффициент несимметрии напряжений по обратной последовательности K_{2U} и коэффициент несимметрии напряжений по нулевой последовательности K_{0U} ;
- 9) глубину и длительность провала напряжения δU_{np} , Δt_{np}

Проанализировав указанные выше показатели на предмет наиболее часто встречающихся при эксплуатации электропередачи «берег - судно», а значит обладающих значимостью относительно других критериев (показателей) с точки зрения разработки оптимальной системы электроснабжения судна с берега.

Данные факторы (показатели качества электрической энергии), а именно несоответствие их ГОСТу 32144-2013 рассмотрим по порядку, в том

числе указывая средства и способы повышения качества электроэнергии при данных нарушениях.

1 Медленные изменения напряжения $\delta U_m(+)$ $\delta U_m(-)$

Обусловлены, как правило, высоким уровнем нагрузки потребителя и недостатком реактивной мощности при рассмотрении уравнения баланса мощности.

Рассмотрим возможные корректирующие действия.

1.1 Изменение режима напряжений или регулирование напряжения на шинах ЦП;

1.2 Изменение значений потерь напряжения в отдельных элементах сети (линиях, трансформаторах) или на нескольких участках сети одновременно;

1.3 Изменение коэффициентов трансформации нерегулируемых и регулируемых под нагрузкой трансформаторов и автотрансформаторов, линейных регуляторов (ЛР). При этом изменяются величины соответствующих добавок напряжения.

2 Суммарный коэффициент искажения синусоидальности кривой напряжения K_U

Возникновение высших гармонических составляющих в спектре питающего напряжения связано с применением электрооборудования с нелинейной вольт-амперной характеристикой. Такое оборудование потребляет ток несинусоидальной формы, искажая синусоиду питающего напряжения, поэтому электрооборудование с нелинейной вольт-амперной характеристикой будет являться генератором высших гармоник тока.

Рассмотрим возможные корректирующие действия.

2.1 Применение ФКУ (Фильтро - компенсирующее устройство)

3 Коэффициент несимметрии напряжений по обратной последовательности K_{2U} и коэффициент несимметрии напряжений по нулевой последовательности K_{0U} ;

Несимметрия трехфазной системы напряжений обусловлена несимметричными нагрузками потребителей электрической энергии или несимметрией элементов электрической сети. Показателями КЭ, относящимися к несимметрии напряжений в трехфазных системах, являются коэффициент несимметрии напряжений по обратной последовательности K_{2U} и коэффициент несимметрии напряжений по нулевой последовательности K_{0U} .

Рассмотрим возможные корректирующие действия.

3.1 Подключение несимметричных нагрузок на участках сети с возможно большей мощностью к.з.;

3.2 Выделение несимметричных нагрузок значительной мощности на отдельные трансформаторы;

3.3 Равномерное распределение однофазных нагрузок по всем фазам.

2. Оптимизация путем обеспечения дифференцированного подхода в процессе преобразования электроэнергии и подключения судов иностранного производства.

Этот критерий оптимизации выбран исходя из тенденции развития отрасли у нас и за рубежом. Если обеспечить наличие напряжения питания береговой сети отличной от общепринятых параметров возможно при помощи трансформатора, то обеспечение частоты питания 60 Гц потребует установку преобразователей.

3. Оптимизация путем обеспечения надежного функционирования электроснабжения внутрипортовых систем.

Для обеспечения надежного функционирования электроснабжения внутрипортовых систем существует ряд решений, таких как дублирование, несколько вводных фидеров, источники бесперебойного питания и т.д.

На данный момент выделенные критерии оптимизации наиболее четко описывают комплексную систему электроснабжения судна с берега. Для обеспечения вышеуказанных критериев одним из вариантов будет использование солнечной электростанции, в качестве дополнительного источника электроэнергии, который в часы пиковой загрузки обеспечит поддержание напряжения на номинальном уровне. Действительно пиковые нагрузки при электроснабжении судна с берега возникают в дневное время, когда происходит основная выработка электрической электроэнергии от солнечной электростанции. Число солнечных дней в наших широтах не велико, но так как электроснабжение судна с берега в основном необходимо с мая по октябрь, минуя зимний период с малым количеством солнечных дней то данный подход, также является оптимальным. Обеспечение же иностранных судов частотой отличной от общепромышленной 50 Гц, а именно 60 Гц, обеспечивается за счет преобразователей (инверторов). Данные инверторы установлены в составе солнечной электростанции, так как необходимость их обусловлена созданием переменного напряжения и в стандартном состоянии обеспечивают частоту 50 Гц на выходе, но в своих базовых функциях обладают возможностью переключения на 60 Гц.

Наличие больших площадей портовой зоны в том числе поверхности кровли, позволяют установить достаточное количество модулей для солнечной электростанции. Однако одной из отличительных особенностей является принцип использования солнечной электростанции, а именно обеспечение дополнительных мощностей в период пиковой загрузки и выравнивание напряжения по фазам. Кроме этого третий критерий оптимизации также соблюдается. Поскольку существует звено постоянного тока (АКБ) в составе солнечной электростанции в аварийный, ремонтный период сохраняется бесперебойным питание особо ответственных потребителей портовой инфраструктуры.

Существуют и другие аспекты при электроснабжении судна с берега, которые рассмотрены автором в различных статьях и на конференциях. Важное значение имеет разработка транспортных подсистем, использующих новые технические и технологические решения, в том числе учитывающие географические и природно-климатические особенности малоосвоенных территорий Сибири, Дальнего Востока, Арктической зоны Российской Федерации.

Например, одним из основополагающих элементов современной комплекса электроснабжения судна с берега является наличие унифицированной системы для быстрого подключения и отключения судов. Автором данной статьи разработан электрический соединитель, который позволяет производить быстрое отключение и подключения различных судов. Получен положительный результат формальной экспертизы заявки на изобретение данного электрического соединителя. При разработке были учтены следующие факторы: надежность и простота при эксплуатации в различных климатических зонах, долговечность и низкая себестоимость, опыт эксплуатации других типов электрических соединителей.

Таким образом, рассмотрение данных критериев оптимизации позволит, по мнению автора, создать оптимальную систему электроснабжения судна с берега, которая обеспечит условия для надежного, эффективного электроснабжения судна с берега на данный момент времени и в обозримом будущем. В условиях удешевления компонентной базы и повышении экологических требования данное направление разработки является актуальным.