

ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ И ЭФФЕКТИВНОСТИ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ СИСТЕМ БУРОВЫХ УСТАНОВОК

А.П. Ныркв (ГУМРФ им. адмирала С.О. Макарова),

А.А. Жиленков, С.Г. Черный (КГМТУ)

Приводится оценка надежности и эффективности работы электроэнергетической системы и систем автоматики автономной буровой установки, проведенная на основе данных натурных испытаний и анализа применяемых на буровых установках типовых систем автоматического управления и регулирования. Показана низкая энергоэффективность современных автономных буровых установок и проблемы электромагнитной обстановки.

Ключевые слова: надежность, буровые установки, энергоэффективность, автоматическое управление

В настоящее время целый ряд морских установок, платформ и объектов водного транспорта использует в своем составе регулируемый электропривод постоянного тока, соизмеримый по мощности с мощностью питающей его автономной электроэнергетической системы. К таким объектам, в частности, относятся морские буровые установки. Применение на них электропривода постоянного тока обусловлено необходимостью обеспечения глубокого регулирования при управлении главными механизмами буровой. Типовая схема буровой установки в качестве привода основных механизмов включает электрически регулируемый электропривод на базе тиристорного преобразователя и двигателя постоянного тока (система ТрП-ДПТ). Таковую систему имеют получившие широкое распространение установки БУ2500, БУ5000, БУ3900 и т. п.

В качестве основных источников электроэнергии на них применяются дизель-генераторные агрегаты ДГА1, ДГА2 и т. д., состоящие из синхронных генераторов СГ1, СГ2 и т. д., приводимых во вращение дизелями Д1, Д2 и т. д. (рис. 1). Предусмотрена возможность параллельной работы всех СГ, что позволяет суммировать их мощность на общих шинах главного распределительного щита (ГРЩ).

На все генераторы подводится напряжение возбуждения u_f , а все дизели получают топливо с величиной расхода g (рис. 1). Для ДГА, который является ведущим в группе параллельно работающих генераторов, используются системы автоматического регулирования напряжения (АРН) и автоматического регулирования частоты (АРЧ). Для ДГА, являющихся ведомыми в группе параллельно работающих генераторов, осуществляются регулирование активной и реактивной мощности с использованием регуляторов, соответственно АРАМ и АРРМ, воздействующих на дизель через топливную систему, а на генератор — через систему возбуждения.

Система ДГА-ТрП-ДПТ обладает по сравнению с другими системами автономных приводов рядом существенных преимуществ [1], а анализ

существующих проектных решений показывает, что данная система не теряет актуальности и будет использоваться при построении буровых установок и в дальнейшем.

Однако при этом не теряет актуальности, становясь все более острой, проблема обеспечения электромагнитной совместимости указанных объектов и их энергоэффективности, связанная с наличием значительных потоков неактивной мощности в них.

Проведенные авторами исследования параметров функционирования электротехнического комплекса распространенных буровых установок выявили наличие существенных проблем в сфере обеспечения их энергоэффективной и надежной работы. Перегрузка основных источников энергии неактивной мощностью, складывающейся из реактивной мощности и мощности искажений, снижает к.п.д. дизель-генераторов, сокращает их межремонтный срок эксплуатации и вызывает перерасход топлива. Наличие мощного ТрП в электроэнергетической системе соизмеримой мощности приводит к тому, что в электротехническом комплексе буровой установки наиболее распространенных типов наблюдается существенное ухудшение энергетических характеристик и качества электроэнергии системы: возрастает потребление реактивной мощности; происходит искажение формы напряжения сети из-за генерации ТрП токов высших гармоник.

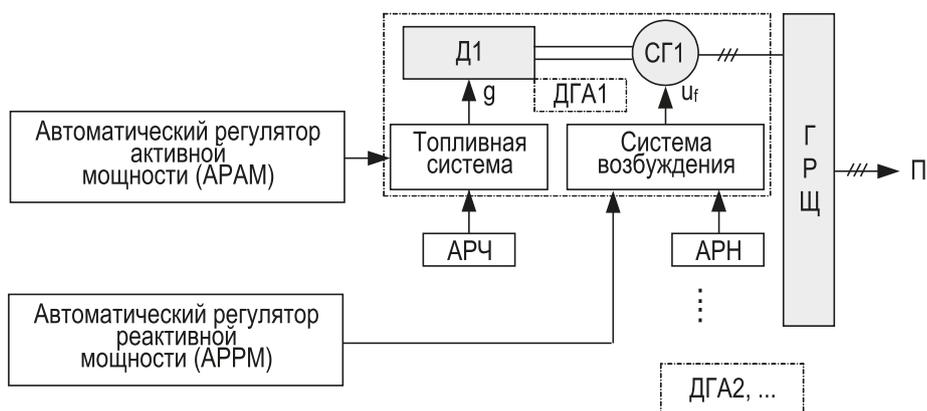


Рис. 1. Системы автоматического регулирования параметров электроэнергии в электроэнергетической системе буровой установки, где ДГА1 — дизель-генераторный агрегат (дизель Д1 + генератор СГ1); АРЧ, АРН — системы автоматического регулирования частоты и напряжения синхронного генератора

Увеличение потребления реактивной мощности приводит к возрастанию потерь в питающей сети, дополнительным отклонениям и колебаниям напряжения сети [2, 3].

Перспективные методы и средства повышения качества электроэнергии в автономных электроэнергетических системах

Обеспечения заданных показателей качества в электроэнергетических системах (ЭЭС) ограниченной мощности при работе на соизмеримую по мощности нелинейную нагрузку в основном пытаются достичь путем:

- 1) включения в ЭЭС фильтров для подавления высших гармоник и компенсации мощности сдвига;
- 2) модернизации полупроводниковых преобразователей.

Применение статических фильтров в ЭЭС перспективно, а часто и недопустимо в связи с особенностями самой ЭЭС, так как нестабильная частота тока автономной сети, высокий уровень искажений и их асимметричный характер в большинстве случаев приводит к ухудшению параметров качества электроэнергии при использовании статических фильтров, к резонансным явлениям, усилению гармоник и т. п.

В результате первое направление все чаще сводится к модернизации систем управления фильтро-компенсирующими устройствами (ФКУ), компенсаторов и активных фильтров (АФ) гармоник, что в конечном итоге должно обеспечить эффективное подавление высших гармоник и компенсации реактивной мощности. И окончательного решения проблемы в данном направлении на данный момент не найдено. В первую очередь это связано со сложностью идентификации параметров искажений: частоты, начального угла сдвига фаз и т. д.

В направлении модернизации полупроводниковых преобразователей, как правило, стоит задача улучшения качества энергии на выходе преобразователя либо обеспечения устойчивой работы системы управления преобразователя в условиях мощных кондуктивных импульсных помех в сети, что также улучшает электромагнитную обстановку в ЭЭС, но косвенным образом и в меньшей степени по эффективности.

Повышение энергоэффективности ЭЭС

Повышение эффективности ЭЭС предлагается обеспечить наиболее полным использованием мощностей СГ ЭЭС при наименьшем числе работающих ДГА. При низком качестве электроэнергии эта задача трудно реализуема. Однако путем математического моделирования различных режимов работы ЭЭС исследованных буровых установок было установлено, что введение адаптивных систем для управления ФКУ позволяет снизить мощность последних, а значит, снизить их стоимость и повысить эффективность управления качеством электроэнергии в ЭЭС.

Оценка энергоэффективности системы может выполняться по обобщенному показателю качества электроэнергии. Для оценки общего показателя качества электроэнергии, как правило, используется известное выражение коэффициента мощности PF , которое учитывает показатели мощностей в виде произведения относительной мощности искажения χ и показателя реактивной мощности по первой гармонике $\cos \phi$:

$$PF = \chi \cos \phi.$$

Считая, что гармонические искажения напряжения в сети малы (что справедливо для сети бесконечной мощности), по умолчанию принимают, что действующее значение напряжения определяется значением основной гармоники, т. е. $U_{rms} \approx U_1$. В результате коэффициент мощности представляют выражением:

$$PF = \frac{U_1 I_1 \cos \phi}{U_1 I_{rms}} = \frac{I_1 \cos \phi}{I_{rms}}.$$

Так как согласно экспериментальным данным в исследуемой сети ограниченной мощности уровень СГИ напряжения существенно превышает допустимый, то для повышения точности оценки необходимо учитывать гармонические искажения напряжения [4, 5] сети, и в результате обобщенный показатель качества электроэнергии может быть представлен выражением:

$$X = \chi \cos \phi = \frac{U_1 I_1 \cos \phi}{U_{rms} I_{rms}}.$$

Расчеты показывают, что разница между значениями PF и X в крайних режимах загрузки ТП может достигать по абсолютному значению 8%. Для исследованной установки получаем мощность около 400 кВА.

По результатам расчетов для исследуемой системы максимальная мощность ФКУ, необходимая для достижения $\chi = 0,988$ и $\cos \phi = 0,85$, составляет 480 кВА в случае использования типовой системы управления ФКУ. Если же обеспечить в ходе управления работой ФКУ возможность автоматического выбора значений желаемых параметров качества, приняв, допустим, что желаемый $\cos \phi$ в системе может варьироваться в пределах $0,8 \dots 0,9$, а показатель $\chi = 0,968 \dots 0,99$, а управление ФКУ будем осуществлять из условия постоянства его номинальной загрузки по полной мощности, то моделирование приводит к результатам, из которых видно, что заданные показатели качества обеспечиваются при максимальной полной мощности ФКУ не более 336 кВА.

На рис. 2 приведены значения показателей качества, полученные в результате моделирования такой системы управления. Заметим, что изменение режимов ФКУ в представленных примерах осуществляется только в 5 точках из N . Непрерывное регулирование по всему диапазону N позволит улучшить качество регулирования обобщенного показателя электроэнергии.

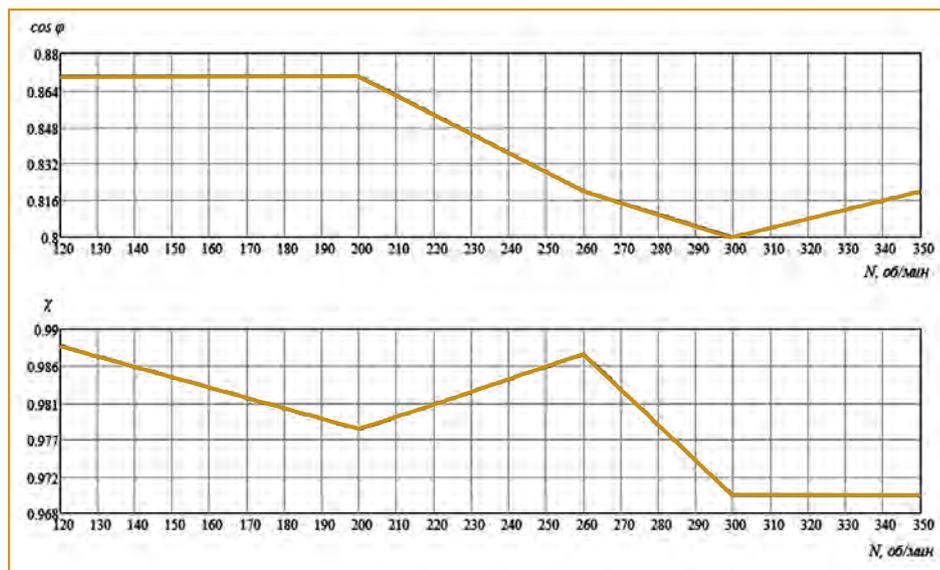


Рис. 2. Значения показателей качества в различных режимах при адаптивном управлении ФКУ

Предложенный вариант управления обеспечивает максимально полное использование ресурсов ФКУ и ЭЭС при поддержании заданных показателей качества электроэнергии, учитывая изменение составляющих неактивной мощности в зависимости от режимов работы ЭЭС и ее нагрузки.

Для практической реализации разработанного алгоритма необходимо обеспечить идентификацию параметров составляющих неактивной мощности. В первую очередь речь идет о точном определении в режиме реального времени параметров гармоник токов и напряжений сети. Параметры первых гармоник позволят определять компенсируемую реактивную мощность, что на фоне высоких гармонических искажений и колеблющейся в зависимости от нагрузки частоты сети является нетривиальной задачей. Точная идентификация параметров высших гармоник позволит эффективно компенсировать их средствами активных фильтров. Полная информация по реактивной мощности и мощности искажения позволит распределять полную мощность ФКУ пропорционально их уровням.

Выводы

Искажение форм токов и напряжений сети ухудшают качество электроэнергии и приводит к ряду негативных последствий для потребителей и самой электроэнергетической системы буровой установки,

Ныркoв Анатолий Павлович — д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой комплексного обеспечения информационной безопасности Государственный университет морского и речного флота им. адмирала С.О. Макарова,

Жиленков Антон Александрович — канд. техн. наук, старший преподаватель,

Черный Сергей Григорьевич — канд. техн. наук, доцент кафедры электрооборудование судов и автоматизация производства Керченского государственного морского технологического университета.

Контактный телефон (812) 748-96-41.

E-mail: NyrkovAP@gumrf.ru zhilenkovanton@gmail.com sergiiblack@gmail.com

так как происходит увеличение потерь электроэнергии в электрооборудовании, сокращение срока службы электропотребителей за счет ускоренного старения изоляции, уменьшение электромагнитного момента асинхронных двигателей, увеличение погрешности электроизмерительных приборов, нарушение работы систем автоматики, телемеханики и связи и т.п. Наблюдается значительный перерасход топлива и уменьшение ресурса ДГА. При существующем состоянии качества электроэнергии на буровых установках затрудняется рост их автоматизации, являющийся в настоящее время перспективным

направлением их технологического развития, в том числе и с позиции повышения эффективности.

Очевидно, что такое состояние проблемы требует проведения научных исследований с целью повышения экономичности буровых установок и надежности функционирования их систем. Одним из перспективных путей авторы считают разработку новых систем управления существующих ФКУ, применяемых на буровых установках, и не способных при использовании типовых систем управления эффективно функционировать в условиях изменчивой структуры исследуемых ЭЭС и резкопеременного характера их нагрузок.

Список литературы

1. Моцохейн Б.И., Парфенов Б.М., Шпилевой В.М. Электропривод, электрооборудование и электроснабжение буровых установок. Тюмень, 1999. 263 с.
2. Кудрин Б.И. Электроснабжение промышленных предприятий. М.: Энергоатомиздат, 1995. 416 с.
3. Солодухо Я.Ю. Тенденции компенсации реактивной мощности. 4.2. Методы и средства компенсации реактивной мощности. М.: Информэлектро. 1988. 49 с.
4. Жиленков А.А., Черный С.Г. Применение нейронечеткого моделирования для задач идентификации многокритериальности в транспортной отрасли // Вестник самарского государственного университета путей и сообщений. 2014. № 1(23). С. 104-110.