

УДК 620.9

ВОЗМОЖНОСТЬ СНИЖЕНИЯ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ С ПОМОЩЬЮ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Н. В. Индылова, Н. И. Цыгулев, Н. С. Зитляева, Р. В. Кулькин

Донской государственный технический университет, (г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация)

Описывается исследование пилотного проекта электроснабжения постоянным током (напряжением 0,4 кВ) 15 жилых частных домов максимальной мощностью по 15 кВт, а также двух улиц с наружным освещением (каждая по 600 метров).

Ключевые слова: распределительная сеть, постоянный ток, переменный ток, кабельная линия, LED-светильники, наружное освещение, выпрямительная подстанция постоянного тока.

POSSIBILITY TO REDUCE POWER LOSSES USING DIRECT CURRENT

N. V. Indylova, N. I. Tsygulev, N. S. Zityaeva, R. V. Kulkin

Don State Technical University (Rostov-on-Don, Russian Federation)

The paper describes the study of a pilot project for direct current (0.4 kV) power supply to 15 residential private houses with a maximum capacity of 15 kW, as well as two streets with outdoor lighting (600 meters each).

Keywords: distribution network, direct current, alternating current, cable line, LED lamps, outdoor lighting, DC rectifier substation.

Введение. Электрическая энергия является единственным видом продукции, для перемещения которого от мест производства до мест потребления не используют другие ресурсы. С этой целью расходуется часть самой передаваемой электроэнергии, поэтому ее потери неизбежны. Снижение потерь электроэнергии в электрических сетях — одно из важных направлений энергосбережения [1]. Цель данной статьи — анализ пилотного проекта по электроснабжению постоянным током жилых домов и улиц с наружным освещением, возможность снижения при этом потерь электроэнергии, а также определение преимуществ новой технологии в плане экологии и экономии затрат при внедрении в строящемся с нуля жилом секторе.

Битва токов AC/DC. Почти каждый дом и офис подключены сейчас к сети переменного тока. В конце же 1880-х годов в Соединенных Штатах и Европе происходила настоящая полномасштабная битва между переменным током и сетями постоянного тока.

В 1886 году электрическая компания Ganz Works, расположенная в Будапеште, электрифицировала весь Рим с помощью переменного тока. Томас Эдисон, с другой стороны, построил 121 электростанцию постоянного тока в Соединенных Штатах к 1887 году. Переломным моментом в битве стало то, что Джордж Вестингауз, известный промышленник из Питтсбурга, приобрел патенты Николы Теслы на двигатели переменного тока и передачу тока в следующем году.

В конце 1800-х годов постоянный ток не мог быть легко преобразован в высокое напряжение. В результате Эдисон предложил систему небольших локальных электростанций, которые будут питать отдельные районы или городские районы. Питание распределялось по трем проводам от силовой установки: +110 вольт, 0 вольт и -110 вольт. 110 В допускало некоторое падение напряжения между заводом и нагрузкой (дома, в офисе и т. д.).

Несмотря на то, что падение напряжения на линиях электропередачи было учтено, электростанции должны были находиться в пределах 1500 метров от конечного пользователя. Это ограничение сделало распределение электроэнергии в сельской местности чрезвычайно трудным, если не невозможным.

Получив патенты Н. Теслы, Дж. Вестингауз разработал систему распределения переменного тока. Трансформаторам предоставили недорогой метод повышения напряжения переменного тока до нескольких тысяч вольт и снижения до приемлемых уровней. При более высоких напряжениях одна и та же мощность может передаваться при гораздо более низком токе, что означает меньшую потерю мощности из-за сопротивления в проводах. В результате крупные электростанции могут быть расположены за много миль и обслуживать большее количество людей и зданий.

В течение последующих нескольких лет Эдисон проводил кампанию, направленную на то, чтобы не поощрять использование переменного тока в Соединенных Штатах, включая отстаивание интересов в законодательных органах штатов и распространение дезинформации о АС. Эдисон также дал указание нескольким техническим специалистам публично казнить животных электрическим током, пытаясь показать, что он более опасен, чем постоянный ток. В попытке показать эти опасности Гарольд П. Браун и Артур Кеннелли, сотрудники Edison, разработали первый электрический стул для штата Нью-Йорк с использованием переменного тока [2].

Восстание АС. В 1891 году во Франкфурте (Германия) состоялась международная электротехническая выставка, на которой была представлена первая междугородная трансмиссия трехфазного переменного тока, которая питала фары и двигатели на выставке. Несколько представителей от будущей General Electric присутствовали на выставке и были впечатлены показом. В следующем году General Electric сформировалась и начала инвестировать в технологию переменного тока.

Высоковольтный постоянный ток (HVDC). Швейцарский инженер Рене Тьюри в 1880-х годах использовал серию мотор-генераторов для создания высоковольтной системы постоянного тока, которая могла бы использоваться для передачи энергии постоянного тока на большие расстояния. Тем не менее, из-за высокой стоимости и самой системы, и ее обслуживания HVDC не была принята в течение почти столетия.

С изобретением полупроводниковой электроники в 1970-х годах экономическое преобразование между переменным и постоянным током стало возможным. Специализированное оборудование может использоваться для выработки постоянного напряжения высокого напряжения (некоторые достигают 800 кВ). В некоторых частях Европы начали использовать линии HVDC для электрического соединения различных стран. Линии HVDC испытывают меньшие потери, чем эквивалентные линии переменного тока на очень больших расстояниях. Кроме того, HVDC позволяет подключать различные системы переменного тока (например, 50 Гц и 60 Гц). В конце концов, желания Эдисона, Теслы и Вестингауза в настоящее время могут осуществиться: АС и DC могут сосуществовать, при этом каждый служит определенной цели.

Современное развитие постоянного тока. В последние 10–15 лет в связи с ростом количества нелинейных потребителей переменного тока напряжением до 1000 В и особенно однофазной нагрузки (преобразователи частоты, выпрямители, полупроводниковые блоки питания и пр.) резко возросли потери электроэнергии при её передаче до потребителя и в низковольтных сетях.

Передача избыточной реактивной мощности также существенно снижает пропускную способность электрических линий и силовых трансформаторов. Искажение форм кривых токов и напряжений приводит к росту погрешностей работы измерительных трансформаторов и искажению показаний приборов учёта электроэнергии. При передаче на постоянном токе понятия «реактивная мощность» вообще не существует, а проводник используется на все 100% активной мощности. Постоянный ток не подвержен поверхностному эффекту, т. е. используется полностью поперечное сечение проводника. Таким образом, с таким же поперечным сечением проводника на постоянном токе можно передать больше мощности. На постоянном токе нет «плохих» гармоник, которые имеются на переменном. Переменное трехфазное питание требует четыре проводника, а постоянный ток обходится двумя. При этом при напряжении 550 В постоянный ток в два раза безопаснее переменного тока промышленной частоты (50 Гц) [3].

Пилотный проект электроснабжения постоянным током напряжением 0,4 кВ жилых домов. Возможность снижения потерь электроэнергии. В настоящее время разрабатывается пилотный проект по электроснабжению постоянным током напряжением 0,4 кВ жилых частных домов (в количестве 15 штук) максимальной мощностью по 15 кВт, а также двух улиц с наружным освещением (каждая по 600 метров).

Данный проект разрабатывается пока только теоретически. В практическом применении в России и за рубежом существуют распределительные сети постоянного тока, но они не так распространены.

Исследование низковольтного распределения сети постоянного тока напряжением 0,4 кВ представлено на рис. 1. С линии электропередачи (ЛЭП) 10(6) кВ заходит фидер на выпрямительную подстанцию постоянного тока (ВПСТ) 0,4 кВ, с прямым подключением к аккумуляторной системе хранения электроэнергии. Аккумуляторная система хранения предназначена для накапливания электроэнергии и в период пика потребления или в случае аварии на подстанции компенсирует недостающую энергию в сеть. Передача электроэнергии происходит по кабельным линиям (КЛ), это более безопасно и экологично, чем по воздушным линиям электропередачи (ВЛ). К такой сети возможно подключение альтернативной энергии (фотоэлектрические станции, ветряные электростанции). Перед каждым домом подключается инвертор для преобразования постоянного тока в переменный и устанавливается блок управления нагрузкой потребителя. Это необходимо для того, чтобы не произошло перенапряжение в приборах. Некоторая наша техника может работать на постоянном токе, но далеко не вся, поэтому нам необходим инвертор. С помощью инвертора можно задавать необходимый уровень напряжения (220 В или 380 В), в котором нуждается потребитель. Для регулярного мониторинга нагрузки электроэнергии используется WEB-портал уровня постоянного тока на исследовательской платформе.

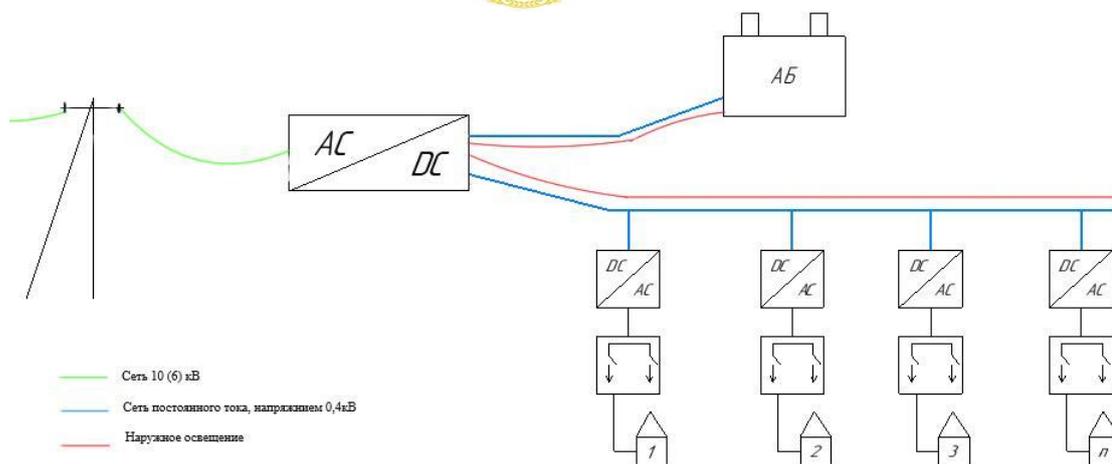


Рис. 1. Сеть постоянного тока напряжением 0,4 кВ

Подключение наружного освещения происходит также по КЛ. Применяются LED-светильники (светодиодные) мощностью 32 Вт на каждый. LED-светильники хороши тем, что имеют дистанционное управление и дают экономию энергозатрат на 20–30%. На каждом светильнике располагаются фотоэлектрический элемент и датчик наступления темноты. Для хорошего освещения двух улиц по 600 метров потребуется 26 светильников со световым потоком 4000 лм (Люмен), шаг между столбами — 45 метров, расположение — в шахматном порядке, высота столбов — 5 метров. Подключение LED-светильников осуществляется по параллельной схеме. Это необходимо для независимости друг от друга LED-светильников — в случае вывода из строя одной лампы остальные продолжают свою работу.

Светодиодные светильники, которые продаются в любом магазине уличного освещения, могут работать на постоянном токе сети 380 В (220 В). На входе схемы установлен диодный мост, он уже может «выпрямлять» переменный ток. При питании постоянного напряжения 380 В получим почти нулевые пульсации светового потока, а это большой плюс.

В состав светодиодной лампы уличного освещения обязательно входят:

- лампа;
- модуль питания (драйвер), он обеспечивает стабильность подаваемого в цепь тока;
- рефлектор, обеспечивает концентрацию и определяет направление светового потока;
- корпус, обеспечивает защиту от осадков, вандалов, внешнего и внутреннего перегрева.

Применение в России и экологичность проекта. Пилотный проект найдет свое предназначение в России. Для этого можно реконструировать привычную для нас сеть переменного тока. Такая реконструкция требует вложений. Эффективнее всего будет применять эту технологию в новых районах, где строительство жилого сектора начинается с нуля.

В настоящее время в мировой энергетике используется в основном переменный ток с частотой 50 и 60 Гц. Такие частоты являются наиболее пагубными для живых организмов. Применение постоянного тока значительно повышает уровень электробезопасности, так как минимальный допустимый порог напряжения при переменном токе примерно в четыре раза ниже по сравнению с постоянным током.

Если рассматривать КЛ с точки зрения влияния на экологию, можно выделить следующие моменты:

- при прокладке КЛ не осуществляется вырубка лесов, урон земледелию и плодородию почвы минимальный, не истребляется флора и фауна. На людей не влияет электромагнитное поле от воздушных линий электропередачи;

— при возникновении аварийной ситуации исключается угроза жизни человека. При аварии на кабельной линии будет производиться ее точечный ремонт согласно постоянному мониторингу с помощью операционного обеспечения (диспетчера);

— снижена до минимума возможность хищения электроэнергии потребителем.

Заключение. Хотя ещё полвека назад считалось, что постоянный ток окончательно сдал свои позиции, сегодня, когда речь заходит о повышении энергоэффективности систем электроснабжения, всё чаще обращаются к проектам по строительству сетей DC. Переход промышленности на потребление постоянного тока потребует обновления оборудования и перестройки сложившейся культуры использования энергии. А правильный подбор коммутационной и защитной аппаратуры для цепей постоянного тока — первый шаг к использованию всех преимуществ подобных сетей.

Библиографический список

1. Железко, Ю. С. Расчет, анализ и нормирование потерь электроэнергии в электрических сетях : руководство для практических расчетов / Ю. С. Железко, А. В. Артемьев, О. В. Савченко. — Москва : Издательство НЦ ЭНАС, 2006. — 280 с.

2. A. Lana et al./ "Control of directly connected energy storage in LVDC distribution network," 11th IET International Conference in AC and DC Power Transmission, ACDC 2015, Birmingham.

3. Герасименко, А. А. Передача и распределение электрической энергии / А. А. Герасименко, В. Т. Федин — 3-е изд., перераб. — Москва : КНОРУС, 2012. — 648 с.

Об авторах:

Индылова Надежда Вячеславовна, магистрант кафедры «Интеллектуальные электрические сети» Донского государственного технического университета (344003, РФ, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), indylova2015@mail.ru

Цыгулев Николай Иосифович, заведующий кафедрой «Интеллектуальные электрические сети» Донского государственного технического университета (344003, РФ, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), ncygulev@mail.ru

Зитляева Надежда Степановна, магистрант кафедры «Интеллектуальные электрические сети» Донского государственного технического университета (344003, РФ, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), knopka11186@mail.ru

Кулькин Роман Валерьевич, магистрант кафедры «Интеллектуальные электрические сети» Донского государственного технического университета (344003, РФ, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), romka999999999@mail.ru

Authors:

Indylova, Nadezhda V., Master's degree student, Department of Intelligent Electric Networks, Don State Technical University, (1, Gagarin sq., Rostov-on-Don, RF. 344003), indylova2015@mail.ru

Tsygulev, Nikolay I., Head, Department of Intelligent Electric Networks, Don State Technical University, (1, Gagarin sq., Rostov-on-Don, RF, 344003), ncygulev@mail.ru

Zitlyayeva, Nadezhda S., Master's degree student, Department of Intelligent Electric Networks, Don State Technical University, (1, Gagarin sq., Rostov-on-Don, RF, 344003), knopka11186@mail.ru

Kulkin, Roman V., Master's degree student, Department of Intelligent Electric Networks, Don State Technical University, (1, Gagarin sq., Rostov-on-Don, RF, 344003), romka999999999@mail.ru