УДК 621.311.12

Д.Ю. ВОРОБЬЕВА, студент (КузГТУ)
А.И. ГЛУШКОВА, студент (КузГТУ)
Т.Л. ДОЛГОПОЛ, доцент (КузГТУ)
г. Кемерово

СРАВНЕНИЕ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПОСТОЯННОГО И ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

На сегодняшний день в России, да и во всем мире, при передаче электроэнергии используют, как правило, переменный ток. Это обеспечивает снижение потерь электроэнергии на ее транспортировку, ведь переменный ток дает возможность изменять напряжение, повышая его на электростанции для передачи на большие расстояния и понижая непосредственно у потребителей. Но существует одно из перспективных направлений в развитии электроэнергетики – это применение постоянного тока для передачи мощностей на дальние расстояния.

Одним из главных отличий постоянного тока от переменного является то, что передаваемая мощность носит чисто активный характер, то есть в таких сетях отсутствует емкость и индуктивность.

Системы электроснабжения (СЭС) постоянного тока имеют целый ряд преимуществ:

- на выбор сечения линии электропередачи (ЛЭП) влияет только температура нагрева провода, зависящая от сопротивления материала проводника. За счет этого при одинаковом сечении и классе напряжения пропускная способность ЛЭП выше, чем у линий переменного напряжения;
- в сетях постоянного тока отсутствует понятие сдвига фаз, а значит, не существует и понятий статической и динамической устойчивости системы. Благодаря этим свойствам ЛЭП постоянного тока идеально подходят для передачи электроэнергии на дальние расстояния;
- преимущество применения постоянного тока связано также с отсутствием реактивных элементов сети;
- величина передаваемой мощности значительно больше, причем предел не зависит от длины линии;
- важным достоинством можно считать способность энергосистемы или связанных воздушных ЛЭП постоянного тока работать несинхронно или с различными частотами.

Не смотря на широкую распространенность использования переменного тока в России, существуют и примеры применения ЛЭП постоянного тока. Например, высоковольтная линия постоянного тока (ВЛПТ) Волгоград - Донбасс. Длина этой линии составляет 475

километров напряжением 800 кВ, по ней производится передача электроэнергии от Волжской ГЭС в Донбасс.

Ярким примером также служит вставка постоянного тока (ВПТ) Выборг. Это, на сегодняшний день, единственная в России ВПТ, которая была построена для экспорта электроэнергии из СССР в Финляндию. Преимущество данной вставки в отсутствии необходимости синхронизации электрической системы СССР и Финляндии. На данный момент передаваемая мощность составляет 1400 МВт, за счет чего является самой мощной в мире.

Также в 2011 Магистральные электрические сети Сибири (МЭС Сибири) приступили к сооружению уникального преобразовательного комплекса с применением вставки постоянного тока на подстанции 220 кВ Могоча (Забайкальский край). Благодаря новому оборудованию будет обеспечена возможность параллельной работы объединенных энергосистем Сибири и Дальнего Востока.

Отличие данной ВПТ на ПС 220 кВ Могоча от ВПТ Выборг состоит в использовании преобразователей напряжения (СТАТКОМ) в традиционных решениях на основе тиристорных преобразователей тока с мощными транзисторными вентилями. Это позволит в составе одного преобразователя передавать активную мощность в двух направлениях, а также регулировать реактивную мощность без применения дополнительных источников реактивной мощности.

Кроме того, ВПТ способствует решению ряда задач, актуальных для современных СЭС:

- соединению электрических сетей одинаковой частоты, но разных фазовых сдвигов;
- соединению электрических сетей различных частот и фаз;
- повышению пропускной способности элементов электрической сети, которые содержат «слабые» связи;
- согласованию работы сетей в аварийных ситуациях и восстановлению электроснабжения после устранения нарушений.

За рубежом система HVDC (High Voltage Direct Current) или система передачи энергии постоянным током высокого напряжения также нашла очень широкое применение.

Например, высоковольтная кабельная линия постоянного тока Хэнам-Чеджудо длиной 101 км, которая соединяет материковую часть Южной Кореи с островом Чеджудо. Линия предназначена для обеспечения электроэнергией потребителей острова из-за недостаточности собственных мощностей генерации.

Самой мощной является ЛЭП постоянного тока Итанпу - Сан Паулу (Бразилия) с номинальным напряжением 1200 кВ, длиной 2400 км и пропускной способностью 3,15 ГВт.

В Западной Европе ЛЭП постоянного тока широко используются для передачи электроэнергии от возобновляемых источников энергии (рис.1).

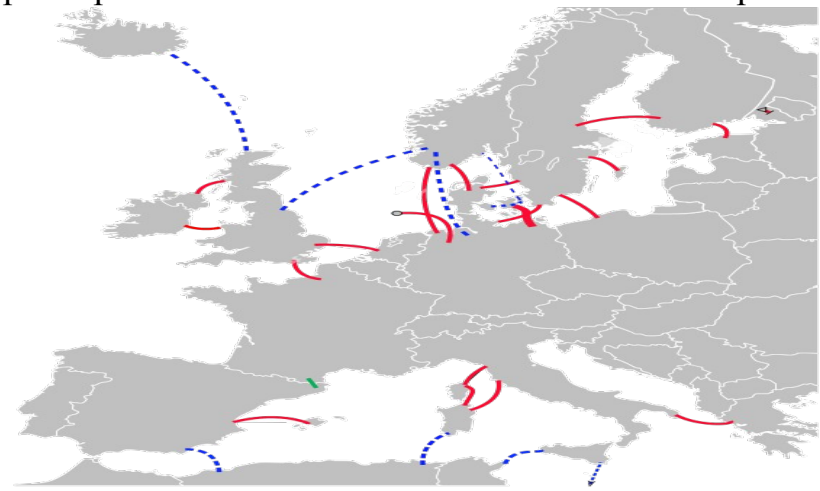

Рис. 1. HVDC системы в Западной Европе (красный цвет – существующие, зелёный – строящиеся, синий – предложенные)

В данной работе произведена оценка целесообразности использования постоянного тока в низковольтных распределительных сетях в сельской местности. В качестве объекта для исследований выбрана схема электроснабжения поселка Андреевка Кемеровского района (рис.2).

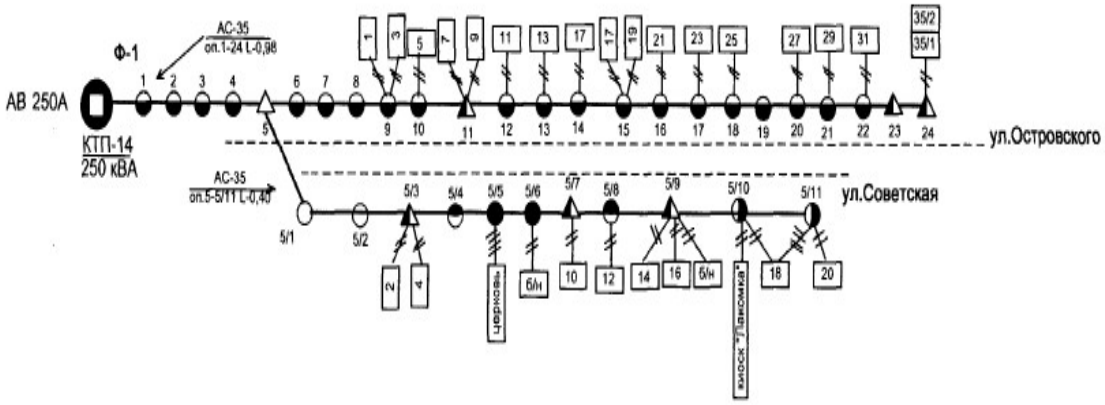

Рис. 2. Паспортная схема ВЛ – 0,4 кВ одной из подстанций п. Андреевка

Так как нагрузка сельских сетей, в основном, однофазная, то при расчете потерь мощности в системах переменного тока необходимо учитывать потери не только от токов нагрузки, но и дополнительные потери от уравнительных токов, вызванных большой несимметрией нагрузки фаз. На гистограмме рис.3 представлены результаты расчета потерь мощности в ЛЭП – 0,4 кВ при использовании постоянного тока, с учетом потерь в преобразовательных устройствах на КТП 14 и в местах подключения нагрузки (домов), а также для двух режимов работы СЭС переменного тока при симметричной и несимметричной нагрузке фаз.

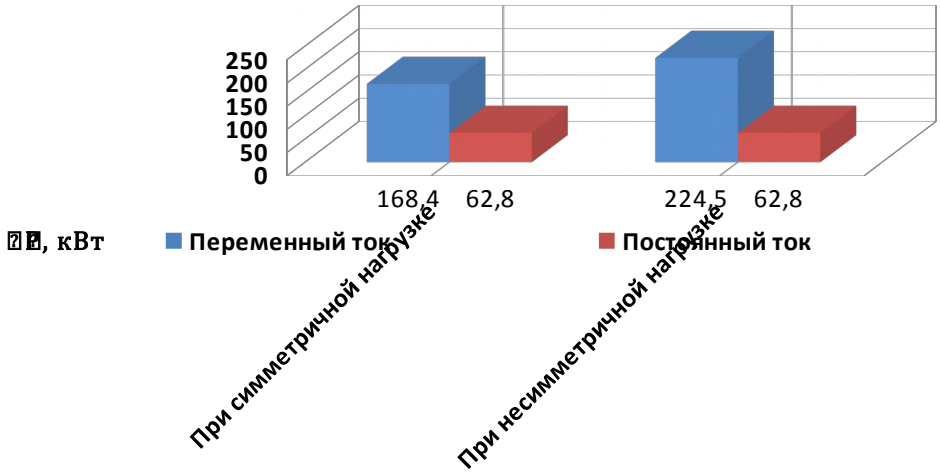

Рис. 3 Потери мощности в ЛЭП переменного и постоянного тока

Гистограмма показывает, что потери мощности в линии постоянного тока меньше на 63% потерь в линии переменного тока при симметричной нагрузке и на 72% при несимметричной. Также можно заметить, что потери мощности при несимметричной нагрузке больше, чем при симметричной на 24,8 %, а это значит, что в сетях переменного тока следует проводить измерения фазного напряжения и, в случае неравномерности нагрузки фаз, проводить мероприятия по устранению недопустимой несимметрии.

Таким образом, рассмотренные примеры показывают целесообразность использования постоянного тока в качестве линий связи между отдельными энергосистемами, для передачи электроэнергии на большие расстояния с минимально возможными потерями, а также в СЭС сельских потребителей.

Список литературы:

1. Электротехника [Электронный ресурс]// Электротехнические расчетные формулы: [сайт]. – [М., 2013] - Режим доступа: http://www.electromonter.ru;
2. Википедия – свободная энциклопедия [Электронный ресурс]// Переменный ток: [сайт]. – [М., 2015] - Режим доступа: https://ru.wikipedia.org;
3. Википедия – свободная энциклопедия [Электронный ресурс]// Постоянный ток: [сайт]. – [М., 2015] - Режим доступа: https://ru.wikipedia.org;
4. Энергетика [Электронный ресурс]// Постоянный ток, как предпочтительный вариант: [сайт]. – [М., 2015] - Режим доступа: http://forca.ru;
5. Википедия – свободная энциклопедия [Электронный ресурс]// Высоковольтная линия электропередачи постоянного тока (HVDC): [сайт]. – [М., 2014] - Режим доступа: https://ru.wikipedia.org;