

Министерство образования и науки Республики Башкортостан

ГАПОУ Уфимский топливно-энергетический колледж



Специальность 13.02.11

ПРОЕКТ

**ВЫСОКОВОЛЬТНЫЕ ЛИНИИ ПОСТОЯННОГО ТОКА В
ЭНЕРГОСИСТЕМЕ БАШКОРТОСТАНА**

Разработчик
Обучающийся
группы 2Э-1:
А.Д. Царькова
Руководитель
преподаватель
электротехники и
электроники:
Биктимерова
И.М.

2022

Оглавление

Введение	3
Цели задачи. Актуальность	4
Цель работы	4
Объект исследования.....	5
Предмет исследования	6
Теоретическая значимость.....	10
Практическая значимость.....	10
Заключение.....	13
Список использованных источников	14

Введение

Высоковольтные линии электропередачи постоянного тока – это аналог всем известной высоковольтной линии электропередачи переменного тока. Ведь как следует из названия, в этих линиях течет постоянный ток, вместо переменного. Они экономнее передают большие объёмы энергии на большие расстояния, но в тоже время требуют более дорогие материалы и оборудование.

Эту технологию придумала шведская компания ASEA в 30-х годах XX века.

И с тех пор она лишь улучшилась и используется в развитых городах нашей планеты. Эти линии проводят ток мощностями в гигаватты, и на сотни, а то и тысячи километров.

Постоянный ток дают ветрогенераторы и солнечные батареи, что дает перспективную дорогу развития применения возобновляемых источников энергии.

Цели задачи. Актуальность

Актуальность высоковольтных линий электропередач заключается в том, что с их помощью можно синхронизировать ЛЭП переменного тока с разной частотой, передавать по ЛЭП постоянного тока экологически чистую энергию, как например те же солнечные панели и ветрогенераторы. Ведь между ВИЭ и ЛЭП ПТ есть отличная синергия, и некоторые плюсы вполне перекрывают ее минусы. К тому же, в развитых странах, к примеру, возьмем Китай, который уже всю использует ЛЭП ПТ для широкого потребления.

Также ЛЭП ПТ всю используется в Европе, и многие высоковольтные линии проложены по морскому дну, либо под землей, и по воздуху.

Также в связи с энергодефицитом районов Республики Башкортостан, было построено пять солнечных электростанций. Это Бурибаевская СЭС в Хайбуллинском районе, Бугульчанская СЭС в Куюргазинском районе, Исянгуловская СЭС в Зианчуринском районе, Бурзянская СЭС, и также Стерлибашевская СЭС. Их суммарная мощность дает 69 МВт энергии, составляющая 1,2% от общей установленной мощности всей энергосистемы республики.

В 2022 также вступят в строй две СЭС, в городе Агидели и в Гафурийском районе.

Цель работы

Рассказать о высоковольтных линиях электропередач постоянного тока, выявить положительные и негативные стороны использования и применения ЛЭП ПТ, обосновать её значимость в Республике Башкортостан и в России.

Объект исследования

Предметом исследования является передача электроэнергии на ультравысоких напряжениях. Для начала сравним возможности ЛЭП переменного и постоянного тока.

ЛЭП переменного тока передаёт около 500 кВ с мощностью в 1 ГВт, и тянутся они по причинам техническим и экономическим, не больше 500 километров. А если поднять напряжение в 2 раза, то мощность повысится до 4-5 ГВт, а дальность линии – до 1000-1500 километров.

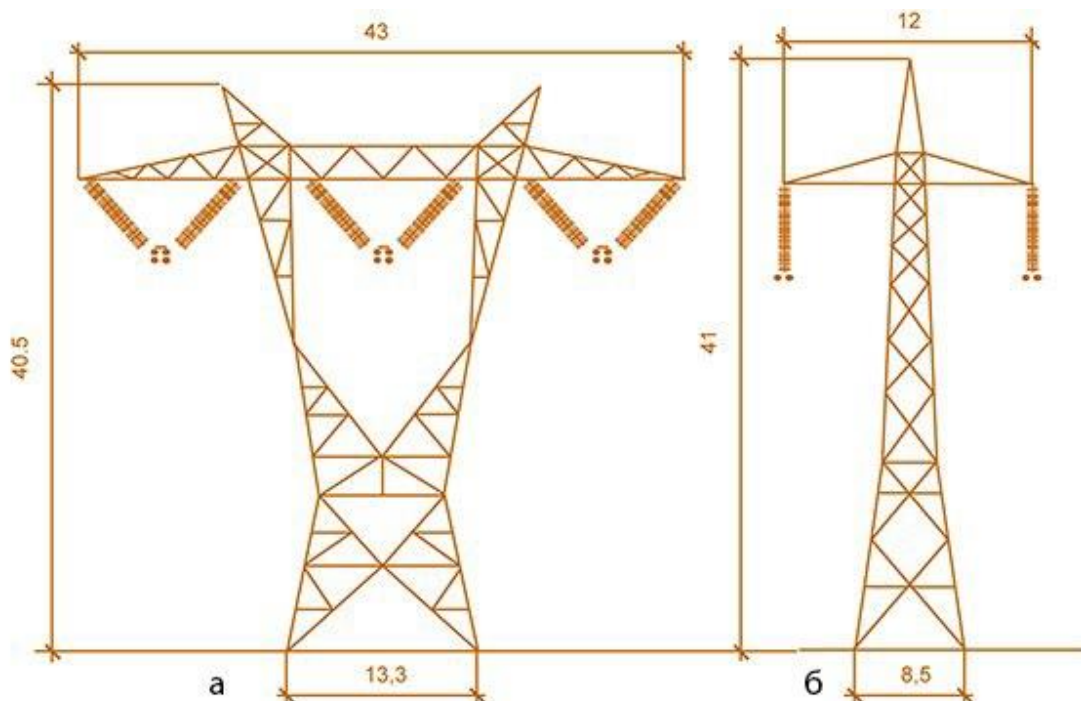
А возможности ЛЭП постоянного тока здесь по показателям обходят ЛЭП переменного тока. К примеру, при напряжении в 500 кВ передается не 1 ГВт энергии, а целых 3 ГВт на расстояние в 1000 километров. А у ЛЭП около 800 кВ – уже 6-9 ГВт на 2000-3000 км, а уж говорить про напряжение свыше 1000 кВ, то там цифры еще больше: 12-15 ГВт на 5000-6000 километров. Это ли не говорит о том, что за высоковольтными линиями постоянного тока будущее? К тому же, линия постоянного тока с двумя проводами передает больше энергии чем та же линия переменного тока с тремя проводами.

Так в чем же разность применения ЛЭП переменного и постоянного токов? А дело в том, что высоковольтные ЛЭП постоянного тока используют в передаче огромных объёмов электроэнергии на дальние расстояния, а высоковольтные ЛЭП переменного тока – распределение полученной электроэнергии на большие площади.

Следует принять во внимание, что ВВ ЛЭП ПТ с напряжением в 800 кВ используют для трансрегиональных и трансграничных связей, а ВВ ЛЭП ПТ напряжение выше 1100 кВ вполне подходят для трансконтинентальных связей. Ведь такие ЛЭП по удельным потерям (около 4-5% передаваемой мощности) близки к сверхпроводящим линиям, и видимо, намного дешевле.

Будущее освоение напряжения в 1500 кВ и новые токопроводящие материалы со сверхнизким сопротивлением вероятно решат все проблемы с

передачей больших электрических мощностей на большие дистанции.



а) ЛЭП переменного тока б) ЛЭП постоянного тока

Размеры указаны в метрах, одинаковое передаваемое напряжение

Предмет исследования

Перенесемся на более материальную часть этого исследования, а именно цена всего оборудования ЛЭП ПТ. Около всей трети цены забирают себе преобразователи постоянного тока в переменный. В 70-ые годы дороговизна охлаждения сверхпроводящего ЛЭП высокого напряжения спугнула многих инвесторов, до тех пор, пока не прошли открытия высокотемпературных проводников и среднетемпературного дигборида магния.

Причем охлаждение жидким азотом температур на 70 К широко освоена, плюс цена такого хладагента не слишком высока.

У ЛЭП постоянного тока есть несколько типов схем.

1. Монополярная.

В монополярной схеме, один из выводов выпрямителя заземляют. Другой вывод, с электрическим потенциалом выше или ниже заземленного, связан с линией электропередачи. Заземленный вывод может или не может

быть связан с соответствующим выводом преобразовательной станции посредством второго проводника.

При отсутствии второго металлического проводника, токи протекают в земле между заземленными электродами двух электростанций. Поэтому это однопроводная схема с земным возвратом. Проблемы, которые создает ток, протекающий в земле, включают:

Электрохимическая коррозия длинных проложенных в грунте металлических объектов, таких как трубопроводы

При использовании воды в качестве второго проводника, ток, протекающий в морской воде может произвести хлор или как-либо иначе затронуть водный состав.

Несбалансированный ток может привести к возникновению магнитного поля, которое может повлиять на магнитные навигационные компасы судов, проходящих над подводным кабелем.

Эти воздействия могут быть устранены установкой металлического обратного проводника между двумя концами монополярной линии электропередачи. Так как один из выводов преобразователей заземлен, нет необходимости в установке изоляции обратного провода на полное напряжение передачи, что делает обратный провод менее дорогостоящим, чем проводник высокого напряжения. Решение об использовании металлического обратного провода основывается на экономических, технических и экологических факторах.

2. Биполярная

В биполярной передаче используется пара проводников, каждый под высоким напряжением относительно земли, противоположной полярности. Так как изоляция этих проводников должна выбираться по полному напряжению, стоимость линии электропередачи выше монополярной схемы с обратным проводом. Однако, преимущества биполярной передачи делают ее более привлекательной по сравнению с монополярной. При нормальной

нагрузке в земле протекают незначительные токи, как и в случае монополярной передачи с металлическим обратным проводом.

Это уменьшает потери в земле и снижает экологическое воздействие. Когда короткое замыкание происходит на одной из линий биполярной системы, схема может продолжать работать на неповрежденной линии в монополярном режиме, передавая приблизительно половину номинальной мощности с использованием земли в роли обратного проводника.

Так как для данной номинальной мощности по каждому проводнику биполярной линии протекает только половина тока монополярной линии, стоимость второго проводника меньше по сравнению с монополярной линией той же самой мощности. На очень неблагоприятной местности второй проводник может быть проведен на независимом наборе опор ЛЭП, чтобы при повреждении одной из линий, часть мощности передавалась потребителю.

3. Вставка постоянного тока

Вставка постоянного тока является станцией, в которой и инверторы и выпрямители находятся в одном месте, обычно в одном и том же здании. Линия постоянного тока выполняется настолько короткой насколько возможно. Вставки постоянного тока используются для: соединения магистральных линий различной частоты (как в Японии) соединения двух электрических сетей той же самой номинальной частоты, но разных нефиксированных фазовых сдвигов (как до 1995/96 в коммуне Этценрихт). различных частот и числе фаз.

Величина постоянного напряжения в промежуточной схеме вставки постоянного тока может быть выбрано свободно из-за малой длины линии. Обычно постоянное напряжение выбирают настолько низким насколько возможно, чтобы построить меньший зал для преобразователей и избежать последовательных соединений вентилях. По этой причине во вставке постоянного тока используют сильноточные вентилях.

4. Трехполярная

Недавно запатентованная схема (в 2004 году) предназначена для перевода существующих линий электропередачи переменного тока на HVDC. Два из трех проводников схемы работают в биполярном режиме. Третий проводник используется как параллельный монополю, оборудованный реверсными вентилями (параллельными вентилями, включенными в обратной полярности). Параллельный монополю периодически уменьшает ток от одного полюса или другого, переключая полярность на несколько минут. Без изменения полярности в системе с параллельным монополю, который был бы загружен на $\pm 100\%$ по нагреву, биполярные проводники были бы нагружены или на 137% или на 37% . В случае с изменяющейся полярностью, суммарный среднеквадратичный тепловой эффект такой же, как и в случае, если бы каждый из проводников работал при номинальном токе. Это позволяет пропускать большие токи по биполярным проводникам, и наиболее полно использовать третий проводник для передачи энергии. Даже когда энергопотребление низкое, высокие токи могут циркулировать по проводам линии для удаления с них льда.

Преобразование существующей линии переменного тока в трехполярную систему позволяет передавать до 80% больше мощности при том же самом фазном напряжении с использованием той же самой линии передачи, опор и проводников. Некоторые линии переменного тока не могут быть нагружены до их теплового предела из-за проблем устойчивости системы, надежности и реактивной мощности, которые не существуют в HVDC линии.

Трехполярная система работает без обратного провода. Так как авария одного полюса преобразователя или проводника приводит только к малой потере производительности, а обратный ток, протекающий в земле, не возникает, надежность этой схемы высока, без времени, требуемого на переключение.

Теоретическая значимость

Высоковольтные линии электропередачи постоянного тока – это не совсем новая технология, которая в силу ограниченности технологиями того времени, была временно заторможена в развитии.

С развитием сверхпроводниковых элементов с низким удельным сопротивлением технология стала более доступной для развития. Китай, Европа, Южная Америка и Австралия яркие тому примеры. Поэтому России тоже стоит включиться в рынок электроэнергии на постоянном токе, потому что отставание в технологиях негативно повлияет на экономическую сторону.

В XX вв. Советский Союз одним из первых государств начал использовать технологию высоковольтных ЛЭП постоянного тока, но на данный момент таких ЛЭП у России нет.

В России используется лишь как синхронизирующие вставки между крупными энергосетями.

Практическая значимость

Давайте для наглядности сравним стоимость двух ЛЭП

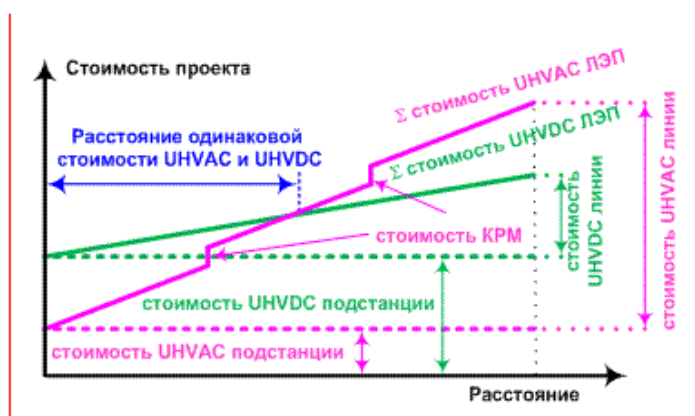


Рис. 2. Сравнительные стоимости проектов UHVDC и UHVAC (по материалам ассоциации FOSG)

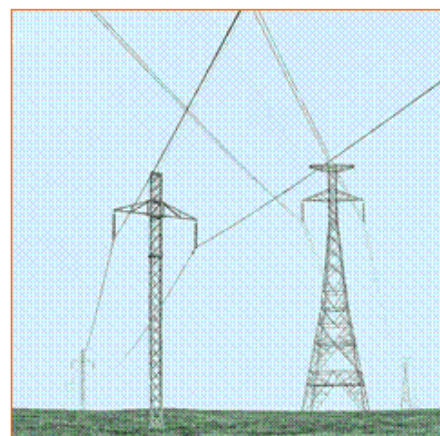


Рис. 3. Пересечение двух HVDC линий

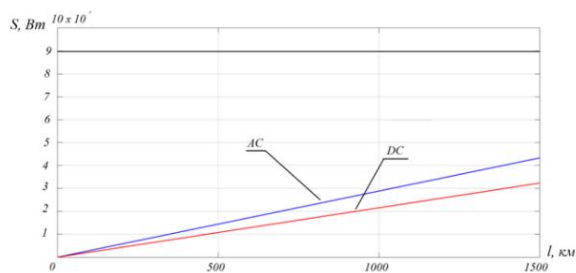


Рис. 4. Зависимость потерь мощности в линии постоянного и переменного тока от её протяженности. Напряжение 220 кВ.

При росте напряжений на уровень экстравысоких, процент потерь снижается до 8%, а с учетом высоких мощностей и напряжений, они не сильно влияют на экономическую сторону вопроса.

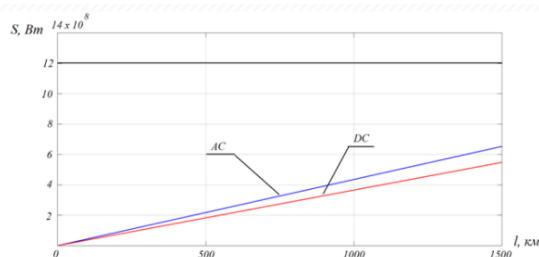


Рис. 5. Зависимость потерь мощности в линии постоянного и переменного тока от ее протяженности. Напряжение 750 кВ.

Плюсы:

- Передача больших мощностей на большие расстояния (под водой, землей и по опорам) с очень низкими потерями
- Можно передавать энергию между двумя несинхронизированными подстанциями переменного тока
- Безынерционный контроль напряжения и мощности на выходе подстанций
- Уменьшение сечения проводов и количества опор для заданной пропускной способности ЛЭП, так как пропускная способность высоковольтных передач постоянного тока выше при заданном диаметре проводника.
- Повышение устойчивости системы без увеличения токов КЗ
- Уменьшение потерь на корону по сравнению с линиями переменного тока той же мощности

- Меньше затрат на материалы (меньше проводника – для биполярной высоковольтной ЛЭП постоянного тока надо 2 проводника, а для переменного тока 3 проводника; меньше изоляции требуется)
- Отсутствие потерь из-за постоянного одного направления, нет реактивных потерь
- Из-за слабых пиковых напряжений, меньше выделяется вредного озона

Минусы:

- Дорогие конверторы (преобразователи)
- Конверторы сопряжения с высоковольтными линиями переменного тока сталкиваются с проблемой реактивной мощности (требует фильтров-компенсаторов и устройств компенсации реактивной мощности)
- Дорогое конструирование станций постоянного тока, в отличие от переменного, более сложное управление перетоками мощности
- Количество подстанций в составе современных передач постоянного тока не может превышать 6-8 подстанций, и между ними не должны быть большие перепады напряжений
- Высокая частота может вызывать радиопомехи в линиях связи, расположенных вблизи
- Протекание постоянного тока через землю в однополюсной системе может вызвать электрическую коррозию подземных металлических конструкций

Исходя из этих данных, развитие возобновляемых источников энергии идет рука об руку с технологиями постоянного тока, ведь источники (солнце, ветер, вода) выдают не постоянный по частоте и напряжению ток, который плохо сочетается с переменным, а у постоянного есть выпрямители гармоник.

Заключение

В заключение хочу сказать, что развитие высоковольтных линий электропередач постоянного тока вместе с природной энергетикой таит за собой большой прорыв в энергетике как для Башкортостана в частном, так и для России в общем. По вопросам ценности линий, чем длиннее ЛЭП, с высокой мощностью, тем явнее выражается преимущество ЛЭП постоянного тока. Например, у воздушных ЛЭП после достижения протяженности в 800 километров, снижается затраты на материалы для высоковольтных линий электропередач постоянного тока. Поэтому, высоковольтные ЛЭП постоянного тока выигрывают у переменного тока в проводимости, цене при соблюдении большой дальности. Хотя дороговизна остальных компонентов систем и подстанций высоковольтных ЛЭП постоянного тока снижает интерес инвесторов в развитие электроэнергетики постоянного тока.

Сравнительный анализ конструкций опор ВЛ СВН показывает существенное преимущество опор на постоянном токе: масса в 2 раза меньше, габарит по ширине траверсы в 2 раза меньше, число гирлянд изоляторов в 1,5 раза меньше, число проводов в полюсе также в 2 раза ниже. Потери от нагрева проводов и от короны на постоянном токе также существенно ниже. Надежность ВЛ постоянного тока выше, чем на переменном токе, благодаря тому, что при КЗ одного полюса сохраняется передача мощности отключением этого полюса и форсировкой по току другого полюса. На переменном токе однофазное КЗ приводит к сбросу мощности электропередачи. Для магистральных электропередач с мощностью, сопоставимой с примыкающими системами, такой сброс недопустим, т. к. такие системы могут терять устойчивость.

Но низковольтные ЛЭП постоянного тока в России начали развиваться, особенно солнечные панели в южных её регионах. Будем ждать развития энергетики без вредных выбросов в ближайшем будущем.

Список использованных источников

Интернет-ресурсы:

1. Всемирная интернет энциклопедия. Форма доступа: <https://ru.m.wikipedia.org/>
2. Интернет-газета «Аргументы и Факты». Форма доступа: <https://ufa.aif.ru/>
3. Интернет-журнал: «Энергетическая политика». Форма доступа: <https://energypolicy.ru/>
4. Информационное агентство «Башинформ». Форма доступа: <https://www.bashinform.ru/>
5. Коллективный новостной блог «Хабр». Форма доступа: <https://habr.com/ru/all/>
6. Министерство энергетики РФ. Форма доступа: <https://minenergo.gov.ru/>
7. Портал об энергосбережении в интернете «Энергосовет». Форма доступа: <http://www.energsovet.ru/>
8. Свод информации об измерительных приборах и системах. Форма доступа: <https://lemzspb.ru>
9. Школа для электрика. Образовательный сайт. Форма доступа: <http://electricalschool.info/>

Нормативные источники:

1. Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок. – Новосибирск, Норматика, 2019. – 96 с.
2. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей. – СПб.: Издательство ДЕАН, 2019. – 304 с.
3. Федеральный закон от 26 марта 2003 г. №35-ФЗ «Об электроэнергетике».