

ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧА ПОСТОЯННОГО ТОКА В ГОРНЫХ РАЙОНАХ

Кандидат технических наук В. С. ЛУГОВОЙ

Неотъемлемой частью современных энергетических систем являются линии электропередачи высоких и сверхвысоких напряжений. Стоимость сооружения таких линий, надежность и экономичность их эксплуатации во многом зависят от природных условий на трассах, по которым они проложены. Особенно важен всесторонний учет естественных условий в горных и тем более в высокогорных районах, где сложный пересеченный рельеф трассы, пониженная плотность и высокая естественная ионизация воздуха, наличие участков с сильными ветрами и гололедом, интенсивной грозовой деятельностью и т. д. требуют пересмотра многих инженерных решений, выработанных для строительства высоковольтных линий в равнинных условиях.

В горных районах строительство высоковольтных линий осложняется трудностью установки крупногабаритных опор при преодолении ущелий, необходимостью принимать специальные меры борьбы с потерей энергии на коронирующих проводах. При высокогорных электропередачах может создаться парадоксальное положение: снижение потерь в проводах воздушной линии, полученное за счет применения более высокого напряжения, может быть сведено на нет повышенными потерями на корону.

Наряду с распространенными сейчас электропередачами переменного тока могут быть созданы электропередачи постоянного тока, обладающие, как показывает советский и зарубежный опыт, рядом существенных преимуществ.

Прежде всего линии электропередачи постоянного тока устраняют затруднения, связанные с зарядной мощностью и индуктивным падением напряжения; исчезает надобность в дорогостоящих устройствах для компенсации индуктивных и емкостных токов. Полностью снимается проблема устойчивости параллельной работы синхронных генераторов, разделенных линией, отпадает необходимость в синхронизации объединяемых станций и систем; пропускная способность линий значительно повышается, облегчается заданный переток мощностей, уменьшаются потери. Так как воздушная линия постоянного тока двухпроводная (а в случае использования земли в качестве обратного провода — однопроводная), то нагрузка на опоры и фундаменты существенно снижается. Облегчается изоляция, так как при постоянном токе нет различия между действующими и максимальными значениями напряжения. В проводах линий постоянного тока отсутствует поверхностный эффект; на однополюсных линиях постоянного тока снижаются потери на корону.

В результате воздушные линии электропередачи постоянного тока при прочих равных условиях стоят дешевле линий переменного тока. Удорожают передачу лишь дополнительные концевые подстанции этих линий. Вот почему основная область применения постоянного тока — это дальние передачи с воздушными линиями большой пропускной способности, для которых экономия на стоимости линии электропередачи (растущая с длиной) компенсирует дополнительные затраты на концевые подстанции или относительно короткие подводные кабельные линии, так как кабели постоянного тока в несколько раз дешевле кабелей переменного тока.

Исследования, проведенные в Академии наук Киргизской ССР, показали, что воздушные, а также кабельные линии постоянного тока могут оказаться весьма эффективными и экономичными на горных трассах, причем применение постоянного тока для высокогорных линий электропередачи в некоторых случаях позволяет решать задачи, практически не разрешимые при переменном токе.

Линии электропередачи постоянного тока, использующие малогабаритные опоры и кабельные вставки, могут быть проложены по узким и извилистым ущельям и перевалам, где прокладка линий переменного тока ВЫСОКОГО напряжения крайне затруднена. Широкое использование подземных и подводных кабелей постоянного тока дает возможность на наиболее трудных по рельефу и метеорологическим условиям участках горных трасс исключить корону и атмосферные воздействия (грозы, гололед, ветер).

Дополнительные предпосылки успешного применения постоянного тока в горных районах заложены также в характерных для них схемах передачи энергии (радиальные линии, идущие без отбора мощности по взаимно резервирующим трассам от крупных регулирующих гидроэлектростанций) и в возможности поддержания оптимальных режимов гидроэлектростанций за счет их несинхронной работы при снижении напоров.

Некоторое представление о параметрах и технико-экономических показателях высокогорной электропередачи, использующей постоянный ток, дают расчеты, выполненные в лаборатории электроэнергетики Академии наук Киргизской ССР применительно к линиям, по которым должна осуществляться связь Токтогульской ГЭС с югом и севером Киргизии. Как показали рекогносцировочные обследования, наиболее короткой на северном пути является трасса, пересекающая на протяжении 350 км Центральный Тянь-Шань через перевалы Кокбель (1400 м), Алабель (3200 м) и Тюз-Ашу (3600 м). Следуя за сооружаемой сейчас автодорогой Фрунзе — Ош, эта трасса обогнет водохранилище Токтогульской ГЭС, поднимется вдоль русла реки Чичкан до перевала Алабель, спустится в долину реки Сусамыр и, преодолев перевал Тюз-Ашу, через Карабалтинскую щель выйдет в Чуйскую долину.

Осуществление намеченной трассы на постоянном токе позволит сократить длину воздушно-кабельной линии передачи до 70 км за счет кабельной вставки длиной 42 км, пересекающей водохранилище Токтогульской ГЭС. При этом на трассе исключается перевал Кокбель. Вторая кабельная вставка, продолженная через автомобильный туннель у перевала Тюз-Ашу, разрешит снизить наивысшую точку трассы с 3600 до 3200 м и исключить наиболее тяжелый перевальный участок.

Передача мощности в 1 млн *квт* на расстояние 350 км по воздушной линии переменного тока наиболее экономично может быть осуществлена одноцепной линией напряжением 380 и 500 *кв* или двухцепной напряжением 330 *кв*. Однако размещение стандартных опор в ущельях рек может встретить серьезные затруднения. На высокогорных участках трассы провода линии 500 и 380 *кв* будут интенсивно коронировать, причем средний уровень потерь на корону для линии 500 *кв* даже при тройном расщеплении проводов составит ежегодно более 40 млн *квт · ч*.

При передаче той же мощности по комбинированной воздушно-кабельной или целиком кабельной линии постоянного тока длиной 270 км наиболее эффективными оказываются однополюсные схемы, дающие возможность использовать практически не коронирующие униполярные воздушные линии, с землей в качестве обратного провода.

Передача Токтогульская ГЭС — Карабалты может быть реализована системой из четырех однополюсных линий напряжением 200 *кв*, у которых четыре униполярных провода-полюса подвешены на одной опоре, а обратным проводом служит земля. Надежность такой передачи будет весьма высокой, так как возникновение междуполюсных коротких замыканий на линии исключено, а обрыв каждого из проводов снижает передаваемую мощность только на 25%. Нарастивание мощности системы весьма просто осуществляется ступенями 250—500—750—1000 *Мвт* за счет последовательного ввода двухблочных преобразовательных подстанций.

Аналогичным образом может быть выполнена по однополюсной схеме «с землей» электропередача напряжением 400 и 800 *кв*.

Еще более надежна в эксплуатации подводная или подземная кабельная линия постоянного тока, так как в этом случае полностью исключаются вредные воздействия метеорологических условий, снимается опасность разрушения линии снежными л-авинами.

Проведенное в Академии наук Киргизской ССР сравнение экономических показателей наиболее выгодных вариантов северной электропередачи от Токтогульской ГЭС показало, что при осуществлении электропередачи постоянного тока экономия на капитальных затратах может составить до 10% стоимости передачи переменного тока; расход цветных металлов, стали, чугуна и бетона сокращается на 75%. Снижение эксплуатационных расходов обеспечивает ежегодную экономию в 0,5 млн руб.

Не менее эффективным может оказаться создание кабельной линии электропередачи постоянного тока от Токтогульской ГЭС в сторону Ферганской долины. Дело в том, что при сооружении последующих гидроэлектростанций Нижне-Нарынского каскада наиболее доступная сейчас трасса, следующая вдоль русла реки Нарын, будет затоплена, и сохраниться на ней может только кабельная линия электропередачи.

Выбор системы тока для передачи электрической энергии от крупных гидроэлектростанций, расположенных в горах, представляет собой новую научно-техническую задачу, впервые возникшую в мировой практике. Поэтому вопросам, связанным с сооружением первых линий электропередач постоянного тока в горных районах Советского Союза, наряду с совершенствованием горных электропередач переменного тока, следует привлечь внимание многих ведущих научно-исследовательских учреждений страны.