

УДК: 621.311

ОСНОВНЫЕ ПРОБЛЕМЫ В ОБЛАСТИ ПЕРЕДАЧИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ПО ЛИНИЯМ СВЕРХВЫСОКОГО НАПРЯЖЕНИЯ

Элчиева Малика Сайталиевна – к.э.н. доцент,

Карыбекова Бермет Кенжекуловна – доцент,

Бечелов Санжар – магистрант,

Ошский технологический университет

<https://doi.org/10.5281/zenodo.7555067>

Аннотация: В статье рассмотрены вопросы проблемы в области передачи электроэнергии по линиям сверхвысокого напряжения и пути их решения

Ключевые слова: электрические сети, воздушная линия электропередачи, электрическая энергия, пропускной способности линии электропередачи, сверхвысокое напряжение

THE MAIN PROBLEMS IN THE FIELD OF TRANSMISSION OF ELECTRICITY THROUGH EXTRA-HIGH VOLTAGE LINES

Abstract: The article deals with the issues of the problem in the field of transmission of electricity through ultra-high voltage lines and ways to solve them.

Key words: electrical networks, overhead power line, electrical energy, transmission line capacity, extra-high voltage

ВВЕДЕНИЕ

Уровень развития и состояние энергетической системы Кыргызстана, как в целом, так и отдельных, составляющих ее частей, является основным показателем уровня развития, как самой электроэнергетической отрасли страны, так и государства в целом. Важной и неотъемлемой частью любого электроэнергетического комплекса страны являются его электрические сети и системы, выполняющие важную роль передачи электроэнергии от мест ее выработки к местам ее потребления.

В Кыргызстане, как и во всём мире, наблюдается постоянный рост потребления электроэнергии. В связи с этим, производство электроэнергии, так же имеют тенденцию к увеличению. Гидроэнергетический потенциал Кыргызстана высок (порядка 142 млрд. кВт.ч.). Его освоение является основной стратегией программы развития энергетики республики, которая располагает значительными гидроэнергетическими ресурсами. Недостаточное использование этих ресурсов (освоено около 10%) и постоянный прирост потребления электроэнергии внутри страны и за ее пределами, требует дальнейшего освоения их, с целью сохранения регионального электроэнергетического потенциала в условиях жесткой конкуренции на внешних рынках электроэнергетических поставок. Проектирование и ведение в эксплуатацию новых мощностей укрепит потенциальные возможности кыргызской гидроэнергетики и в перспективе позволит рассматривать возможность крупномасштабного экспорта электроэнергии за рубеж. В тоже время Таджикистан, Казахстан и Китай уже начали и ведут интенсивные работы по наращиванию и увеличению своих электроэнергетических возможностей. В связи с этим можно говорить о создании уже в ближайшей перспективе жесткой конкуренции на внешних рынках электроэнергетических поставок. Кыргызстан должен удерживать и сохранить свой региональный электроэнергетический потенциал.

В связи с этим растут и увеличиваются передаваемые мощности по линиям напряжением 500кВ, которые несут основную нагрузку при передаче электроэнергии с юга, где происходит основное ее производство, на север республики, который потребляет большую ее часть. И такая тенденция в динамике производства, потребления и соответственно передаче электроэнергии, согласно прогнозам, в ближайшем будущем будет не только сохраняться, но и набирать еще большие обороты с каждым годом. А значит прогнозируется и динамичный рост передаваемых мощностей по ВЛ, которые должны обеспечить передачу этих постоянно растущих мощностей с минимумом потерь при их транспортировке. При этом, основная нагрузка по транспортировке избыточной электроэнергии с юга, где на каскаде нарынских ГЭС вырабатывается более 90% всей электроэнергии страны, на север, который, в свою очередь, потребляет 2/3 всей производимой электроэнергии, ляжет на воздушные линии электропередачи (ВЛЭП), главным и ответственным звеном которых являются ЛЭП напряжением 500кВ. В Кыргызстане такими линиями являются ВЛ «Токтогульская ГЭС- Фрунзенская» протяженностью 207,3 км, введенная в эксплуатацию во второй половине прошлого века и ВЛ «Датка-Кемин», протяженностью 404 км, введенная в эксплуатацию в 2015г[4].

Поэтому перед энергосистемой республики возникает проблема покрытия, растущих с каждым годом, как собственных электроэнергетических потребностей, так и потребностей для увеличения экспорта электроэнергии за рубеж. Для решения этой проблемы республике требуется либо строительство новых высоковольтных ВЛ, либо модернизация уже существующих, с целью увеличения их пропускной способности. Строительство новых высоковольтных ВЛ напряжением 500кВ капиталоемкое мероприятие и связано со значительными капиталовложениями. К тому же отметим, что у каждой линии электропередач существует охранный зона, размер которой увеличивается с возрастанием класса напряжения линии. В охранной зоне запрещается строительство жилых домов, постоянное пребывание людей, строительство предприятий и т.д. А так как линии сверхвысокого напряжения довольно протяженные и имеют длину несколько сот километров, то под охранную зону попадают большие площади земли. Мероприятия по повышению пропускной способности уже существующих ВЛ менее затратные, и поэтому, экономически более целесообразны.

В связи с этим, уже в настоящее время, проблема увеличения пропускной способности, существующих магистральных воздушных линий электропередачи напряжением 500кВ приобретает свою актуальность. Воздушные линии электропередачи являются основным инструментом транспортировки электроэнергии. Поэтому, с целью повышения их пропускной способности для передачи по ним растущих мощностей на фоне постоянного роста энергопотребления внутри республики и за ее пределами требуется их модернизация. В связи с этим, проблема повышения пропускной способности ВЛ напряжением 500 кВ, как основных «транзитеров» электрической энергии, сохраняет свою актуальность и в настоящее время.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Воздушными линиями электропередач сверхвысокого напряжения (ВЛЭП СВН) принято называть линии, напряжение которых превышает 220 кВ [2]. *Следовательно*, к ним относятся все линии начиная с напряжения 330 кВ и выше. Таким образом линии напряжением 500 кВ являются составной частью ВЛ СВН. Поэтому, все свойства, которыми обладают и законы, которым подчиняются ВЛЭП СВН распространяются и на ВЛ напряжением 500 кВ. В связи с этим, в этом разделе все особенности передачи электроэнергии по ВЛ напряжением 500 кВ будут рассматриваться как для ВЛЭП СВН.

ВЛЭП напряжением 500кВ предназначены для передачи (транспортировки) электроэнергии больших объёмов на дальние расстояния, которые составляют от пары сотен до нескольких тысяч километров. При этом, чем выше класс напряжения передающей линии, тем большее количество электроэнергии и на большее расстояние она способна передать. *Помимо транспортной функции* (передача электроэнергии), ВЛ 500 кВ служат для обеспечения межсистемных связей между двумя электроэнергетическими системами.

В связи с этим, как сами ВЛ 500 кВ, так и передача по ним электроэнергии имеют ряд технических особенностей по сравнению с ВЛ, меньших классов напряжений которые необходимо учитывать при решении задачи повышения их пропускной способности. К техническим особенностям ВЛ напряжением 500 кВ относятся следующие:

- 1) наличие ничтожно малого активного сопротивления, вследствие чего в ВЛ 500 кВ реактивное сопротивление линии намного больше активного сопротивления;
- 2) способность вырабатывать зарядную мощность, в силу своей большой протяжённости и высокого напряжения, представляют собой конденсатор, так как имеют разность потенциалов между проводом и землёй, а диэлектриком между ними является воздух;
- 3) потери части активной энергии на коронный разряд;
- 4) невозможность включения ВЛ 500 кВ на холостой ход без компенсации ее зарядной мощности реакторами, иначе не скомпенсированная зарядная мощность вызовет двойное увеличение напряжения на конце линии и потечёт в генератор, выведя его из строя;
- 5) невозможность обеспечения нормального режима работы ВЛ 500 кВ без применения компенсирующих устройств в виде конденсаторных батарей и реакторов;
- 6) необходимость расщепления фазы на два и более проводов, в зависимости от напряжения линии для снижения потерь энергии на корону;
- 7) ВЛ 500 кВ имеют большую протяжённость и ряд особенностей по обслуживанию и ремонту, поэтому такую линию не делают цельной. Она разбивается на участки по 200-400 км путем установки на ней промежуточных подстанций, позволяющих установить на них компенсирующие устройства и отключать только повреждённую цепь, а не всю линию в целом[3];
- 8) к ним предъявляются повышенные требования по надёжности в работы, потому что по ним происходит питание большого количества потребителей и даже целых районов страны, поэтому во время ремонта отключение таких линий не происходит - все работы выполняются под напряжением; во время ремонта возможно отключение только одной фазы, оставляя в работе оставшиеся две;
- 9) ВЛ 500 кВ могут работать в неполнофазном режиме[2];

10) в процессе передачи электроэнергии по ВЛ 500 кВ в большей степени преобладает волновой характер, что означает передачу электроэнергии в виде электромагнитной волны, длина которой при частоте 50 Гц составляет 6000 км, при длине линии, равной длине волны, передача электроэнергии по ВЛ СВН имеет волновой характер.

При длине ВЛЭП СВН 3000 км или 6000 км передача электрической энергии по ней носит волновой характер и по ней можно передать наибольшую мощность. Объясняется это тем, что при такой длине линии, происходит взаимная компенсация ее индуктивного и ёмкостного сопротивлений, в результате чего результирующее реактивное сопротивление становится равным нулю, а ее собственное активное сопротивление имеет малую величину, поэтому полное сопротивление линии равно сумме активного и реактивного сопротивлений будет тоже иметь малую величину, вследствие чего линия способна передать максимальную мощность.

Стоит отметить, что следствием волнового характера передачи электроэнергии является разность (неодинаковость) значений напряжения в разных точках ВЛ, что так же является не желательным явлением и с которой приходится бороться различными техническими мероприятиями и электротехническими устройствами.

Передача электрической энергии по ВЛЭП 500 кВ осложняется возникающими в процессе передачи бегущими результирующими волнами тока и напряжения, каждая из которых состоит из суммы прямой и обратной волн. При этом в режиме передачи натуральной мощности, обратная волна практически отсутствует, а скорость распространения результирующей волны приближается к скорости света.

Еще одним обстоятельством, влияющим на пропускную способность линии 500 кВ является ее способность генерировать реактивную мощность, величина которой зависит от величины передаваемой по линии мощности. Поэтому, при решении проблемы повышения пропускной способности ВЛЭП 500 кВ необходимо рассматривать и учитывать баланс реактивной, влияющий на величину напряжения в линии. Режим работы ВЛЭП, когда генерируемая ею зарядная мощность равна нулю является идеальным режимом для работы ВЛЭП. Поэтому, при избытке зарядной мощности, носящей емкостной характер относительно индуктивной, для восстановления баланса, необходима компенсация этой зарядной мощности с помощью реакторов. Иначе, не скомпенсированная зарядная мощность приведет к сверхдопустимому увеличению напряжения на конце линии и дополнительно загрузит генератор реактивной мощностью, что может привести к выходу его из строя в результате возникшей перегрузки. В случае, когда в линии возникает недостаток реактивной мощности, аналогично возникает необходимость восстановления баланса по реактивной мощности путем подключения в линию батарей конденсаторов, иначе произойдет снижение величины напряжения ниже нормы на конце линии.

Решение проблемы увеличение пропускной способности линии электропередач сверхвысокого напряжения, в свою очередь, является не простой задачей, поскольку принцип работы воздушных линий электропередач сверхвысокого напряжения (свыше 220 кВ) отличается от принципа работы воздушной линии более низкого класса напряжения. В работе воздушных линий наблюдается следующая закономерность: чем выше класс напряжения линии и её длина, тем сильнее выражены свойства линии, обусловленные волновым характером передачи электроэнергии. К тому же для линий сверхвысокого напряжения начинают накладываться требования по обеспечению статической и динамической устойчивости. Например, пропускная способность линии 35 кВ

ограничивается только нагревом её проводов и поэтому, в случае короткого замыкания или обрыва провода на ней, особых возмущений в системе не происходит. Но при коротком замыкании на линии 500 кВ или при обрыве провода на ней, возмущения в системе будут заметными. При этом пропускная способность линии 500 кВ уже не зависит от ограничений по нагреву её проводов, а определяется волновым характером передачи электроэнергии, балансом реактивной мощности в линии, статической и динамической устойчивостью. Поэтому, увеличение пропускной способности линии электропередач напряжением 500 кВ представляет из себя более сложную задачу[3].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Развитие современных электроэнергетических систем, как во всем мире, так и в Кыргызстане, непосредственно связано с проблемами технического и экономического характера.

К основным техническим проблемам на сегодняшний день стоит отнести ряд проблем, связанных с поиском решения таких актуальных вопросов, как повышение пропускной способности электропередач в целом, управления режимами энергосистем, обеспечения их статической и динамической устойчивости, снижения в них потерь мощности и энергии при передаче, а также уменьшения экологического влияния, связанного с сокращением полосы отчуждения земель под строительство новых линий электропередач.

В качестве основных экономических проблем на сегодняшний день стоит отметить проблемы снижения капитальных вложений на строительство ЛЭП, электрических сетей, подстанций и другие виды электроэнергетических объектов и, как следствие, проблему уменьшения всех эксплуатационных затрат в целом. Проблемы снижения потерь электроэнергии в сетях при ее передаче так же остаются актуальными.

Развитие энергосистемы республики и, связанного с этим, увеличения объемов производства и потребления электроэнергии влечет за собой увеличение дальности передачи электроэнергии. В связи с этим возрастают острота и сложность указанных проблем, вызванных необходимостью обеспечения требуемой энергетической безопасности Кыргызстана.

Для решения задачи по увеличению пропускной способности линии электропередачи сверхвысокого напряжения в электроэнергетике разработаны и применяются различные способы и мероприятия, которые можно разделить на две группы. К первой группе таких мероприятий относятся организационные мероприятия, в основе которых лежат мероприятия по регулированию режимов работы линии. Ко второй группе мероприятий по увеличению пропускной способности линии относятся технические мероприятия.

Для выбора и применения того или иного мероприятия по повышению пропускной способности линии электропередачи необходимо провести технико-экономический анализ, который покажет насколько эффективными будут выбранные мероприятия с технической и с экономической точки зрения.

ВЫВОДЫ

1. Гидроэнергетический потенциал Кыргызстана высок (порядка 142 млрд. кВт.ч.). Только на реке Нарын и ее притоках можно построить еще 22 гидроэлектростанции с ежегодной выработкой электроэнергии более 30 млрд. кВт.ч., что открывает возможности крупномасштабного экспорта электроэнергии за рубеж.

2. Освоение собственного гидроэнергетического потенциала республики путем введения в эксплуатацию новых мощностей и крупномасштабного экспорта электроэнергии за рубеж, неизбежно приведет к увеличению передаваемой мощности по ВЛЭП 500кВ, которые являются главным звеном в электроэнергетической системе Кыргызстана.

3. Для передачи растущих мощностей требуется строительство новых высоковольтных ВЛЭП или модернизация уже существующих с целью увеличения их пропускной способности.

4. Строительство новых высоковольтных ВЛЭП напряжением 500кВ капиталоемкое мероприятие и связано со значительными капиталовложениями, а мероприятия по повышению пропускной способности уже существующих ВЛ менее затратные, и поэтому, экономически более целесообразны.

5. Актуальность проблемы увеличения передаваемых мощностей по воздушным линиям электропередачи ставит перед энергосистемой Кыргызстана задачу увеличивать передаваемые мощности электроэнергии по уже введенным в эксплуатацию ВЛ напряжением 500кВ за счет улучшения их пропускной способности.

Литература

1. **Александров Г. Н.** Передача электрической энергии [Текст]/ Г.Н.Александров.//2-е изд.-СПб.: Изд-во Политехн.ун-та,2009.-412с.

2. **Веников, В.А.** Дальние передачи переменного и постоянного тока [Текст]: Учебное пособие для вузов // Веников, В.А., Ю.П. Рыжов. -М.: Энергоатомиздат, 1985-320с.

3. **Кочкин В. И.** Новые технологии повышения пропускной способности ЛЭП // Новости Электротехники. - 2007. - № 3. - С. 45.

4. **Сыдыков Б.К.** Энергетическая безопасность Кыргызской Республики. -Б.: “Алтын принт”.2011.-188с.