

**ВОПРОСЫ ПРИМЕНЕНИЯ УПК ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ В ОЭС
ЦА И ЕЭС КАЗАХСТАНА****Шамсиев Х.А.**

к.т.н., доц, ТГТУ

Собитходжаев Ш.

Магистрант, ТГТУ

<https://doi.org/10.5281/zenodo.6547441>

Аннотация. В статье обозначены основные проблемы в энергетике Узбекистана и меры по их решению современными методами. В частности, в статье проанализированы вопросы применения УПК для повышения устойчивости в ОЭС ЦА и ЕЭС Казахстана.

Ключевые слова: энергетика, переток, мощность, упк, линия, емкость, установка, лэп, напряжения.

**ISSUES OF APPLICATION OF CPC TO INCREASE SUSTAINABILITY IN IPS CA
AND UES OF KAZAKHSTAN**

Annotation. The article outlines the main problems in the energy sector of Uzbekistan and measures to solve them using modern methods. In particular, the article analyzes the issues of applying the Code of Criminal Procedure to improve sustainability in the CA IPS and the UES of Kazakhstan.

Key words: energy, flow, power, upk, line, capacity, installation, power line, voltage.

Согласно концепции развития энергетической отрасли общая потребность республики Узбекистан в электроэнергии к 2030 году возрастет до 120,8 млрд. кВтч или в 1,86 раза (+55,8 млрд. кВтч) по сравнению с 2019 годом (65,0 млрд. кВтч), т.е. в среднем 5,8% в год.

До 2024 году планируется ввод 9 ПГУ суммарной установленной мощностью 6010 МВт, 5 ГТУ суммарной мощностью 844 МВт, ВИЭ суммарной мощностью 4000 МВт (в том числе СЭС -2400 МВт и ВЭС - 1600 МВт), и ГЭС суммарной мощностью 613МВт. Также планируется ввод угольных блоков суммарной мощностью 620 МВт.

Казахстан также планирует увеличить долю ВИЭ до 6% к 2023 году, до 30% к 2030 году, до 50% к 2050 году.

Предусмотренные в Узбекистане и Казахстане планы по интеграции ВИЭ в энергосистему достаточно масштабны и не могут быть полноценно реализованы, если не будет решена проблема влияния переменчивости и прерывистости ВИЭ на работу энергосистемы.

Если влияние переменчивости можно более или менее решить за счет поддержания горячих резервов на энергоблоках и с помощью накопителей, то проблему прерывистости, присущей солнечным станциям, установкой мобильных газовых станций, к примеру, ГТУ или ДВС (двигателей внутреннего сгорания), решить не получается даже в такой богатой газом стране как Узбекистан. В [1] указывалось, что проблема с замещением исчезающей вечером солнечной мощности обусловлена не недостатком генерирующих мощностей в энергосистеме, а ограничениями в скорости набора мощности на газовых станциях из-за неразвитости газотранспортной системы. Если эту проблему не решить, будет

создаваться ситуация с не скомпенсированными набросами мощности, исчисляемой гигаваттами, на интерфейс ЕЭС России - ЕЭС Казахстана. Сейчас допустимый наброс в сторону России равен 500 МВт, а из России в сторону ОЭС ЦА - всего лишь 300 МВт.

С учетом последнего фактора в энергосистеме Узбекистане были вынуждены ввести автоматику по отключению крупных энергоблоков мощностью свыше 300 МВт, при отключении которых срабатывает противоаварийная автоматика на САОН (специальная автоматика отключения нагрузки). Подобная автоматика имеется и по факту отключения ВЛ 500 кВ. Однако, как показали события 25 января 2022 года при блэкауте в ОЭС ЦА, этих мероприятий оказалось недостаточно.

Поочередное в течение 2 минут погашение обеих систем шин 500 кВ на Сырдарьинской ТЭС привело к разделению узбекской энергосистемы и появлению огромного отрицательного небаланса, в семь раз превышающего величину допустимого наброса на транзит Север-Юг Казахстана. Отключение последнего от перегруза создало еще дополнительный дефицит в объеме порядка 1500 МВт, что привело, в конечном счете, к лавине частоты с погашением собственных нужд станций и полному погашению энергосистем Узбекистана, Кыргызстана и частично Южного Казахстана.

Изложенная выше проблема с небалансами, создаваемыми переменчивыми и прерывистыми ВИЭ, увеличивает вероятность больших не скомпенсированных набросов на транзит Север – Юг Казахстана на несколько порядков. Что же нужно сделать?

Задачу можно решить за счет мер, позволяющих увеличить пропускную способность указанного транзита. Строительство еще одной, четвертой по счету цепи длиной 1700 км – очень дорого. Построить линию постоянного тока Север – Юг (или Запад - Юг), что облегчит проблему с устойчивостью – тоже очень дорого.

Можно рассмотреть идею проф. Трофимова Г.Г. по значительному увеличению пропускной способности существующих линий в Казахстане за счет применения УПК (устройств продольной компенсации) [2]. Опыт такого подхода был реализован в СНГ на ВЛ 330 кВ Джанкой, которая в настоящее время (после отделения Крыма) отключена.

Для линии (рис.1) передаваемая мощность с позиций статической устойчивости для простейшей системы определяется как

$$P_{np} = \frac{EU_c}{X_{Г} + X_{Т} + X_{Л}} \sin\delta \quad (1)$$

где: E – ЭДС генераторов;

U_c – напряжение на шинах системы;

U_1, U_2 – напряжение по концам линии;

δ – угол сдвига между векторами E и U_c в начале и конце линии;

$X_{Г}, X_{Т}, X_{Л}$ – соответственно сопротивления генератора, трансформаторов и линии.

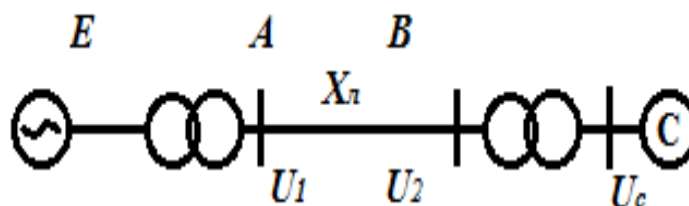


Рис. 1. Схема системы электропередачи

Из выражения (1) видно, что увеличение пропускной способности электропередачи может быть достигнуто за счёт уменьшения индуктивного сопротивления линии.

Уменьшение сопротивления линии электропередачи возможно за счёт устройств продольной компенсации. Этот способ реализуется при установке конденсаторной батареи (БК) в рассечку ЛЭП, как показано на рис. 2. Конденсаторные батареи X_C , включенные последовательно в рассечку линий осуществляют ёмкостную компенсацию индуктивного сопротивления X_L ЛЭП.

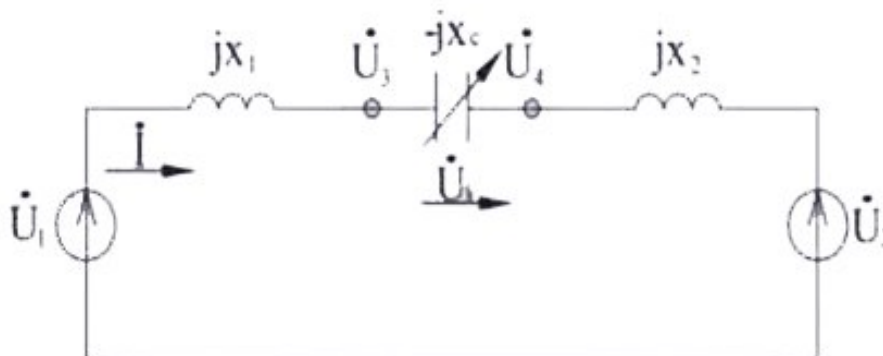


Рис. 2. Схема установки продольной компенсации в линии

После включения ёмкостного устройства продольной компенсации сопротивление линии уменьшится на величину сопротивления конденсаторных батарей $1/\omega C_{БК}$. Тогда передаваемая по линии мощность будет равна

$$P = \frac{U_1 \cdot U_2}{X_L} = \frac{U_1 \cdot U_2}{X_L - X_B} = \frac{U_1 \cdot U_2}{\omega L - 1/\omega C_{БК}} \sin \Psi \quad (2)$$

Из выражения (2) понятно, что реактивное сопротивление самой линии за счёт компенсации снижается, а следовательно, пропускная способность ЛЭП увеличивается.

Установка продольной компенсации (УПК) способна существенно (на 30—50 %) увеличить пропускную способность линии электропередачи, заметно сокращает взаимный угол между напряжениями на шинах отправной и приемной частей системы, повышая уровень устойчивости.

Однако упрощенное объяснение эффективности УПК только уменьшением продольного индуктивного сопротивления линии электропередачи является недостаточным.

Продольная компенсация реактивной мощности предполагает дополнительное включение конденсаторов последовательно с нагрузкой через вольтодобавочный или разделительный трансформаторы, что позволяет достичь автоматического регулирования напряжения в зависимости от текущей величины тока нагрузки.

Конечно, при продольной компенсации неизбежны и аварийные режимы, причинами которых могут стать:

- расшунтирование конденсаторов, могущее вызвать перенапряжение;
- явление феррорезонанса;
- повреждения конденсаторов изнутри.

Чтобы избежать повреждений от резкого повышения напряжения конденсаторы в такие моменты должны автоматически шунтироваться высоковольтным выключателем или мгновенно разряжаться через искровой промежуток.

Так как конденсаторы для продольной компенсации реактивной мощности включаются последовательно в цепь переменного тока, то через них течет полный ток линии, и следовательно, ток короткого замыкания, в случае возникновения такового, тоже потечет через них.

При продольной компенсации ток конденсатора равен текущему через него полному току нагрузки I , и мощность батареи конденсаторов Q является величиной переменной, зависящей от нагрузки в каждый конкретный момент времени. Эту реактивную мощность можно вычислить по формуле:

$$Q_k = I^2 / \omega C$$

И поскольку мощность на конденсаторах в процессе продольной компенсации не остается постоянной, то и напряжение повышается на величину, которая оказывается пропорциональна изменению реактивной нагрузки данной линии, то есть напряжение на конденсаторах так же отнюдь не постоянно, как это имеет место при поперечной компенсации реактивной мощности.

К преимуществам применения установок продольной компенсации в целом относятся:

- увеличение передаваемой по линии мощности;
- повышение стабильности работы энергосистем при пиковых нагрузках;
- значительное снижение потерь активной мощности;
- высокая экономичность распределения мощности в параллельных линиях;
- межсистемные сечения и технические параметры линий не нуждаются в увеличении.

Вместе с тем имеются и минусы:

- тяжелые рабочие условия для конденсаторов установки в сравнении с поперечной компенсацией, поскольку ток короткого замыкания тяговой сети протекает через конденсаторы, и здесь нужна надежная сверхбыстродействующая защита;
- перегрузка конденсаторов в опасных режимах: вынужденном, аварийном, послеаварийном.

Изучению применимости УПК для увеличения пропускной способности транзита Север-Восток-Юг в ЕЭС Казахстана посвящена моя диссертационная работа.

Литература

1. Т.Х.Насиров, В.А.Непомнящий, Х.А.Шамсиев. Влияние ветровых и солнечных электростанций на управляемость и надежность функционирования энергосистем. Республиканская научно-техническая конференции “Новые технологии - основа развития энергетики Узбекистана”, декабрь 2020г.
2. Г.Г.Трофимов. Направление развития электроэнергетики Казахстана. Энергетика. Вестник Союза инженеров-энергетиков Республики Казахстан, №3(78), сентябрь 2021г., с.25-27.