

Шаршеналиев Ж.Ш., Кадыров А.С.

**УСТРОЙСТВА СТАБИЛИЗАЦИИ НАПРЯЖЕНИЯ СЕТИ 110-500 КВ
НА БАЗЕ УПРАВЛЯЕМЫХ ПОДМАГНИЧИВАНИЕМ ШУНТИРУЮЩИХ
РЕАКТОРОВ И БАТАРЕЙ КОНДЕНСАТОРОВ**

Zh.Sh. Sharshenaliev, A.S. Kadyrov

**DEVICES OF CONSTANT-VOLTAGE REGULATION OF NETWORK
110-500 KV ON THE BASIS OF CONTROLLED BY MAGNETIC BIASING
OF SHUNT REACTORS AND BANK OF CAPACITORS**

УДК: 681.5 - 621.22

В статье показана эффективность применения ИРМ в сетях ЭЭС для стабилизации напряжения, повышения пропускной способности линий и снижение потерь электроэнергии.

In article the efficiency of Reactive Power Source (RPS) application in Electric Power System (EPS) networks for constant-voltage regulation, the increase of throughput rate of lines and decrease of electric loss is showed.

Напряжение - важнейший показатель режима электроэнергетических систем (ЭЭС). Величиной напряжения на зажимах потребителя и скоростью

его изменения определяется качество электрической энергии.

Качество электрической энергии характеризуется рядом показателей, оценивающих отклонения напряжения и частоты, симметрию токов и напряжений, их синусоидальность [1]. ГОСТ 13109-97 устанавливает требования к качеству электроэнергии в сетях общего назначения переменного трехфазного тока. В таблице 1 приведены допустимые значения показатели качества электрической энергии (ПКЭ) для нормального и послеаварийного режима.

Таблица 1.

Допустимые значения ПКЭ для нормального и послеаварийного режима

Показатель	Обозначение	Единица измерения	Значения показателя	
			Нормальное	Максимальное
Отклонение напряжения сети до 1 кВ	δU	%	+5	+10
6-20 кВ			-	+10
35 кВ и выше			-	-
Размах изменения напряжения	δV	%	-	-
Доза колебаний напряжения в электрической сети, к которой присоединяют осветительные установки, не более: с лампами накаливания в помещениях, где требуется значительное зрительное напряжение; с лампами накаливания в остальных помещениях	$P_{st} P_{lt}$	относит. единицы	1,0	0,74
	$P_{st} P_{lt}$	относит. единицы	1,38	1,0
Коэффициент несинусоидальности (не более) в сетях: до 1 кВ 6-20 кВ 35 кВ 110 кВ и выше	K_{nc}	%	5	10
			4	8
			3	6
			2	4
Коэффициент гармонической составляющей напряжения нечетного (четного) порядка (не более) в сетях: до 1 кВ 6-20 кВ 35 кВ 110 кВ и выше	K_u	%	-	6(3)
			-	5(2,5)
			-	4(2)
			-	2(1)
Коэффициент обратной последовательности напряжений (не более)	K_{2U}	%	2	4
Коэффициент нулевой последовательности напряжений (не более)	K_{0U}	%	2	4
Провал напряжения	Δt_n	с	-	30
Отклонения частоты	Δf	Гц	$\pm 0,2$	$\pm 0,4$

Качество электроэнергии влияет на величину потерь в системах электроснабжения, снижает уровень надежности работы электрооборудования, влияет на работоспособность и эффективность технологического оборудования потребителя.

Применительно к информационным и коммуникационным системам следует учитывать воздействие кондуктивных помех (электромагнитных помех, распространяющихся по элементам электрической сети). Основным показателем качества, определяющим технологический ущерб и величину потерь в промышленных, городских и распределительных сетях, является отклонение напряжения. Несимметрия и несинусоидальность приводят к дополнительным потерям мощности в линиях, трансформаторах, вращающихся машинах и батареях конденсаторов.

Временные перенапряжения, возникающие в системах электроснабжения при коммутациях или коротких замыканиях, могут приводить к повреждению изоляции. В качестве защиты от перенапряжений применяют разрядники и нелинейные ограничители перенапряжений.

Появления высших гармоник в сетях опасно из-за возможности возникновения резонансных явлений на частотах, существенно превышающих основную гармоническую частоту 50 Гц. Регистрация подобных явлений обычными приборами невозможна, а они могут быть причиной повреждения изоляции оборудования. Следует обратить внимание на соотношение величин потерь мощности на основной и высших гармониках. Токи высших гармонических частот, как правило, существенно меньше токов основной гармоники, но активные сопротивления из-за проявления поверхностного эффекта, а реактивные из-за зависимости от частоты существенно больше. Поэтому потери мощности на высших гармониках могут быть сопоставимы с потерями на основной гармонике [2].

В распределительных и особенно в питающих (110 кВ и выше) в сетях ЭЭС уровни напряжения в различных точках определяет другой важный режимный показатель - распределение реактивных мощностей в сети. Перетоки реактивных мощностей по ветвям сети создают потери активной мощности в ней были минимальны. Таким образом, напряжение как важнейший режимный показатель определяет надежность, качество и экономичность режима ЭЭС в целом.

Необходимость поддержания напряжения в различных точках сети в достаточно узких пределах предопределяет необходимость его регулирования. В настоящее время в ЭЭС применяется большое количество устройств, обеспечивающих поддержание режима напряжений и реактивной мощности. Это в первую очередь генераторы электростанций, трансформаторы с регулируемым под нагрузкой коэффициентом трансформации

(РПН), конденсаторные батареи, реакторы (управляемые и неуправляемые), синхронные компенсаторы, статические вентильные источники реактивной мощности (ИРМ). Указанные устройства снабжаются регуляторами, обеспечивающими поддержание напряжения (либо выработки реактивной мощности) в точке присоединения устройства в соответствии с заранее заданным графиком. График определяется при планировании режима ЭЭС.

В процессе эксплуатации происходит изменение режима по сравнению с планируемыми показателями: изменяются схема сети, нагрузки узлов, состав генерирующего оборудования. Фактический режим ЭЭС вследствие этого может существенно отличаться от планового. Поэтому регулирование напряжения и реактивной мощности в соответствии с плановыми графиками не дает того экономического эффекта, которого можно достичь при оперативном и автоматическом управлении регулирующими устройствами.

На сегодняшний день в Кыргызстане для регулирования напряжения и компенсации реактивной мощности, относятся неуправляемые шунтирующие реакторы, трансформаторы и автотрансформаторы с устройствами для регулирования под нагрузкой (РПН), синхронные компенсаторы, батареи статических конденсаторов - устройства, надежно работающие в диапазоне своих эксплуатационных характеристик.

Несмотря на имеющиеся в эксплуатации средства регулирования напряжения и компенсации реактивной мощности, оказывается недостаточно для обеспечения требуемых стандартов качества электроэнергии. В национальной электрической сети Кыргызстана в последние годы устойчиво характеризуются высокими уровнями напряжения, увеличенными потерями от перетоков избыточной реактивной мощности, большим количеством случаев срабатывания коммутационной аппаратуры.

В последние годы в высоковольтной сети 110 - 500 кВ для компенсации зарядной мощности линий электропередачи интенсивно внедряются управляемые подмагничиванием шунтирующие реакторы (УШР). В настоящее время планируется к установке десятки УШР мощностью 25, 35, 63, 100 и 180 МВар на все классы напряжения от 110 до 500 кВ. применение УШР обеспечивает снижение потерь мощности, стабилизацию напряжения, повышение пропускной способности и надежности электрических сетей высокого напряжения.

Успех УШР основан на том, что при значительно меньшей стоимости в функциональном отношении он полностью замещает тиристорно-реактивную группу статического компенсатора (СТК) вместе с повышающим трансформатором, а по конструкции не отличается от обычного двух- или трехобмоточного трансформатора. Совместно с батареей статических конденсаторов УШР может выполнять функции аналогичного по мощности

синхронного компенсатора или СТК. Их высокая эффективность и надежность дали основание для создания новых высоковольтных (110 кВ и выше) реверсивных устройств поперечной компенсации на базе УШР. На рисунке 1 показана принципиальная схема устройства и принцип действия ИРМ.

Устройство и принцип действия ИРМ.

Принципиальная схема ИРМ показана где 1- управляемый шунтирующий реактор, 2-батарея статических конденсаторов, 3-система автоматического управления (САУ), 4, 5- выключатели, ТН - трансформатор напряжения, ТТ - трансформатор тока.

Максимальный ток реактора и задержку времени Δt между соседними коммутациями секций конденсаторных батарей (включениями или отключениями выключателей 4 и 5). Обычно интервал времени Δt составляет 1 - 10 минут, в зависимости от параметров ИРМ и сети. Затем управляемый подмагничиванием реактор 1 выключателями подключают к сети.

При малой нагрузке или ее отсутствии (в ночное время) в сети имеет место избыток реактивной мощности из-за емкостных токов распределенной емкости высоковольтной сети на землю. В результате напряжение в сети увеличивается выше заданного, что фиксируется трансформаторами напряжения ТН и САУ 3, которая вырабатывает команду на увеличение тока подмагничивания реактора 1. В результате ток реактора 1

увеличивается (вплоть до максимального тока), ИРМ переходит в режим потребления автоматически регулируемой реактивной мощности и автоматической стабилизации напряжения в сети. При этом САУ 3 отслеживает изменение напряжения из-за колебаний нагрузки в сети, увеличивая или снижая ток подмагничивания реактора 1.

При дальнейшем увеличении нагрузки в сети возникает недостаток реактивной мощности. САУ 3, реагируя на снижение напряжения и проверяя условие тока реактора 1 (меньше минимального), дает команду на включение выключателя 4, подключая к сети одну секцию конденсаторной батареи 2, переводя ИРМ в режим выработки реактивной мощности.

При максимальной нагрузке сети снова возникают условия, при которых напряжение сети меньше заданного и ток реактора 1 меньше минимального. САУ 3 дает команду на включение выключателя 5, подключая к сети вторую секцию конденсаторной батареи 2, и переводит ИРМ в режим выработки реактивной мощности вплоть до максимальной (при минимальном токе реактора).

При снижении нагрузки (переходу в ночное время) в сети возникает избыток реактивной мощности, и напряжение возрастает. От ИРМ требуется переход от режима выдачи реактивной мощности к режиму потребления реактивной мощности. Поэтому САУ 3 вырабатывает команды на увеличение тока реактора 1 и на отключение секций конденсаторной батареи.

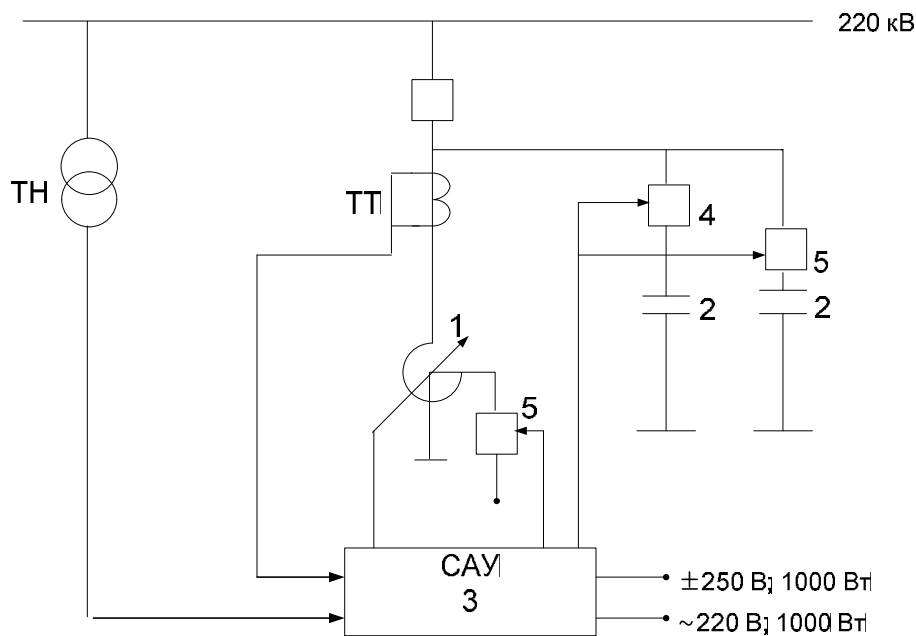


Рис. 1. Принципиальная схема ИРМ

Применение управляемых реакторов взамен нерегулируемых или ступенчато регулируемых реакторов особенно целесообразно в электрических сетях с переменными графиками нагрузки.

Совместно с батареями конденсаторов управляемые реакторы выполняют функцию синхронных или статических тиристорных компенсаторов, а широкомасштабное применение управляемых шунтирую-

щих реакторов - эффективный и экономичный путь оптимизации режимов электрической сети, повышения качества электроэнергии, улучшения условий эксплуатации и продления срока службы оборудования [3].

Системный эффект от их применения заключается в следующем:

- автоматизируется процесс стабилизации напряжения или одного из заданных параметров;
- режима с одновременной разгрузкой коммутационного оборудования в схемах;
- регулирования напряжения;
- значительно снизятся потери электроэнергии;
- повысится пропускная способность системных связей

Проблема использования современной техники, обладающей эксплуатационными качествами нового уровня, очень актуальна и принятия решения внедрения в производстве Национальной электрической сети Кыргызстана.

Сети передачи и распределения электрической энергии является одним из важнейших ключей к будущему. Качество электроэнергии в значительной степени связано с процессами ее передачи и распределения. Оно является критическим параметром для современного производства. Развитие электрических сетей во всем мире, рост числа межсетевых соединений предъявляют новые

требования к надежности, защищенности и в особенности к качеству управления энергопотоками. Для удовлетворения этих требований XXI века появляются современные средства, как на уровне проектов, так и на уровне готового оборудования.

Выводы:

1. Установка ИРМ позволила автоматизировать процесс стабилизации напряжения в узлах нагрузки в нормальных и послеаварийных возмущениях и разгрузить трансформаторы по реактивной мощности.

2. Применение ИРМ направлено на повышение надежности электроснабжения потребителей. В частности, благодаря разгрузке электрической сети от перетоков реактивной мощности, повысилась пропускная способность сети при одновременном снижении потерь.

Литература:

1. ГОСТ 13109-97. Нормы качества электрической энергии в системах общего назначения.
2. С.Е. Барыкин, С.Е. Герасимов, А.И. Таджибаев, В.А. Шаланда. "Проблемы производственно-хозяйственной деятельности предприятий электрических сетей" "ПЭИпк" - Санкт-Петербург: 2005г. -108с.
3. Управляемые подмагничивание электрические реакторы //Сб. статей. Под ред. д.т.н. проф. А.М. Брянцева. М.: "Знак". 2004. -264с.

Рецензент: к.т.н., доцент Замай В.И.