

**В.В. ШЕВЧЕНКО**, канд. техн. наук, доц., НТУ "ХПИ"

**П.И. МАТВЕЕНКО**, студент, НТУ "ХПИ"

## **О ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ПЕРЕВОДА ТУРБОГЕНЕРАТОРОВ В РЕЖИМ СИНХРОННЫХ КОМПЕНСАТОРОВ**

Существует необходимость регулирования напряжения в энергосистемах, проведена оценка влияния реактивной энергии на изменение напряжения в сети. В качестве основной системы компенсации реактивной мощности предлагается использовать отработавшие свой срок турбогенераторы путем перевода их в режим синхронных компенсаторов.

**Ключевые слова:** синхронный турбогенератор, синхронный компенсатор, реактивная мощность.

**Введение.** В энергосистеме Украины, как и других стран, сложилась критическая ситуация с поддержанием (регулированием) параметров электроэнергетики в электрических сетях. Неравномерность графиков нагрузки в течение суток и времен года, наличие слабо загруженных высоковольтных линий электропередачи, недостаточная степень компенсации реактивной мощности в электрических сетях приводит к повышению уровня напряжения и изменению частоты в сети. Повышение напряжения выше допустимого на трансформаторах и автотрансформаторах, шунтирующих реакторах, ограничителях перенапряжений и других видах оборудования приводит к резкому сокращению срока службы и росту аварийности этого оборудования, а также снижает надежность работы генераторов и другого электрооборудования электростанций.

Регулирование напряжения (т.е. фактически реактивной мощности) в сетях Украины сейчас осуществляется рядом устройств:

1) автоматическими регуляторами возбуждения синхронных генераторов (ТГ) на блоках электростанций;

2) синхронными и статическими тиристорными компенсаторами на подстанциях;

3) шунтирующими реакторами (ШР), трансформаторами с регулированием напряжения под нагрузкой (РПН), батареями статических конденсаторов (ВСК), устанавливаемых, в основном, у потребителя.

Применение в качестве регулятора реактивной мощности этих устройств недостаточно, кроме того, позволяет компенсировать (регу-

лируют) избыточную реактивную мощность не плавно, а ступенчато. На практике такое регулирование осуществляется эпизодически из-за недостаточного коммутационного ресурса воздушных выключателей, а также низкой надежности устройств РПН.

**Цель исследований** – определить перспективные, надежные, достаточно мощные системы компенсации, которые позволят плавно регулировать реактивную мощность в энергосистеме. Поиск необходимо проводить с учетом технико-экономических возможностей государства, с обязательным учетом рентабельности принимаемых решений.

**Связь компенсирующих систем с состоянием энергетики.** В Украине впервые эта проблемы проявилась в 70-е годы прошлого века, когда Бурштынская ТЭС начала работать на энергосистеме стран Европы через выделенные линии электропередач (ЛЭП) 330 кВ "Бурштын – Европа". Снижение энергоемкости промышленных предприятий и изменение их графиков работы, изменение характера нагрузки от бытовой техники привело к тому, что в ЛЭП высокого напряжения снизилась активная нагрузка, в то время, как реактивная мощность ЛЭП (емкостного характера) оставалась на том же уровне, а в некоторых случаях даже увеличилась. Следует отметить, что регулирование реактивной мощности на этих линиях осуществлялось при помощи автоматических регуляторов возбуждения синхронного турбогенератор (ТГ), который переводили в режим потребления реактивной мощности, в режим недовозбуждения, для поддержания требуемого напряжения в сети.

За счет изменения тока возбуждения синхронных турбо- и гидрогенераторы можно в определенных пределах регулировать реактивную мощность, однако эти пределы ограничены. Сравнительно небольшая мощность турбогенераторов, установленных на тепловых электростанциях (ТЭС), потребует существенного изменения режима их эксплуатации для действенного влияния на энергосистему. В турбогенераторах старых серий потребление реактивной мощности существенно ограничено, а иногда и исключено. Практика эксплуатации показала, что серийные ТГ непригодны для работы в режимах даже незначительного недовозбуждения и требуют модернизации. Это ограничение связано с повышенным нагревом, увеличением механических усилий в торцевых зонах статоров, в частности, в крайних пакетах сердечника, а также требованиями по обеспечению условий устойчивости. Регулирование же параметров энергосистемы путем изменения режимов работы самых мощных ТГ, установленных на АЭС, недопустимо.

Необходимо было понять, какие типы машин будут достаточно мощными, чтобы оказывать реальное влияние на энергосистему и регулировать ее параметры, но при этом не снижать уровень безопасности работы. Во всем мире решение этой проблемы возложено на гидротурбогенераторы ГАЭС, которые исходно определены для работы в режиме мотор – генератор. Однако существуют и другие пути регулирования баланса реактивной мощности в энергосистеме.

Т.о. регулирование напряжения в электрических сетях энергосистем не может быть обеспечено традиционными синхронными турбогенераторами, рассчитанными на номинальный режим работы с перевозбуждением, т.е. с конденсаторным характером реактивности. ЛЭП являются мощными источниками реактивной мощности емкостного характера. При существующей на данный момент длине ЛЭП с напряжением 330-750 кВ их суммарная зарядная мощность составляет 13 Гвар, в т.ч. на линиях 750 кВ – около 8 Гвар, на линиях 330 кВ – около 5 Гвар. При ограниченной способности работающих ТГ "отбирать" из сети емкостную энергию, работая в режиме недо возбуждения, и в периоды снижения потребления активной энергии, возникает недопустимое повышение напряжения в сети, и, как следствие, снижение уровня надежности, как оборудования самих ЛЭП, так и турбогенераторов, особенно на АЭС, [1].

Для компенсации реактивной мощности в линиях 330-750 кВ, в основном, используется шунтирующие реакторы – дорогие и ненадежные дроссели высокого напряжения, однако и их количество недостаточно для радикального решения проблемы. Следует искать другое решение. Наиболее перспективным решением, на наш взгляд, является перевод ТГ сравнительно небольшой мощности (до 200 МВт), которые исчерпали время эксплуатации, и подлежат демонтажу или капитальному ремонту в режим синхронного компенсатора (СК). Для этого следует проводить необходимых мероприятий, с учетом опыта отечественного электромашиностроения и данных эксплуатации зарубежных энергосистем.

За рубежом накоплен определенный опыт в этом вопросе. Например, впервые процедуру перевода СТГ в режим синхронного компенсатора провели в конце 80-х годов французские энергетики на ТЭС "Нанте-Шевирэ", где турбогенераторы мощностью 250 МВт были переделаны в синхронные компенсаторы, [2].

Для этого машинный комплекс был подвергнут незначительной модернизации, включающей:

– восстановительный ремонт самого генератора;

- дополнительное оснащение его осевым подшипником и системой пуска;
- доработку системы возбуждения, контроля, смазки и охлаждения.

Анализ этой разработки показал, что такой вариант экономически более целесообразен (как по материальным затратам, так и по качеству регулирования), чем установка новых статических компенсаторов реактивной мощности. К тому времени выработка электроэнергии на АЭС Франции превысила 75 % ее общего количества, что снизило потребность в использовании мощностей ТЭС.

Общая установленная мощность электростанций Украины, сжигающих органическое топливо, составляет 36,4 млн. кВт или около 46 % общей установленной мощности всех электростанций страны. В то же время большая часть этих генераторов была введена в эксплуатацию в 1960-1970 годах и в настоящее время 98 из 104 энергоблоков (мощностью 150, 200 и 300 МВт) отработали свой расчетный ресурс, 66 из них выработали предельный ресурс, [3]. Энергоблоки мощностью до 160 МВт включительно к тому же имеют недопустимо низкие эколого-экономические показатели, вследствие чего планируется их снятие с эксплуатации. Т.е. необходима замена физически изношенного оборудования, но это требует крупных капиталовложений, что экономически невозможно для Украины. Предлагаемый вариант замены режима эксплуатации уже установленной электрической машины намного рентабельнее: по данным ВНИИЭ, капитальные затраты на создание нового компенсационного узла обходится примерно в 60-90 долл./квар. Переделка же выведенного из эксплуатации ТГ в СК в максимально востребованном объеме (для обеспечения глубокого потребления реактивной мощности) требует не более 10 долл./квар, т.к. в работе останется основной электротехнический комплекс энергоблока, включая силовые трансформаторы и оборудование ОРУ.

Для решения поставленной задачи, кроме технических проблем, необходимо решать и организационные проблемы:

1) законодательно необходимо запретить демонтаж основного и вспомогательного генераторного оборудования устаревших энергоблоков мощностью до 200 МВт включительно, с целью их использования в качестве синхронных компенсаторов;

2) ввести механизма технического и экономического стимулирования электрических станций за поддержание уровня напряжения и регулирование реактивной энергии в энергосистеме;

3) на правительственном уровне необходимо выделять материальные средства для научных разработок в решении вопросов компенсации реактивной энергии в действующих энергосистемах с привлечением ведущих специалистов и опыта зарубежных энергетических организаций.

При одинаковой важности решения проблемы регулирования реактивной энергии в энергосистеме для Украины и России (при снижении активной нагрузки напряжение в сетях доходит до 110 % от номинального значения), именно Россия первая возобновила подобные исследования. Ученые считают, что начало этих исследований было положено после ЧП в центре Москвы, когда на ТЭЦ, расположенной напротив Кремля, взорвался силовой трансформатор, не выдержавший перенапряжения, [3].

#### **Выводы.**

1) Наиболее перспективным способом регулирования реактивной мощности в энергосистемах является применение СК, созданных на базе отработавших свой срок турбогенераторов. Такое решение позволяет использовать отработавшее оборудование без его демонтажа, с небольшими затратами на реконструкцию.

2) Для практической реализации такого решения необходима государственная поддержка предлагаемой реконструкции.

**Список литературы. 1. Шевченко В.В.** Основные задачи, проблемы и направления развития отечественного турбогенераторостроения // Энергетика та електрифікація. № 10, 2012. – С. 33-39. **2. Шевченко В.В.** Системный подход к вопросам оценки технического состояния электрооборудования энергосистем Украины // Системи обробки інформації. Збірник наукових праць. Харківський університет повітряних сил. – Харків, 2012, вип. 7 (105). – С. 152-155. **3. Кузьмин В.В., Шпатенко Т.В.** Опыт создания и эксплуатации асинхронизированных турбогенераторов производства НПО "Электротяжмаш" // Электротехника, 2010, № 2. **4. Шевченко В.В.** Пути повышения мощности турбогенераторов при проведении работ по их реабилитации // Электрика, № 1, 2013. – С. 6-11.

*Поступила в редколлегию 01.10.2013*



**Шевченко Валентина Владимировна**, к.т.н., доцент, доцент кафедры "Электрические машины" НТУ "ХПИ". В 1977 г. в ХПИ защитила диплом инженера-физика. В 1981 г. защитила диссертацию в Ленинградском политехническом институте по специальности электрические машины и аппараты. Область научных интересов электроэнергетика, оптимизация параметров и технических характеристик турбогенераторов, нетрадиционная энергетика, сверхпроводимость.



**Матвеенко Павел Иванович**, студент электромашиностроительного факультета, группы ЭМС-10Б НТУ "ХПИ". Участник Всеукраинского конкурса 2013 г. студенческих научных работ по специальности "Электротехника и электромеханика".

Область интересов – конструкции, новые технологии изготовления и режимы работы турбогенераторов в объединенных энергосистемах.

#### **УДК 621. 327**

**О целесообразности перевода турбогенераторов в режим синхронных компенсаторов / Шевченко В.В., Матвеенко П.И.** // Вісник НТУ "ХПИ". Серія: Проблеми удосконалення електричних машин і апаратів. Теорія і практика. – Х.: НТУ "ХПИ", 2013. – № 51 (1024). – С. 76-81. Бібліогр.: 4 назв.

Існує необхідність регулювання напруги в енергосистемах, проведена оцінка впливу реактивної енергії на зміну напруги в мережі. В якості основної системи компенсації реактивної потужності пропонується використовувати турбогенератори, які відпрацювали свій термін, шляхом переведення їх у режим синхронних компенсаторів.

**Ключові слова:** синхронний турбогенератор, синхронний компенсатор, реактивна потужність.

There is a need to regulate the voltage in the power systems; the influence of reactive power on the change of the voltage was evaluated. Turbogenerators, spent his time, are proposed as the main system for reactive power compensation by shifting their mode of synchronous compensator.

**Keywords:** synchronous turbogenerator, synchronous compensator, reactive power.