

## **ПРИМЕНЕНИЕ АСИНХРОНИЗИРОВАННЫХ ТУРБОГЕНЕРАТОРОВ В ЭНЕРГЕТИКЕ РФ**

**Нешатаев Е.Б.,**

**научный руководитель канд. экон. наук Возовик В. П.**

*Сибирский Федеральный Университет*

Эксплуатируемые на тепло- и гидроэлектростанциях синхронные турбо- и гидрогенераторы традиционных типов не всегда удовлетворяют современным требованиям, обусловленными сложившимися к настоящему времени особенностями режимов отечественных энергосистем, связанными, в частности, с необходимостью решения проблемы поддержания нормативных уровней напряжения в электрических сетях.

Проблема поддержания уровней напряжения тесно связана со свойством высоковольтных линий электропередачи (воздушных и кабельных) генерировать в электрическую сеть реактивную мощность (РМ). Она осложняется недостаточным объемом либо отсутствием средств компенсации РМ, неравномерным распределением потоков РМ между сетями различного класса напряжений и т.п., что приводит к чрезмерному повышению уровней напряжения. Следствием работы с высокими уровнями напряжения являются ускоренный износ и повышенная аварийность электрооборудования. Для решения этой проблемы принимаются специальные меры, которые нередко приводят к ухудшению показателей устойчивости и экономичности работы энергосистем. В частности, для нормализации уровней напряжения персонал электростанций, работающих на шины 110–500 кВ, вынужден переводить турбогенераторы в режимы потребления РМ, что позволяет несколько снизить уровни напряжения, но со временем приводит к ускоренному износу этих турбогенераторов, а в ряде случаев и к аварийным отключениям из-за разрушения торцевых зон статоров, т. к. синхронные турбогенераторы не рассчитаны на эти режимы.

Также не менее важными и всё более актуальными являются проблемы повышения устойчивости и надежности работы электроэнергетических систем в целом с учетом тенденции к увеличению потоков мощности по существующим линиям электропередач и обеспечения транспорта электроэнергии на значительные расстояния.

РАО «ЕЭС России» была утверждена Программа «Создание в Единой энергосистеме России гибких (управляемых) систем электропередачи переменного тока и устройств регулирования напряжения». Программой, в частности, предусмотрено создание и введение в эксплуатацию на электростанциях турбогенераторов принципиально нового типа – так называемых «асинхронизированных» (АС) турбогенераторов.

Первый в мировой практике АС-турбогенератор мощностью 200 МВт был разработан совместно ОАО «ВНИИЭ» и НПО «Электротяжмаш», изготовлен и в 1985 г. установлен на Бурштынской ГРЭС (Украина). В 1991 г. на той же ГРЭС был включен в эксплуатацию второй турбогенератор уже серийного исполнения типа АСТГ-200-2У3.

Впервые в России АС-турбогенератор с симметричной системой возбуждения (классический) типа ТЗФА-110 мощностью 110 МВт (производства ОАО «Электросила») в декабре 2003 г. был введен в эксплуатацию на ТЭЦ-22 ОАО «Мосэнерго».

Этот турбогенератор имеет косвенное воздушное охлаждение обмотки статора и непосредственное воздушное охлаждение обмотки ротора и активной стали статора. Статор генератора – традиционного типа, в конструкции которого приняты специальные меры для исключения перегрева торцевых зон при работе его в режимах глубокого потребления РМ.

Возбуждение турбогенератора осуществляется с помощью быстродействующей статической реверсивной тиристорной системы самовозбуждения. Кроме того, генератор может работать в резервных режимах как обычный синхронный турбогенератор, причем с одной или двумя обмотками возбуждения, а также в асинхронном режиме без возбуждения с замкнутыми накоротко обмотками ротора.

Важно отметить, что благодаря возможности автоматического перевода генератора в асинхронный режим он сохраняет работоспособность при полном отказе системы возбуждения. Были проверены заложенные для обеспечения высокой «живучести» в систему управления алгоритмы автоматических переходов генератора в резервные режимы (асинхронный без возбуждения, синхронный с двумя и с одной обмоткой возбуждения) и из резервных режимов в штатный. Все переходы успешные, без чрезмерных колебательных процессов, и соответствуют расчетным данным.

В отличие от синхронных турбогенераторов АС-турбогенераторы обладают существенно более высокими пределами устойчивости и предназначены для работы в режимах не только выдачи, но и глубокого потребления РМ, т.е. позволяют существенно расширить диапазон регулирования напряжения на шинах станции.

Классический АС-турбогенератор имеет на роторе, в отличие от синхронных, две одинаковые обмотки возбуждения, расположенные под углом  $90^\circ$  относительно друг друга.

Испытания и опыт эксплуатации двух АС-турбогенераторов позволили подтвердить основные отличительные свойства таких генераторов, обуславливающие целесообразность их применения:

1) обеспечение высокого уровня статической устойчивости во всём допустимом по условиям нагрева генератора диапазоне рабочих режимов, включая режимы глубокого потребления РМ;

2) повышенное быстродействие регулирования напряжения (РМ);

3) обеспечение равновысоких пределов динамической устойчивости в режимах выдачи и глубокого потребления РМ;

4) поддержание высокого качества вырабатываемой электроэнергии при возмущениях в энергосистеме и в энергоблоке;

5) возможность неограниченно длительных асинхронных режимов без возбуждения при обеспечении близкой к номинальной нагрузке и высокого качества электроэнергии;

6) высокий уровень живучести при частичных отказах в системе возбуждения и при полной потере возбуждения (не требуется система резервного возбуждения);

7) повышенный коэффициент готовности;

8) повышенная ремонтпригодность системы возбуждения;

9) облегченное техническое обслуживание систем возбуждения и управления;

10) улучшение условий работы оперативного персонала электростанции.

Оценочные расчеты показывают, что, несмотря на более высокую цену АС-турбогенераторов по сравнению с синхронными, замена последних с отказом от подключения шунтирующих реакторов к шинам электростанции экономически оправдана. Это дает экономию как по капиталовложениям, так и по издержкам, поскольку удорожание АС-турбогенератора в абсолютном выражении в 1,5–2 раза меньше затрат на установку и эксплуатацию, например, одного шунтирующего реактора 500 кВ, 180 МВ•А. При этом АС-турбогенератор не только полностью замещает реактор на шинах станции в части потребления РМ, но и дает все преимущества непрерывно и плавно регулируемого средства компенсации РМ.

В период до 2014 г. в Московском регионе ожидается значительное опережение роста потребления электроэнергии над вводом новых мощностей, а для обеспечения приема энергосистемой больших потоков электроэнергии из других энергосистем нужны источники РМ с широким диапазоном регулирования.

В связи с этим ОАО «ВНИИЭ» и «Энергосетьпроект» проработали возможные варианты решения проблемы нормализации уровней напряжения в сетях 110–500 кВ. ОАО «Мосэнерго» в ближайшие годы будет реализовывать программу внедрения АС-турбогенераторов на электростанциях, предусматривающую до 2014 г. установку АС-турбогенераторов типа ТЗФАУ-160 и ТЗФСУ-320 на ТЭЦ-20, ТЭЦ-21, ТЭЦ-22, ТЭЦ-27, Каширской ГРЭС-4.

В декабре 2004 г. на Научно-техническом совете ОАО «Инженерный Центр ЕЭС» были рассмотрены вопросы внедрения АС-турбогенераторов мощностью 110-320 МВт при техническом перевооружении и строительстве объектов ЕЭС. Предложено установить АС-турбогенераторы на Рязанской, Троицкой, Ириклинской, Харанорской ГРЭС и ряде других ГРЭС и ТЭЦ.