УДК 621.313.322

О ВЛИЯНИИ РЕЖИМОВ НЕДОВОЗБУЖДЕНИЯ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЭКСПЛУАТАЦИИ ТУРБОГЕНЕРАТОРОВ

В. И. Милых, д.т.н., проф., В. С. Шпатенко, асп.
Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»
ул. Фрунзе, 21, 61002, г. Харьков, Украина
E-mail: mvikpi@kpi.kharkov.ua

Доказано, что эксплуатация турбогенераторов в режимах недовозбуждения повышает надежность генерации и передачи электроэнергии в системах с излишками реактивной мощности емкостного типа.

Ключевые слова: турбогенератор, режимы недовозбуждения надежность эксплуатации.

Введение. Убежденность обслуживающего персонала тепловых (а затем и атомных) электростанций СНГ в том, что работа турбогенераторов в режимах недовозбуждения ведет к снижению показателей надежности, сложилась и укоренилась в 70-х годах на почве тех аномалий, которые были обнаружены на генераторах 200 МВт Бурштынской ТЭС, которые в составе «электрического острова» стали работать на энергосистему Европы.

Анализ предыдущих исследований. В начале 70-х годов в странах-импортерах была введена 5-дневная рабочая неделя, что привело к резкому спаду потребления активной мощности в выходные дни [1]. Отсутствие мощных потребителей с непрерывным циклом работы и наличие длинных линий электропередачи привели к необходимости переводить генераторы ТГВ-200 в режим потребления реактивной мощности в ночное время и выходные дни. Средний коэффициент мощности в 1970 году составил 0,974.

Работа турбогенераторов с таким высоким $\cos\varphi$ (при номинальном расчетном значении 0,85) привела к появлению новых видов дефектов в зубцах крайних пакетов сердечника статора, причиной которых в то время резонно сочли влияние возросших полей рассеяния, вызывающих рост потерь и вибрации.

Первыми мерами, которые можно было предпринять для предотвращения таких дефектов, были попытки вернуться к традиционным режимам с $\cos\varphi$, близким к номинальному. Но имевшиеся в наличии синхронные компенсаторы и взятые на учет все мощные синхронные двигатели не решали проблему. Необходимы были радикальные решения для компенсации излишков емкостной реактивной мощности.

Перечисленные обстоятельства, характерные только для режимов работы «энергетического острова», и послужили объективной основой для выбора параметров и объекта внедрения первого асинхронизированного турбогенератора типа АСТГ-200 завода «Электротяжмаш».

В процессе разработки и доводки этих машин совместно с ведущими специалистами научно-исследовательских институтов СССР на базе фундаментальных исследований были решены не только проблемы подавления аксиальных полей рассеяния, но и обеспечения требуемого уровня устойчивости генератора в режимах глубокого недовозбуждения – вплоть до $\cos\varphi = 0$ [2].

За более чем 40-летний период эксплуатации на генераторах АСТГ-200 не отмечались ни повреждения зубцов концевой зоны статора, ни случаи выпадения из синхронизма.

Цель работы. Обоснование целесообразности эксплуатации ТГ в режимах недовозбуждения в системах с избытками реактивной мощности емкостного типа.

Материал и результаты исследований. *Потребности энергосистем в компенсации избыточной емкостной реактивной мощности и роль турбогенераторов в ее решении.*

До последнего времени оставались непонятными два обстоятельства:

– почему на ряде машин новых серий с электромагнитными экранами и запеченными крайними пакетами (ТВВ-320-2, ТВВ-1000-2) наблюдаются серьезные повреждения зубцовой зоны [3,4],

– почему такая «патология» наблюдается не на всех марках турбогенераторов (например, 8 турбогенераторов 500 МВт типа ТГВ-500 наработали более 240 генераторо-лет и до сих пор *не имеют ни одного* замечания по сердечнику статора).

Решение этой «застарелой» проблемы было найдено недавно на базе фундаментального анализа объективных данных и результативности теоретических подходов. Было установлено [5], что

– осевые вибрации в статорах турбогенераторов возбуждаются не внешними, а внутренними магнитными полями (вклад внешних полей рассеяния при эффективном экранировании не превышает 1% [6]);

– устойчивость ряда конструкций сердечников статоров к таким силам была достигнута случайно благодаря «излишним запасам» по механической прочности и внедрению апробированных на практике (методом «проб» и «ошибок») лучших мировых достижений в области конструкции и технологии.

Но это – случайности.

Радикальное решение проблемы на новой научно-технической базе требует ревизии всех этапов от конструирования и изготовления до сервисного обслуживания в процессе эксплуатации и ремонтов.

Эффективность эксплуатации турбогенераторов в режимах недовозбуждения.

Снятие проблем нагрева и вибрации концевых частей сердечников статоров при их «реабилитации» или изготовлении с использованием последних достижений в части экранирования полей рассеяния и адекватного проектирования узлов крепления позволяет перевести такие машины для работы в диапазоне недовозбуждения со значительным экономическим эффектом как за счет снижения потерь, так и повышения надежности электротехнического оборудования ТЭС и АЭС.

Уход в зону недовозбуждения значительно разгружает всю цепь возбуждения: за счет снижения тока и потерь повышается надежность роторной цепи (обмотки, контактных колец) и внешней системы возбуждения (табл. 1).

Таблица 1 – Режимы турбогенератора ТГВ-300 (S=353 МВА – неизменно)

cosφ / Параметры	0,85	0,95	0,95 φ < 0	0,85 φ < 0
Активная мощность, МВт	300	335	335	300
Реактивная мощность, Мвар	+186*)	+110	-110	-186
Ток возбуждения, о.е.	1,0	0,89	0,77	0,65
Потери в роторе, о.е.	1,0	0,79	0,59	0,302

*) Режим нереален по условиям энергосистемы

Если по условиям энергосистемы необходима работа вектора с потреблением $Q = -110$ *Мвар,* а мы его «заставляем» постаринке выдавать ту же мощность, то для поддержания напряжения на ЛЭП должны быть дополнительно включены шунтирующие реакторы (ШР) мощностью 220 Мвар.

А если новые устройства регулирования возбуждения позволят повысить устойчивость генератора [7] и выйти на потребление до 200 Мвар – эффект как по генератору, так и в сети будет еще выше.

В последнем случае он достигается за счет более эффективного и малозатратного метода регулирования напряжения в сети не только в целях снижения потерь в ЛЭП, но также и повышения надежности оборудования ЛЭП, так как длительное повышение напряжения сверх допустимого на трансформаторах и автотрансформаторах, на шунтирующих реакторах, ограничителях перенапряжений и других видах оборудования приводит к резкому сокращению их срока службы и росту аварийности.

При недостаточном количестве ШР в энергетическом узле иногда в практике РФ применяется отключение межсистемных связей, что существенно снижает устойчивость работы энергосистемы [7].

Выводы. Эксплуатация турбогенераторов в режимах недовозбуждения повышает надежность генерации и передачи электроэнергии в системах с излишками реактивной мощности емкостного типа.

ЛИТЕРАТУРА

1. Здановский В.Г., Федоренко Г.М., Кузьмин В.В., Зозулин Ю.В. Проблемы освоения и опыт промышленной эксплуатации асинхронизированных турбогенераторов АСТГ-200 // «Гидроэнергетика Украины». – 2001. – № 9.

2. Зозулин Ю.В., Кузьмин В.В. Опережая время: асинхронизированные машины – в энергетику // Гидроэнергетика Украины. – 2001. – № 9.

3. Голоднова О.С., Ростик Г.В. Анализ и мероприятия по предупреждению повреждений сердечников статоров турбогенераторов // Электросила. – 2004. – № 43. – С. 56 – 64.

4. Бутов А.Б., Мамиконянц Л.Г., Пикульский В.А. и др. Повреждаемость и контроль запеченных концевых пакетов стали сердечников статоров турбогенераторов // Электрические станции. – 2001. – №5. – С. 41 – 47.

5. Кузьмин В.В., Лившиц А.Л., Шпатенко Т.В., Шпатенко В.С. Электромеханические процессы в шихтованных магнитопроводах крупных электрических машин – новый подход к описанию явлений и разработке мероприятий по предотвращению появления дефектов // Гидроэнергетика Украины. – № 4. – 2010.

6. Кузьмин В.В., Шпатенко В.С. К расчету осевых сил в сердечнике статора турбогенератора (по поводу статьи Ю.Н. Васьковского, Ю.А. Шумилова и А.В. Штогрина «Анализ вибровозмущающих осевых сил в сердечнике статора мощного турбогенератора») // Электротехника и электромеханика. – № 2. – 2010.

7. Коротченко В.В. Разработка мероприятий по повышению эффективности работы синхронных турбогенераторов в электроэнергетической системе при потреблении реактивной мощности: диссертация на соискание уч. степ. канд. техн. наук. – М., 2007.– 159 с.