

## МАЛОЗАТРАТНЫЕ И ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ РЕАБИЛИТАЦИИ ТУРБОГЕНЕРАТОРОВ – ОСНОВА ТЕХНИЧЕСКОГО ПЕРЕВООРУЖЕНИЯ ЭНЕРГЕТИКИ УКРАИНЫ

*В. В. Кузьмин, д.т.н., проф., А. Л. Лившиц, к.т.н., В. С. Шпатенко, инж.  
АО «МЭА «ЭЛТА»*

*Стадионный проезд, 14/3, 61091, г. Харьков, Украина  
тел. +38(057)3920045; тел./факс: +38(057)7134102*

Выполнен анализ современного состояния электроэнергетики Украины. Предложено использование малозатратных и энергосберегающих технологий реабилитации турбогенераторов как основы технического перевооружения энергетики Украины на период до 2030 года.

**Ключевые слова:** энергоресурсосбережение, энергетика Украины, состояние и перспективы развития.

**Введение.** Несмотря на предсказания известных футурологов (А. Кларк) о появлении в 2010 году нового поколения «генераторов космической энергии» и наличие работающих моделей таких устройств [1], мировая энергетика продолжает основываться на экологически вредных технологиях, подавляющее число которых базируется на уничтожении ограниченных запасов ископаемых ресурсов. Как верно указывается в [2], «настала необходимость оценки негативных процессов деградации не только фундаментальной, но и прикладной науки, которая должна стать двигателем технического и технологического прогресса, источником инновационного подъема. Основания для такого разговора появились по целому ряду признаков, характерных, в частности, для научной среды электромехаников». Потому «и неудивительно, что на этом фоне до сих пор не найдено физически содержательных объяснений, на каком принципе работают двигатели Губера и Серла, генератор Баумана и многие другие самодельки изобретателей из народа [3]».

А пока, несмотря на явную бесперспективность традиционных технологий, приходится решать частные задачи старой тенденции «устойчивого развития» энергетики, среди которых наиболее эффективными пока остаются энергосберегающие технологии.

*Состояние энергетики Украины.* По установленной мощности электроэнергетика Украины включает в себя 70 % ТЭС всех видов, 20 % АЭС, 9 % ГЭС, около 1 % «зеленой энергетики».

Наиболее высокий коэффициент использования установленной мощности (КИУМ) и энергоблоков АЭС – около 85 %, наиболее низкий – у ТЭС (не выше 28 %). В среднем по энергосистеме (при КИУМ для ГЭС на уровне 0,6) этот показатель составляет 0,43. Это означает, что при общей установленной мощности энергоблоков около 52 ГВт нагрузка линий электропередач составляет около 23 ГВт.

На ТЭС 90 % турбогенераторов работает за гранью расчетного ресурса. К настоящему времени на ТЭС Украины выработали расчетный ресурс (30 лет) около 80 турбогенераторов 200 и 300 МВт производства завода «Электротяжмаш», из них половина эксплуатируется более 40 лет.

Вследствие низкого КИУМ во многих узлах объединенной энергосистемы Украины нарастает потребность в переводе генераторов в режимы недо-

возбуждения в целях ограничения недопустимого повышения напряжения и удержания его в границах значений, которые допускаются правилами технической эксплуатации (ПТЭ) [4].

Недопустимо высокие напряжения имели место не только в сетях 750 кВ, но и в сетях 330 кВ центральных и западных регионов объединенной энергетической системы (ОЭС) Украины, а также на шинах 110 и 35 кВ ряда подстанций в этих регионах.

Основной причиной повышения уровней напряжения является значительный избыток реактивной мощности сетей 330–750 кВ.

Этот избыток является следствием неполной загрузки линий электропередач в разных режимах работы ОЭС. Она ниже той величины натуральной мощности, при которой индуктивная составляющая реактивной мощности в линии целиком компенсирует её зарядную (емкостную) мощность.

Поскольку понижение уровней напряжений в электрических сетях ОЭС Украины за счет значительного увеличения электрических нагрузок на ближайшие годы маловероятно, основными вариантами решения этой проблемы должны быть:

- установка шунтирующих реакторов 750 кВ;
- расширение сферы потребления реактивной мощности генераторов электростанций, которые коммутируются на напряжение 330–750 кВ, в том числе и за счет применения асинхронизированных турбогенераторов.

Решение проблемы компенсации «конденсаторного» реактанта в сетях Украины следует осуществлять как вводом в эксплуатацию новых генераторов типа АСТГ, так и расширением диапазона допустимых нагрузок реабилитируемых турбогенераторов в режимах недо возбуждения.

Аналогичные проблемы характерны и для энергетики Российской Федерации [5].

Если не предпринимать действенные меры по решению перечисленных проблем, то «возрождение» экономики будет сдерживаться слабостью энергетической базы Украины.

*Мировые тенденции и практика реабилитации.* В мировой практике используют два варианта решения проблемы продления срока службы энергетического оборудования:

– замена на новые, более современные и мощные машины;

– “реабилитация”, т.е. продление срока службы и повышение мощности за счет комплексной модернизации турбогенератора.

Замена практикуется в “богатых” странах через 25–30 лет работы энергетического оборудования (например, в Польше на ТЭС “Турув”: через 30 лет турбогенераторы завода «Электротяжмаш» типа ТГВ-200 заменены новыми с повышением мощности до 250 МВт (на 25 %).

Идеологическая основа: убытки от снижения уровня надежности при продлении эксплуатации машин без их радикальной модернизации могут превысить затраты на замену.

В конце минувшего столетия в практике мировой энергетики сложилась и укоренилась тенденция «реабилитации» отработавшего расчетный ресурс генераторного оборудования. Целью этой процедуры является решение взаимосвязанного комплекса задач, направленных на достижение

- продления срока службы на 25 – 30 лет;
- рост единичной мощности на 10 – 15 %;
- повышение показателей эксплуатационной надежности.

Сейчас принято считать, что высокая эффективность выполнения «реабилитации» не вызывает никаких сомнений в необходимости её планомерной реализации на машинах, отработавших расчетный ресурс.

Процедура «реабилитации», согласно мировой практике [6, 8], включает в себя комплекс работ по

- обследованию фактического состояния и оценке остаточного ресурса;
- выполнению работ по восстановлению работоспособности и повышению надежности в требуемом диапазоне нагрузочных режимов;
- оснащению генератора современными средствами контроля, диагностики и мониторинга.

Определяющими компонентами и узлами турбогенератора, ограничивающими срок службы и режимные возможности, принято считать:

- сердечник статора;
- обмотку статора;
- бандаж и обмотку ротора;
- систему вентиляции (охлаждения);
- системы возбуждения, защиты и др.

Они и служат объектами внедрения инноваций в процессе реабилитации.

Если же результаты обследований некоторых из перечисленных ключевых объектов реабилитации вызывают сомнения в достижении поставленных целей, то такие узлы или сам генератор подлежат замене на новые.

*Объективные условия выбора вариантов для электроэнергетики Украины.* К важнейшим из факторов, определяющих такой выбор, относятся:

- отсутствие финансирования на ежегодную замену до 10 % парка старых турбогенераторов;
- промышленность Украины и России еще не освоили серийный выпуск турбогенераторов нового поколения на уровне мировых достижений;
- турбогенераторы старых типов (ТГВ – завода «Электротяжмаш») обладают повышенной “живуче-

стью” в сравнении с более поздними разработками “Электросилы”, что гарантирует успех “реабилитации”, выполняемой с использованием достижений мировой практики на всех ее этапах от обследования фактического состояния до сдачи в эксплуатацию;

– накопленный нами опыт выполнения и результаты этих работ (Кураховская, Зуевская и Луганская ТЭС по Украине), которые проведены совместно с заводом-изготовителем (эта концепция принята в энергетике России, ее нарушение на АЭС Украины и является основной причиной затянувшейся модернизации турбогенераторов ТВВ-1000-2).

Аналогичные работы развернуты и на ТЭС России, где эксплуатируются турбогенераторы завода «Электротяжмаш» [9].

Опыт, полученный на перечисленных ТЭС, показывает, что реабилитация турбогенераторов серии ТГВ действительно является весьма эффективной и «малозатратной» – она обходится в несколько раз дешевле, чем замена на новую машину.

Дальнейшее повышение эффективности реабилитации возможно по пути снижения затрат на выполнение комплекса работ за счет технически обоснованного выбора новых параметров номинального режима.

Выбор номинального значения  $\cos\varphi$  для синхронных генераторов нужно производить на максимально возможном уровне на базе реальных режимов нагружения энергосистемы при минимальном количестве подключенных шунтирующих реакторов [10].

Допустимость кратковременных перегрузок по реактивной мощности, выходящих за пределы P-Q диаграммы при номинальной активной мощности, следует оценивать на основании нормативно регламентированных допустимых перегрузок генератора по токам статора и ротора.

При этом достигаются следующие преимущества:

- при сохранении значения номинального тока статора остаются в работе все средства электрических измерений и защиты;
- ток возбуждения и его мощность существенно снижаются, т.е. нет необходимости в полной замене системы возбуждения;
- никаких существенных изменений не требуют системы охлаждения;
- переход в режимы «относительного» недо возбуждения способствует повышению надежности турбогенераторов за счет снижения интенсивности электромагнитных и механических процессов в активной зоне [11].

*Источники энергосбережения.* В предлагаемом варианте значительное энергосбережение достигается за счет

- всех видов экономии энергии на реализацию процедуры реабилитации в производстве, на транспорте, на ТЭС;
- повышения надежности модернизированного генератора;
- снижения потерь в генераторе и сети при наладке процесса компенсации реактивной мощности;

– продления срока службы оборудования линий электропередач и коммутационной аппаратуры подстанции за счет стабилизации напряжения в сетях вблизи номинального значения, т.е. исключения работы на необоснованно высоких пределах напряжения.

Кроме того, следует расширить объем применения регулируемых электроприводов основных механизмов энергоблоков ТЭС, особенно тех, которые переведены в маневренные режимы работы.

По опыту зарубежных фирм, в первую очередь такой модернизации подлежат мощные электроприводы основных механизмов котло-турбинного производства – мельниц, дымососов, питательных и конденсатных насосов, агрегатов береговой насосной станции и пр.

**Выводы.** С учетом реального технического состояния турбогенераторов ТЭС и АЭС продление их срока службы, повышение нагрузочной способности и показателей надежности в энергосистеме Украины целесообразно производить по пути их «реабилитации» с учетом достижений отечественных и зарубежных фирм.

Такой подход обеспечит малозатратные и энергосберегающие процедуры техперевооружения украинской энергетики на период до 2030 года с использованием опыта отечественных организаций.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Кузьмин В.В. Проблемы современной электротехники на пути создания новых источников энергии // Электротехника и электромеханика. – 2005. – № 2.
2. Родькин Д.И. Энергосбережение – как закономерный этап электрификации народного хозяйства // Проблемы создания новых машин и технологий. Научные труды КДПУ. – Кременчуг: КГПИ, 2000. – Вып. 1/2000 (8). – С. 177–183.
3. Николаев Г.В. Тайны электромагнетизма и свободная энергия. – Томск, 2002.

4. Чевичелов В.О. До проблеми регулювання реактивної потужності в електричних мережах ОЕС України // Гидроенергетика України. – 2005. – № 1. – С. 29.

5. 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.

6. Guillard J.M. et al. Life extension of large electric rotating plants // CIGRE – 1992. – P. 11–308.

7. Liese M., Böer J. et al (Siemens AG) Life extension methods and experience with turbine generator rehabilitation and uprating // CIGRE-1990. – P. 11–104.

8. Huber A., Weigelt K. et al (ABB) Modern condition evaluation and new technologies to improve generator availability and life extension // CIGRE-1990. – P. 11–203.

9. Вавилов Д.Ю., Щедролюбов В.Л., Лимонов В.М. и др. Малозатратная модернизация турбогенераторов ТГВ-300 // Гидроенергетика Украины, 2010. – № 4.

10. Милых В.И., Шпатенко В.С. О влиянии режимов недо возбуждения на эффективность эксплуатации турбогенераторов // Гидроенергетика Украины, 2010. – № 4.

11. 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 // Гидроенергетика Украины, 2010. – № 4.

Стаття надійшла 06.06.2011 р.  
Рекомендовано до друку д.т.н., проф.  
Чорним О.П.

## МАЛОЗАТРАТНІ Й ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧІ ТЕХНОЛОГІЇ РЕАБІЛІТАЦІЇ ТУРБОГЕНЕРАТОРІВ – ОСНОВА ТЕХНІЧНОГО ПЕРЕОЗБРОЄННЯ ЕНЕРГЕТИКИ УКРАЇНИ

*В. В. Кузьмін, д.т.н., проф., О. Л. Лівшиц, к.т.н., В. С. Шпатенко, інж.  
АО «МЕА«ЕЛТА»*

*Стадіонний проїзд, 14/3, 61091, м. Харків, Україна  
тел. +38(057)3920045; тел./факс: +38(057)7134102*

Виконано аналіз сучасного стану електроенергетики України. Запропоновано використання маловитратних та енергозберігальних технологій реабілітації турбогенераторів як основи технічного переозброєння енергетики України на період до 2030 року.

**Ключові слова:** енергоресурсозбереження, енергетика України, стан і перспективи розвитку.

## LOW-COST AND ENERGY-SAVING REHABILITATION TECHNOLOGIES FOR TURBOGENERATORS ARE BASIS OF TECHNICAL RE-EQUIPMENT OF ENERGY INDUSTRY OF UKRAINE

*V. Kuzmin, D.Sc. (Eng), Prof., A. Livshits, Cand.Sc. (Eng), V. Shpatenko, eng.  
JSC «MEA ELTA»*

*Stadionny proyezd, 14/3, 61091, Kharkov, Ukraine  
Tel. +38(057)3920045; tel./fax: +38(057)7134102*

The analysis of modern state of Ukrainian power system is executed. Energy and resource-saving technologies of turbogenerators rehabilitations are proposed as the bases of Ukrainian power system technical development.

**Key words:** energy and resource savings, Ukrainian power system, state and prospects.