

УДК 621.313

Шевченко Валентина Владимировна, Петренко Николай Яковлевич  
Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»  
(Харьков, Украина)

### РОЛЬ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ЭЛЕКТРО-ОБОРУДОВАНИЯ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ В ПОДДЕРЖАНИИ БАЛАНСА АКТИВНОЙ И РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ В СИСТЕМЕ

**Аннотация.** Сезонные, суточные «провалы» или «пики» потребления электроэнергии, любые изменения нагрузки приводят к избытку реактивной мощности и к росту напряжения в линиях. В работе рассмотрены вопросы влияния режимов работы электрооборудования, в частности, турбогенераторов, на поддержание баланса активной и реактивной мощности в энергосистеме.

**Ключевые слова.** Активная мощность, реактивная мощность, турбогенератор, баланс, энергоэффективность.

*Shevchenko Valentina V., Petrenko Nicolay Y.  
National Technical University "Kharkov Polytechnic Institute"  
(Kharkov, Ukraine)*

### THE ENERGY EFFICIENCY ROLE OF THE ELECTRICAL EQUIPMENT OF POWER PLANTS IN THE MAINTAINING OF ACTIVE AND REACTIVE POWER BALANCE IN THE SYSTEM

**Annotation.** Seasonal and daily "dips" or "peaks" of electricity consumption, any changes in load lead to an excess of reactive power and to an increase in voltage in the lines. The paper considers the influence of operating modes of electrical equipment, in particular, turbogenerators, on maintaining the balance of active and reactive power in the power system.

**Keywords.** Active power, reactive power, turbogenerator, balance, energy, efficiency

Развитие электроэнергетики в любой стране определяется комплексом факторов: направления и приоритеты развития; технологические, ресурсные и экологические возможности государства; энергетические, политические и демографические проблемы; прогрессирующая бедность населения; необходимость учета взаимного влияния указанных факторов и комплексный подход к оценке возможности их совместного развития. Энергоэффективность промышленных объектов в значительной степени определяется эффективностью используемого электрооборудования (ЭО), его основными параметрами (в первую очередь, КПД) и способностью работать в изменяющихся условиях генерации, передачи и распределения электроэнергии. В Украине программа энергоэффективности, как и практически во всех странах мира, реализуется достаточно трудно из-за

многочисленных проблем. Оценка развития энергетики является частью национальной энергетической позиции любого государства:

– внедрение энергоэффективных технологий и оборудования в производство может дать до 30 % сокращения потерь, обеспечит повышение экономичности отраслей, снизит вредные выбросы и т.д.;

– достижение ощутимого эффекта от политики энергосбережения возможно лишь при одновременном использовании энергосберегающих технологий по всей цепочке «выработка – передача – потребление» электроэнергии во всех отраслях промышленности и в социальной сфере.

Эксперты выделяют следующие препятствия для внедрения современного энергосберегающего оборудования [1, 2, с. 60-63]:

1) отсутствие критериев выбора энергоэффективного оборудования, программ его сервисного обслуживания [3, с. 284-288, 4, с. 151-155, 5, с. 11-18];

2) отсутствие механизмов финансирования создания и внедрения новой техники, [6, с. 181-184];

3) отсутствие программ подготовки кадров, [7, с. 38-43, 8, с. 3-9], способных быстро реагировать на появление нового оборудования и умеющих быстро перестраиваться на его эффективную эксплуатацию.

Из-за изменений величины и характера нагрузки, больших «провалов» и «пиков» энергопотребления, значительного вклада в энергосистему от ТЭС, зависящих от качества и постоянства поставок топлива и имеющих практически полностью изношенное электрооборудование (ЭО), [9, с. 168, 10, с. 156-159], частота тока в сети Украины последние десятилетия находится на уровне 49,5–49,7 Гц. Дальнейшее снижение частоты опасно: при снижении частоты в сети до 49,2 Гц реакторы энергоблоков АЭС должны разгружаться до 10 % номинальной мощности, что может повлечь лавинообразное увеличение дефицита мощности в энергосистеме и создать аварийную ситуацию, [10, с. 156-159].

Недогруженность ЛЭП приводит к увеличению напряжения и к увеличению емкостного тока в линиях. Накопление емкостной энергии пропорционально  $c \cdot U^2$ , где  $c$  – емкость линий электропередач,  $U$  – напряжение в линиях. Поэтому можно считать, что снижение рабочего напряжения в ЛЭП позволит несколько «разгрузить» сети от реактивной энергии, но увеличит потери при передаче. Поэтому выбор решений требует дополнительных исследований. «Провалы» или «пики» потребления электроэнергии в энергосистеме, изменение нагрузки в линиях 330–750 кВ приводят к появлению избытков реактивной мощности на уровне сотен Мвар и к росту напряжения в линиях, [3, с. 294-299]. Чтобы нормализовать напряжение в сети, необходимо обеспечить баланс реактивной мощности. Для решения этой проблемы недостаточно установление реакторов, синхронных компенсаторов (СК), трансформаторов и автотрансформаторов с системой регулирования напряжения под нагрузкой (РПН), [10, с. 156-159]. Более эффективным приемом поддержания баланса активной и реактивной энергии является изменение режимов работы генераторов ТЭС и АЭС путем изменения соотношения вырабатываемой ими активной и реактивной энергии, включая даже полный переход в режим СК, [9, с. 168]. Возможен перевод турбогенераторов (ТГ) на работу с повышенным значением коэффициента

мощности, например, с  $\cos\varphi=0,994-0,999$ , что не убирает, но снижает величину реактивной мощности, отдаваемой в сеть. Целесообразен был бы перевод ТГ в режим недовозбуждения, но это приведет к усилению электродинамических и термомеханических воздействий на ТГ, к ускоренной деградации всего оборудования станций, к снижению коэффициента готовности и коэффициента использования установленных энергоблоков [6, с. 181-184].

Общий показатель, определяющий потребность в топливно - энергетических ресурсах (ТЭР), – потребление на душу населения. Без достижения высокого уровня этого показателя невозможно достаточное развитие производительных сил и экономического благосостояния. В настоящее время нет решений, которые принципиально позволят изменить способы получения энергии. Анализ мировых запасов ТЭР и моделирование динамики спроса и предложения позволяет считать, что мировая энергетика до 2030 г. останется преимущественно топливной, углеводородной. Тенденция к сокращению потребления ТЭР на душу населения в развитых странах, которая наметилась в 80-е годы 20 века, неустойчива. США и европейские страны к 2012 г. практически вернулись к прежнему уровню потребления на душу населения, а Япония его существенно превысила. Это неожиданно, т.к. рост потребления в последние годы происходил в условиях использования новых моделей экономического роста, согласно которым доля энергоемких отраслей промышленности должна быть снижена при повышении менее энергоемкой доли сферы услуг.

В настоящее время электросети Украины работают недогруженными, что определяется экономическим состоянием национальной промышленности: многие предприятия закрыты или работают по сокращенному графику, а на работающих предприятиях износ ЭО не позволяет эксплуатировать их с номинальной нагрузкой. Активизация промышленности не даст значительного увеличения нагрузки на линии электропередач, т.к. новый виток развития предполагает использование энергосберегающих технологий, нового ЭО с более высоким КПД, что определит меньшее потребление активной энергии. Уже в 2015 г. страны Западной Европы на четверть сократили энергоемкость своих предприятий путем внедрения энергосберегающих технологий, т.е. более рационального расходования ТЭР, рис. 1 [10, с. 156-159].



Рисунок 1 - Основные направления экономии ТЭР на промышленных предприятиях

Основными электрогенерирующими элементами электроэнергетики являются ТГ и, соответственно, именно их качество и надежность является основой энергобезопасности любой национальной энергетики. В программе «Обновленная энергетическая стратегия Украины на период до 2030 г.» было установлено, что основной задачей обеспечения энергетической безопасности страны является повышение технико-экономических характеристик ТГ: расширение эксплуатационного диапазона изменения их нагрузок, продление срока службы, применение новых конструктивных решений и новых теплоносителей, повышение качества ремонтных работ. Это, в результате, должно привести к повышению надежности и конкурентоспособности ТГ. Поэтому, для определения направлений их развития, необходимо понимать направления развития энергетики, т.к. любое направление деятельности должно иметь перспективу и практическое продолжение:

1) электротехническая отрасль должна обеспечивать промышленность новыми типами энергоэффективного ЭО, что усложняется отсутствием финансирования замены, полноценного сервисного обслуживания или ремонта, недостаточностью информации о принципах подбора энергоэффективного ЭО, отсутствием целенаправленной системы подготовки кадров, способных не только эксплуатировать новую технику, но и вносить вклад в ее создание;

2) необходимо учитывать не только физическое, но и моральное старение ЭО. Мировая практика обновления электротехнического оборудования требует проведения модернизации в среднем раз в 8–10 лет, но на электростанциях Украины обновление электротехнических установок не проводилось с 80–90-х годов 20 века, [2, с. 60-63];

3) требования экологической безопасности работающего ЭО, снижение степени его влияния на окружающую среду. Негативные

последствия развития энергетики накапливаются и проявляются все больше, особенно в промышленно развитых странах;

4) необходимость понимания ограниченности углеводородных ресурсов. Опубликовано много работ, доказывающих, что известных и предполагаемых энергоресурсов достаточно для обеспечения потребности в энергии до конца 21-го века. Но для этого необходимо пересмотреть энергетическую политику, делая упор на снижение энергопотребления, [4, с.151-154, 6, с. 181-184];

5) рост населения определяет увеличение спроса на электроэнергию;

6) увеличиваются потери электроэнергии из-за износа ЭО.

#### **Выводы:**

1. Обязательными аспектами определения направления развития электроэнергетики является: обеспечение спроса на долгосрочные устойчивые источники энергии; повышение уровня экологической безопасности; внедрение приемов энергоресурсосбережения, что является одной из наиболее серьезных проблем для национального производителя, т.к. сегодня на производство единицы ВВП в Украине в среднем расходуется почти в 2-3 раза больше энергоресурсов, чем в европейских странах.

2. Для обеспечения устойчивого баланса активной и реактивной мощности в энергосистеме необходимо, помимо известных приемов регулирования: установление реакторов, СК, трансформаторов и автотрансформаторов с системой РПН, эксплуатации ТГ с максимально большим cosφ, - искать новые способы регулирования. Ожидается, что в ближайшее время будет подтверждена перспективность применения асинхронизированных турбогенераторов, способных, как вырабатывать, так и потреблять реактивную мощность в объемах, равных их полной активной мощности

#### **СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ:**

1. Черноусов С. А. Энергоемкость ВВП – зеркало экономического развития. - Москва: Директор, 2004. – 146 с.
2. Шевченко В. В. Технично-экономические аспекты развития электромашиностроения с учетом направлений развития электроэнергетики / В. В. Шевченко, В. И. Милых, Д. В. Потоцкий // Харків: НТУ «ХПІ». - Електротехніка і електромеханіка. - 2014. - № 2. – С. 60-63.
3. Шевченко В. В. Проблемы и способы передачи электроэнергии при полной выдаче мощности электростанциями / В. В. Шевченко, И. Я. Лизан // Донецьк: ДонНТУ. - Наукові праці ДонНТУ. Серія гірничо-електромеханічна.- 2008. - № 16(142). - С. 284-288.
4. Шевченко В. В. Сценарии развития электроэнергетики Украины / В. В. Шевченко // Київ: Університет повітряних сил. Системи управління, навігації та зв'язку. – 2012. - № 3(23). - С. 151–155.
5. Федотов Е. В. Компенсирующие устройства в сети предприятия. Расчет эффективности / Е. В. Федотов //Москва: Новости электротехники. - 2001 - № 5. – С. 11–18.
6. Потоцкий Д. В. Использование асинхронизированных турбогенераторов для стабилизации напряжения в энергосистеме / Д. В. Потоцкий,

- В. В. Шевченко // Харків: ХУПС ім. І. Кожедуба. – Системи озброєння і військова техніка. – 2017.- № 1(49). – С. 181-184.
7. Кузьмин В. В. Роль человеческого фактора в обеспечении надежности работы АЭС в Украине / В. В. Кузьмин, В. В. Шевченко // Москва: Электрика – 2012. - № 3. - С. 38–43.
  8. Шевченко В. В. Проблемы современного обучения и рекомендации по подготовке инженеров – преподавателей в Украине / В. В. Шевченко, И. Я. Лизан, А. Г. Михальченко // Ростов-на-Дону: VI Международный научно - методический симпозиум. Современные проблемы многоуровневого образования. - 2011 - С. 3-9.
  9. Шевченко В. В. Использование генераторного оборудования электростанций в качестве синхронных компенсаторов / В. В. Шевченко // Харків: ХХ1 МНПК. Інформаційні технології: наука, техніка, освіта, здоров'я. - Частина II. - Тези доповідей. - 29-31 травня 2013.– С. 168.
  10. Shevchenko V.V. Proposals for improving the technical state of turbogenerators in excess of the service life / V.V. Shevchenko // Kremenchug: Kremenchug Mikhaïlo Ostrogradskyi National University. - Modern Electrical and Energy Systems. (MEES-2017 IEEE)– 2017. - P.p. 156-159.