

**ДОБРУСИН Л. А.**

Начальник сектора ФГУП ВЭИ,  
академик АЭН РФ, д.т.н.

# ПРОБЛЕМА КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ И ЭЛЕКТРОСБЕРЕЖЕНИЯ В РОССИИ

10 июня 2008 года в рамках 17-й международной выставки «ЭЛЕКТРО-2008» по инициативе журнала «Энергоэксперт» прошел «круглый стол» по теме: «Проблема повышения качества электроэнергии в электрических сетях России». Организационный комитет «круглого стола» пригласил ведущих специалистов России, представляющих высший истеблишмент управления, науки и техники в области качества электроэнергии, выступить с докладами по основным тематическим направлениям проблемы. Участники «круглого стола» обсудили вопросы формирования правовых, экономических и технических условий обеспечения качества электроэнергии в электрических сетях России. Настоящая статья написана на основе анализа материалов «круглого стола» и других источников, опубликованных в открытой печати\*.

Единая энергосистема (ЕЭС) России – основной объект электроэнергетики страны – представляет собой комплекс электростанций и электрических сетей, объединенных общим режимом и единым централизованным диспетчерским управлением. Переход к такой форме организации электроэнергетического хозяйства обеспечил возможность наиболее рационального использования энергетических ресурсов, повышения экономичности и надежности электроснабжения народного хозяйства и населения страны [1].

Суммарная установленная генерирующая мощность России на июль 2008 года составляет 216 тыс. МВт, располагаемая — 188 тыс. МВт. [2]. Высоковольтные линии электропередачи напряжением 220 кВ и выше составляют основную системообразующую сеть ЕЭС.

В целом по Российской Федерации протяженность линий электропередачи всех классов напряжений составляет около 3000 тыс. км, в том числе системообразующая сеть – примерно 160 тыс. км. Наиболее обширную и при этом наиболее густую часть сети сверхвысокого напряжения составляют линии 110 кВ суммарной протяженностью 300 тыс. км. Управление гигантским, синхронно работающим объединением, достигающим с запада на восток 7 тысяч км и с севера на юг – более 3 тысяч км, представляет собой сложнейшую инженерную задачу, не имеющую аналогов в мире.

В настоящее время единая национальная электрическая сеть (ЕНЭС) России по функциональному принципу разделена на 13 компаний: Федеральную сетевую компанию (ФСК ЕЭС), на которую возложено управление в основном системообразующей сетью, и 12 межрегиональных распределительных сетевых компаний (МРСК), осуществляющих через свои региональные филиалы поставку электроэнергии непосредственно ее потребителям [3]. На балансе ОАО «ФСК ЕЭС» находится 305 линий электропередачи напряжением 330 кВ и выше протяженностью 43,7 тыс. км [4].

В соответствии с «Генеральной схемой размещения объектов электроэнергетики до 2020 года» для решения стоящей перед страной задачи по созданию высокоэффективной энергетической базы развития экономики России, предусматривается снижение на 51,8 ГВт дей-

\*Автор считает всех докладчиков соавторами настоящей статьи и выражает им свою признательность, хотя его позиция по некоторым вопросам проблемы не всегда совпадает с позицией отдельных докладчиков.

ствующих генерирующих мощностей, которые свой ресурс отработали, в том числе 47,8 ГВт на ТЭС и 4 ГВт на АЭС.

Все действующие ГЭС сохраняются в эксплуатации, так как большую часть стоимости их составляют гидротехнические сооружения (80 %) и затраты на восстановление устаревшего оборудования ГЭС сравнительно невелики. При этом потребность в установленной мощности электростанций России должна составить 246 ГВт на уровне 2010 г., 298 ГВт – в 2015 г. и 347 ГВт – в 2020 г.

С учетом остающейся в эксплуатации установленной мощности действующих электростанций потребность во вводах генерирующих мощностей, включая вводы для замены на существующих электростанциях, для базового варианта в период 2006–2020 гг. в целом по России составят 186 ГВт.

Для реализации максимального варианта дополнительно потребуется ввести еще 50 ГВт генерирующей мощности. При этом установленная мощность электроэнергетики России в базовом сценарии увеличится в 1,6 раза.

Согласно «Генеральной схеме размещения объектов электроэнергетики до 2020 года», предстоит построить 38,4 тыс. км высоковольтных линий электропередачи для выдачи мощности с новых объектов электроэнергетики, 27,8 тыс. км высоковольтных линий для усиления межсистемных связей и повышения надежности электроснабжения потребителей, в том числе 11,5 тыс. км в 2007–2010 г.г. [5, 6, 7, 8].

### ТЕКУЩЕЕ СОСТОЯНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ РОССИИ

4 июня 2008 года Президент Российской Федерации подписал указ № 889 «О некоторых мерах по повышению энергетической и экологической эффективности российской экономики» [9]. Согласно этому указу в целях снижения энергоемкости валового внутреннего продукта Российской Федерации, обеспечения рационального и экологически ответственного использования энергии и энергетических ресурсов энергоемкость российской экономики к 2020 году должна быть снижена на 40 % по сравнению с 2007 годом. Президент поручил Правительству Российской Федерации принять меры по техническому регулированию, направленные на повышение энергетической и экологической эффективности в электроэнергетике, строительстве и ряде других отраслей.

До 1 октября 2009 года Правительство РФ должно внести в Государственную Думу Федерального Собрания Российской Федерации проекты федеральных законов, направленных на усиление ответственности компаний за не-

**ТАБЛИЦА 1. НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ МОНИТОРИНГА РЕЖИМОВ РАБОТЫ ЭНЕРГОСИСТЕМ ПО НАПРЯЖЕНИЮ В ЭЛЕКТРОСЕТЕВЫХ КОМПАНИЯХ РОССИИ**

Наименование проблемного района	Характеристика проблемы
ОЭС Востока. Тяговый транзит 220 кВ на западе Амурской области.	Напряжения на ПС Скородино и ПС Ерофей Павлович длительно находятся на уровне 254–260 кВ
ОЭС Сибири. Новокузнецкий энергоузел.	Напряжения на ряде подстанций длительно находятся на уровне 202 кВ
ОЭС Сибири. Алтайская энергосистема. Тяговый транзит 220 кВ.	Повышенные уровни напряжения на подстанциях протяженного тягового транзита 220 кВ
ОЭС Сибири. Тывинский энергогоррайон.	Повышенные уровни напряжения на подстанциях протяженного тягового транзита 220 кВ
ОЭС Урала. Системообразующая сеть западной части ОЭС Урала (ПС Магнитогорская, Удмурт-ская, Куйская, Нелым).	Недостаточная степень компенсации зарядной мощности приводит к работе оборудования ука-занных выше подстанций с напряжением до 535 кВ.
ОЭС Юга. Энергоузел подстанции Балашовская (Волгоградская энергосистема)	Один из наиболее проблемных энергообъектов в ОЭС Юга и в ЕЭС России в целом. Характеризуется случаями длительной работы оборудования 500 кВ с напряжением выше 525 кВ в течение всего календарного года.
ОЭС Центра. Подстанции 500 кВ Новобрянская - Елецкая – Бороно.	В отдельных режимных ситуациях уровни напряжения на шинах 500 кВ ПС Елецкая достигают 540 кВ.
ОЭС Центра. Западный и Северный энергогоррайоны Московской энергосистемы.	Западный и Северный энергогоррайоны Московской энергосистемы являются наиболее проблемными с точки зрения обеспечения уровней на-пряжения в сети 110-220 кВ.

соблюдение нормативов допустимого воздействия на окружающую среду в целях стимулирования перехода на энергосберегающие и экологически чистые технологии.

Данный указ Президента РФ является руководящим документом для всех электросетевых компаний России на ближайшие двенадцать лет, в течение которых предстоит повысить эффективность транспорта и распределения электроэнергии до уровня промышленно развитых стран. Это довольно сложная задача, поскольку в настоящее время потери электроэнергии в сетевом комплексе ЕЭС России составляют ≈15 % [10], то есть находятся на уровне электрических сетей таких стран Африки, как Берег Слоновой Кости, Сенегал, Камерун. Чтобы решить аналогичную задачу Германии потребовалось тридцать лет, Японии – двадцать пять лет [11, 12].

Отметим, что указанные данные о потерях нельзя считать исчерпывающими, поскольку не все сетевые компании предоставляют сведения о потерях [13], а автоматизированные системы коммерческого учета электрической энергии только начинают внедряться [4].

Высокий уровень потерь является индикатором низкого качества электроэнергии в электрических сетях России, свидетельствующим о существенном превышении допустимых значений показателей качества электроэнергии (ПКЭ) по ГОСТ 13109-97.

В качестве примера в таблице 1 даны некоторые результаты мониторинга режимов работы энергосистем по напряжению, выполнен-

**ТАБЛИЦА 2. РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЙ ГАРМОНИК НАПРЯЖЕНИЯ НА НЕКОТОРЫХ ПОДСТАНЦИЯХ СИБИРИ, УРАЛА И ЦЕНТРА**

Наименование подстанции	Год измерения	Класс напряжения	Параметры гармоник напряжения
ПС – 220 Могоча. МЭС Сибири.	2000 г.	220 кВ	3г-10,56 % 5г- 5,0 % 7г- 1,34 %
ПС - 500 Ново-Анжерская. МЭС Сибири.	2005 г.	500 кВ	3г-1,5 11г-1,67
		220 кВ	3г-1,2
		110 кВ	3г-1,19 9г-0,38
		11 кВ	3г-4,93
ПС – 500 Новокузнецкая. МЭС Сибири.	2005 г.	500 кВ	3г-1,43 9г-0,55 23г-0,79
		220 кВ	3г-0,91 13г-0,80 23г-0,58
ПС – 500 Чита. МЭС Сибири.	2003 г.	220 кВ	3 г-5,07 5г- 3,17 7г- 1,5 9г- 2,0 11г – 1,5 13г-1,15 15г-0,45 21г-0,37 25г-0,3 28г-0,28
ПС-110 Можайская МОЭСК	2006 г.	110 кВ	3г-1,08 5г-1,97 9г-0,37 13г-1,2 15г-0,343 21г-0,29
ПС-110 Кубинка МОЭСК	2006 г.	110 кВ	9г-0,366 15г-0,298 21г-0,29 26г-0,34 27г-0,38 40г-0,31
ПС-500 Златоуст МЭС Урала	2006г.	110 кВ	3г-1,74 8г-0,35 9г-0,32 12г-0,31 13г-1,75 14г-0,32 15г-0,4 27г-0,33 28г-0,38 30г-0,41 32г-0,39 33г-0,39 34г-0,34 36г-0,38 38г-0,37 39г-0,32 40г-0,32

ного силами Системного оператора и сетевых компаний на шинах подстанций Востока, Сибири, Урала и Центра, Юга [14].

В таблице 2 показаны результаты измерений гармоник напряжения на некоторых подстанциях Сибири, Урала и Центра, выполненных специалистами ВНИИЭ под руководством В.И. Кочкина [15].

Аналогичная картина наблюдается по коэффициентам несимметрии напряжений и другим ПКЭ [15].

В итоге ущерб от низкого качества электроэнергии обходится российской экономике по минимальной оценке около 25 млрд. долларов в год [16, 17], а в расчете на пять лет превышает объем инвестиционной программы развития электроэнергетики России на 2006–2010 гг. [18] и примерно сопоставим с размером стабилизационного фонда РФ по состоянию на 1 января 2008 года [19].

Потери электроэнергии и качество электроэнергии – две взаимосвязанные компоненты, два основополагающих показателя, определяющих экономику электрической сети, или экономическую эффективность транспортирования электроэнергии от генераторов до потребителей. Причина низких экономических показателей электрической сети кроется в дефиците средств управления потоками мощности и свидетельствует о длительной ориентации сетевого строительства на экстенсивный путь развития. Задачи, поставленные указом Президента РФ, не могут быть решены в установленные сроки без решительной переориентации на интенсивный путь развития сетей, то есть ликвидации дефицита средств управления потоками мощности в сетях всех классов напряжения.

В условиях, когда в сетях ЕЭС России количество современных компенсирующих устройств исчисляется единицами [15, 20, 21]; фильтрокомпенсирующие, фильтросимметрирующие, фазосдвигающие устройства практически отсутствуют; комплексной программы их разработки и внедрения в сетях всех классов напряжения не существует – трудно рассчитывать на коренное изменение ситуации в деле повышения энергетической эффективности российской электроэнергетики.

### ТЕХНОЛОГИИ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ

Рассмотрим проблему энергосбережения в электрических сетях России с позиции задачи, вытекающей из указа Президента Российской РФ № 889 – снизить потери электроэнергии к 2020 году на 40 % по сравнению с 2007 годом. Технологии реализации этой задачи в условиях транспорта электроэнергии по Единой электроэнергетической сети (ЕНЭС) России посвящены работы [22, 23, 24].

В своем докладе на заседании «круглого стола» ряд существенных моментов подчеркнул М.В. Ольшванг [23], а именно:

- потоки энергии в ЕНЭС распространяются не только по запланированным линиям, но и по обширным многослойным трассам с десятками линий электропередачи разной пропускной способности. Сетевые трассы потоков, а не отдельные линии, являются фактическими

электропередачами от генераторов к центрам нагрузки;

■ современные сети 110–750 кВ обеспечивают две сетевые функции: функцию транспорта электроэнергии от поставщиков к потребителям и функцию ее распределения на обширных территориях по потребителям с переходом к сетям низших классов напряжения. Параметры воздушных линий таковы, что для транспортировки предназначены верхние слои сетей, образованные мощными линиями класса 330, 500 или 750 кВ. Распределение энергии призваны выполнять ниже расположенные слои сети, состоящие из среднемощных и маломощных линий – линий класса 220 и 110 кВ;

■ по мере приближения к режимам максимальных нагрузок все более проявляются сетевые негативные явления в виде системных аварий, внезапных отключений потребителей в районных сетях, значительные сетевые потери и чрезмерные отклонения и колебания напряжения. Одной из объективных причин указанных явлений являются неадекватные потоки активной мощности в сетях 220 и 110 кВ. Так названы значительные составляющие транспортных потоков верхних слоев, ответвляющиеся через автотрансформаторы связи в средние и нижние слои. С помощью фазосдвигающих устройств: кросс-трансформаторов [22] или квадратурных бустеров [25] оказывается возможным эти потоки вернуть в верхний слой сети. (Как это влияет на энергосбережение?);

■ перевод неадекватных потоков активной мощности в верхние слои сети уменьшит потери в сетях 220 кВ в два раза – с 4,0 % до 2 %, а в сетях 110 кВ тоже практически в два раза – с 5,0% до 2,5 %. При этом, естественно, такой перевод потоков несколько увеличит потери в сетях 330–750 кВ, но существенно меньше – с 1,0 % до 1,2 %;

В итоге суммарные потери в сетях 110, 220, 330, 500 и 750 кВ уменьшатся на 40 % . то есть в 1,67 раза. Таким образом, задание по снижению потерь на транспортировку и распределение электроэнергии будет выполнено. Для этого потребуется установить на части подстанций 500/220 кВ порядка 80 кросс-трансформаторов класса 220 кВ, выключатели и разъединители к каждому из них. По предварительным оценкам за счет экономии потерь срок окупаемости каждой из установок составит 1–2 года;

■ для устранения некоторой части неадекватных транспортных потоков в настоящее время размыкают контура сетей 110 и 220 кВ. Не менее существенно, чем рассмотренное снижение потерь и то, что вследствие перевода неадекватных потоков в сети 330–750 кВ отпадает необходимость в размыкании контуров [22].

Между аварийностью и неадекватными потоками также прослеживается связь. При аварийном отключении одной из магистральных линий большая часть ее потока перебрасывается в относительно густую сеть средне- и маломощных линий. Однако эти линии еще до момента аварии оказываются загруженными неадекватными транспортными потоками, а часть из них – выведенными из работы до аварии при плановом размыкании контуров сети. В этих условиях при определенной конфигурации слабого участка сети нарастающая в соответствии с суточным графиком нагрузка быстро переводит перегруженный участок сети и его окрестности в режим лавинообразного развития системной аварии типа «блэкаут» [22].

С 60-х годов в России проводились исследования повышения качественных характеристик сети путем улучшения потокораспределения с помощью принудительного перераспределения потоков активной мощности путем применения продольно-поперечного регулирования, а затем специальных трансформаторов: двухкаскадных – фазосдвигающих и однокаскадных – кросс-трансформаторов. Были определены типовые статистические характеристики российских сетей и возможный уровень снижения потерь. Для широкого обсуждения этого вопроса создан специальный Интернет-сайт [24].

В последние годы для целей исследования потоков в сплошных средах используется хорошо разработанный физиками анализ векторных функции математического поля – векторный анализ. Он позволил однозначно определить оптимальную обобщенную конфигурацию сети, в которой транспортные потоки активной мощности протекают только по верхнему слою сети.

После такого общего вывода был произведен обзор конфигурации сетей развитых стран с целью поиска наиболее приближенной по своей конфигурации сети. Обзор показал безусловный приоритет сети Великобритании.

Подробная информация по этой сети может быть получена с сетевого ресурса – сайта URL <http://www.nationalgrid.com/uk/electricity> компании National Grid. На сайте, в частности, представлен семилетний план развития национальной сети Великобритании до 2014 г.

Сеть Великобритании по трассам основных потоков напоминает обширные участки сети России, если совместить центр нагрузки Лондон с центром нагрузки Москвой, а удаленный участок сети Великобритании с сетью Вологда-энерго, или Пермьэнерго и др. При этом средняя мощность потоков сети Великобритании будет не меньше, а существенно больше мощности аналогичных потоков центра России в сторону Москвы, а верхний уровень напряжения

существенно меньше. На мировом уровне выигрываются выделяются две сетевые особенности: первая – верхний транспортный слой британской сети состоит из двухцепных ВЛ 400 кВ, а не одноцепных ВЛ 330, 500 и 750 кВ как в сетях России и Северной Америки. Две цепи имеют общие опоры, благодаря чему полосу отчуждения двухцепных ЛЭП та же, что и у одноцепных. Вторая особенность британской сети – повсеместное применение квадратурных бустеров класса 400 и 275 кВ – двухкаскадных фазосдвигающих трансформаторов последнего поколения. Они используются для управления самыми мощными и средне мощными потоками активной мощности, в том числе и в послеаварийных состояниях сети [25].

Некоторые энергетики предлагают и другой путь энергосбережения в сети – снизить потери путем оптимизации потоков реактивной мощности. Его отразили в выступлениях на заседании «круглого стола» и в своих публикациях В.Э. Воротницкий [11, 12] и В.К. Паули [26, 27].

Этот путь дает скольнибудь заметные результаты только в условиях сети с низким уровнем оснащения средствами компенсации реактивной мощности, что имеет место в России, когда не выполняются основные требования по качеству напряжения и правилам компенсации реактивной мощности: напряжение должно поддерживаться на оптимальном уровне с допуском 5–10 %, а реактивная мощность должна компенсироваться в местах ее потребления.

## ВЫВОДЫ

1. Задача подъема энергетической и экологической эффективности российской электроэнергетики в свете указа Президента Российской Федерации № 889 от 4 июня 2008 года является ключевой проблемой российской экономики.

2. Радикальное решение по минимизации потерь в электрических сетях России до физически обоснованного уровня возможно только на основе ликвидации неадекватных транспортных потоков в распределительных сетях путем широкого применения фазосдвигающих устройств.

Соответствующие дополнения и изменения должны быть внесены в Положения о технической политике ФСК и МРСК и создана постоянно действующая рабочая группа для координации работ по минимизации потерь.

3. Для реализации задачи повышения энергетической и экологической эффективности российской электроэнергетики в сроки, установленные указом Президента Российской Федерации № 889 от 4 июня 2008 года, необ-

ходима федеральная целевая программа «Качество электроэнергии и электросбережение в электрических сетях России».

## ЛИТЕРАТУРА

1. Эксперт РА. //www.raexpert.ru/researches/energy/electric/part\_3/.

2. На полную мощность. <http://energyexpert.ru/> 10.07.2008.

3. Сетевая конкуренция.// Энергоэксперт, 2007, № 3.

4. *Р.Н. Бердников*. Доклад на заседании «круглого стола» «Проблема качества электроэнергии в электрических сетях России» 10 июня 2008 года.

5. Круглый стол «Генеральная схема размещения объектов электроэнергетики до 2020 года, как инструмент координации инвестиционных программ в рамках «Энергетической стратегии Российской Федерации». Рекомендации.// VI Всероссийский Энергетический Форум «ТЭК России в XXI веке». 1–4 апреля 2008 года, Москва, Государственный Кремлёвский Дворец. Итоговые материалы. DVD.

6. Комитет Государственной Думы по энергетике. Пресс-релиз. 04 июня 2008 года. [www.duma.gov.ru/energy/](http://www.duma.gov.ru/energy/)

7. О Генеральной схеме размещения объектов электроэнергетики в России. Тезисы доклада заместителя министра Минпромэнерго РФ Андрея Дементьева на заседании Правления РСПП 2 октября 2007 г.// Вести в электроэнергетике. 2007, № 6.

8. *А.В. Маслов*. Инвестиционная программа ОАО «ФСК ЕЭС» 2007–2010 гг.: приоритеты и ресурсное обеспечение реализации.// Вести в электроэнергетике. 2007, № 5.

9. Российская газета – Федеральный выпуск № 4680 от 7 июня 2008 г.

10. *М.И. Бесхмельницын*, аудитор Счетной палаты РФ. Российская энергетика остается нестабильной. // Вести в электроэнергетике 2007. № 1.

11. *В.Э. Воротницкий*. Нормирование и снижение потерь электроэнергии в электрических сетях: результаты, проблемы, пути решения.// Энергоэксперт, 2007, № 3.

12. *В.Э. Воротницкий*. Доклад на заседании «круглого стола» «Проблема качества электроэнергии в электрических сетях России» 10 июня 2008 года.

13. *Н.А. Броерская*. Доклад на заседании «круглого стола» «Проблема качества электроэнергии в электрических сетях России» 10 июня 2008 года.

14. *Н.Г. Шульгин*. Основные задачи формирования баланса реактивной мощности в энергообъединениях ОАО РАО «ЕЭС России». // Вести в электроэнергетике, 2007, № 1.



15. *В.И. Кочкин*. Доклад на заседании «круглого стола» «Проблема качества электроэнергии в электрических сетях России» 10 июня 2008 года.

16. *И.В. Жежеленко, Ю.Л. Саенко, А.В. Горлинич*. Оценка надежности электрооборудования при пониженном качестве электроэнергии. // Вести в электроэнергетике, 2006, № 6.

17. *Л.А. Добрусин*. Инвестиции в электроэнергетику России и программа повышения их эффективности. Доклад. // VI Всероссийский Энергетический форум «ТЭК России в XXI веке», Москва, Государственный Кремлевский Дворец, 1–4 апреля 2008 г. Итоговые материалы. DVD.

18. Новая инвестиционная программа Холдинга РАО «ЕЭС России». Выступление председателя Правления РАО «ЕЭС России» А. Б. Чубайса. // Вести в электроэнергетике, 2007, № 2.

19. *Л.А. Добрусин*. Вступительное слово на заседании «круглого стола» «Проблема качества электроэнергии в электрических сетях России» 10 июня 2008 года.

20. *А.М. Брянцев*. Доклад на заседании «круглого стола» «Проблема качества электроэнергии в электрических сетях России» 10 июня 2008 года.

21. *В.С. Чуприков*. Доклад на заседании «круглого стола» «Проблема качества электроэнергии в электрических сетях России» 10 июня 2008 года.

22. *Л.А. Добрусин, М.В. Ольшванг*. Совершенствование техники управления маршрутами потоков активной мощности в сетях 110–765 кВ.

23. *М. В. Ольшванг*. Доклад на заседании «круглого стола» «Проблема качества электроэнергии в электрических сетях России» 10 июня 2008 года.

24. Координация потоков мощности в развитых высоковольтных электрических сетях. Power flow coordination in mature high voltage networks. <http://mvo.ipc.ru>.

25. *Paul Jarman, Patrick Hynes, Trevor Bickley, Alan Darwin, Nigel Thomas, Haniish Hayward*. The specification and application of large quadrature boosters to restrict postfault power flows. – SIGRE 2006, A2-207.

26. *В.К. Паули*. Доклад на заседании «круглого стола» «Проблема качества электроэнергии в электрических сетях России» 10 июня 2008 года.

27. *В.К. Паули*. Проблемы реактивной мощности и меры, принимаемые ОАО РАО «ЕЭС России» по их устранению. // III Конференция – 2008 «Консолидация усилий электроэнергетики и электротехники в условиях роста инвестиций. Перспективные технологии и электрооборудование», доклад П1-04 28 мая – 29 мая 2008 года. ВЭИ–НТЦ Электроэнергетики–ТРАВЭК.

10-я международная специализированная выставка

# ЭНЕРГЕТИКА РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

Организаторы:  
Министерство промышленности и торговли Республики Татарстан,  
Центр энергосберегающих технологий Республики Татарстан  
при Кабинете Министров Республики Татарстан,  
Мэрия г. Казани,  
ОАО «Казанская ярмарка»  
при поддержке  
Президента и Правительства Республики Татарстан.

В программе:  
IX международный симпозиум  
«Энергоресурсоэффективность и энергосбережение».

Организаторы:  
Министерство промышленности и торговли Республики Татарстан,  
Центр энергосберегающих технологий Республики Татарстан  
при Кабинете Министров Республики Татарстан.

**2-4 декабря  
КАЗАНЬ, 2008**

420059, г. Казань, Оренбургский тракт, 8  
тел.: (843) 570-51-06, 570-51-11 (круглосуточно),  
факс: 570-51-23  
E-mail: 5705106@expokazan.ru,  
kazanexpo@telebit.ru  
[www.expoenergo.ru](http://www.expoenergo.ru)

Генеральный Информационный спонсор  
**ENERGO INFO**  
Генеральный Интернет-спонсор  
**elec.ru**