



**Особенности прохождения ОЗП.  
Проблемы реактивной мощности и  
решение задач повышения надежности и  
устойчивости распределительных  
электрических сетей**

---

**Заместитель Технического директора – Главный технический  
инспектор ОАО РАО «ЕЭС России»  
В.К. Паули**

**Всероссийское совещание-семинар главных инженеров  
МРСК, РСК и нереформированных АО-энерго  
11 октября 2006 г.**

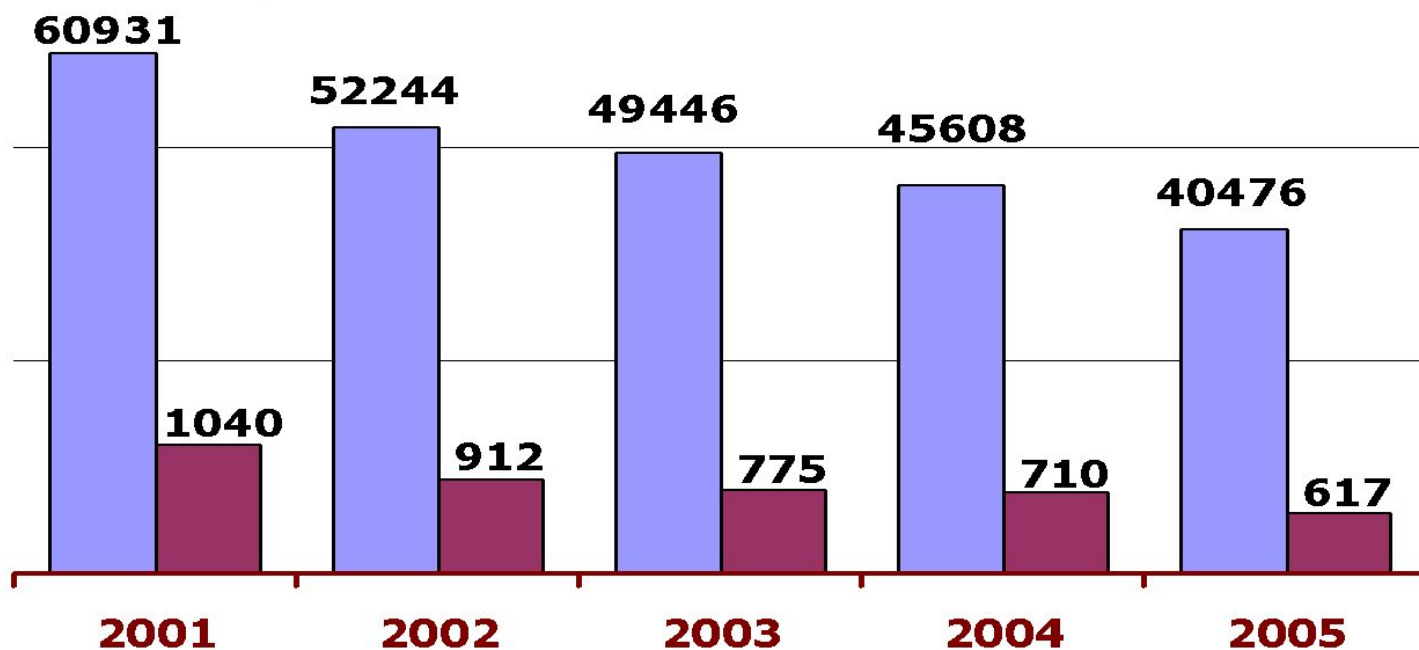


# СИТУАЦИЯ-ДИСПОЗИЦИЯ ПО НАДЕЖНОСТИ И РЕТРОСПЕКТИВА

## Динамика аварийности в целом по Холдингу РАО «ЕЭС России»

■ Всего нарушений

■ Нарушений с ошибками персонала



**НО БЕСПОКОЯТ  
ОТКАЗЫ В  
РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ  
ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ  
СЕТЯХ - СТАЛА  
НАРАСТАТЬ ТЯЖЕСТЬ  
ПОСЛЕДСТВИЙ  
ОТКАЗОВ И ОБЪЕМЫ  
ОТКЛЮЧЕНИЙ!**

- Нарастает число случаев отключения потребителей и увеличиваются размеры отключаемых нагрузок защитами при снижении напряжения во время коротких замыканий в электрических сетях, что говорит о недостаточной устойчивости нагрузки к внешним возмущениям в связи с отсутствием запаса по напряжению на шинах присоединения



# Влияния экстремальных погодных условий на надежность электроснабжения потребителей



обусловлено в основном отключениями в распределительных сетях из-за неблагоприятных погодных условий в январе 2006 года.



Количество технологических нарушений, приведших к нарушениям электроснабжения потребителей на величину нагрузки **25 МВт и выше** за ОЗП 2005/2006 года в сравнении с ОЗП 2004/2005 года **возросло в два раза**, а доля общего числа технологических **нарушений**, вызванных неблагоприятными **погодными условиями**, **выросла в 1.4 раза**. **Возрос в 2,3 раза недоотпуск электрической энергии из-за технологических нарушений.**



## **ОСНОВНЫЕ ПРИЧИНЫ ОТКАЗОВ В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ:**

- ✓ **Снижение запаса устойчивости нагрузки по напряжению, что приводит к ее отключению при близких коротких замыканиях в сетях, в режимах АПВ линий и при АВР;**
- ✓ **Несоответствие схемно-режимных решений изменениям структуры потребления и стихийно складывающемуся распределению прирастающей нагрузки по системе электроснабжения – распределительной электрической сети;**
- ✓ **Большие потоки реактивной мощности по ВЛ всех уровней напряжения делают распределительную сеть и сеть потребителей чрезмерно чувствительной к возмущениям и неустойчивой даже при незначительных возмущениях;**
- ✓ **Перекрытие линий электропередачи на ДКР из-за неудовлетворительного состояния просек и несоответствия токовой нагрузки ВЛ температурному режиму в летнее время;**
- ✓ **Запаздывание во внедрении в распределительных сетях достижений научно-технического прогресса и наличие подавляющего числа распределительных сетей, выполненных в период интенсивной электрификации по упрощенным схемам.**



## Основные проблемы при прохождении прошедшего ОЗП 2005/2006 года.

Подобные длительные (январь, февраль) значительные понижения температур одновременно на значительной территории Европейской части России, Урала и Сибири наблюдались в 1940 году

- Рост мощности потребления
- Ограничения поставок газа в условиях низких температур
- Снижение выработки электроэнергии ГЭС
- Не выдерживание температуры теплоносителя в тепловых сетях, требуемой для соответствующей температуры наружного воздуха
- Обрывы проводов ВЛ распределительных сетей из-за увеличения тяжения при низких температурах
- Нарушение работоспособности высоковольтных элегазовых и воздушных выключателей при экстремально низких температурах



## Перечень регионов с высокой вероятностью введения ограничений потребителей в ОЗП

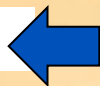
№	Энергосистема	Рост потребления в 2006 г., %	№	Энергосистема	Рост потребления в 2006 г., %
1	Тывинская	1,1	9	Вологодская	5,0
2	Свердловская	3,6	10	Нижегородская	2,8
3	Тюменская	9,6	11	Кубанская	6,9
4	Пермская	2,9	12	Дагестанская	5,1
5	Челябинская	6,3	13	Архангельская	3,0
6	Ульяновская	2,6	14	Коми	4,0
7	Саратовская	5,2	15	Карельская	7,0
8	Московская	6,4	16	Ленинградская	4,5



# Введение в тему Q и U

## – уроки аварии 25 мая 2005 г.

Технические



Последствия  
аварии



Социальные

### Отключение потребителей:

- **Московская энергосистема – около 2500 МВт**  
(26% от общего энергопотребления в регионе)
- **Тульская энергосистема – 900 МВт (87%)**
- **Калужская энергосистема – 100 МВт (22%)**



Около 20 тыс. людей были заблокированы в поездах московского метро, около 1,5 тыс. застряли в лифтах  
Без электроснабжения остались около 4 млн. людей, большое количество предприятий, а также социально значимые объекты (продолжительность отключения составила от нескольких часов до суток).

### Причины аварии

изложены в «Отчете по расследованию аварии в ЕЭС России», произошедшей 25.05.2006», размещенном на интернет-сайте ОАО ПАО «ЕЭС России»  
<http://www.rao-ees.ru/ru/news/news/account/show.cgi?content.htm>



# Уроки аварии 25 мая 2005 г. (продолжение)

## Этапы развития аварии

Подстанция «Чагино» полностью отключена от Московской энергосистемы из-за повреждения оборудования (трансформаторы, воздушные выключатели, система воздухопроводов, изоляция)

Разорвано Московское энергокольцо 500 кВ из-за отключения ВЛ со стороны ПС «Чагино».

Возникновение дефицита реактивной мощности

Падение напряжения в южной части Московской энергосистемы

Перегрузка нескольких ЛЭП 110 и 220 кВ, вызвавшая провисание проводов

Многочисленные отключения ЛЭП 110-220 кВ

Не достаточно правильные действия оперативно-диспетчерского и дежурного персонала

Перегрузка оставшихся ЛЭП 110 кВ

Падение напряжения в сети 110-220 кВ

**Каскадное развитие аварии. Отключение генерирующего оборудования (автоматическое или ручное). Прекращено энергоснабжение конечных потребителей в Московской, Тульской и Калужской энергетических системах.**

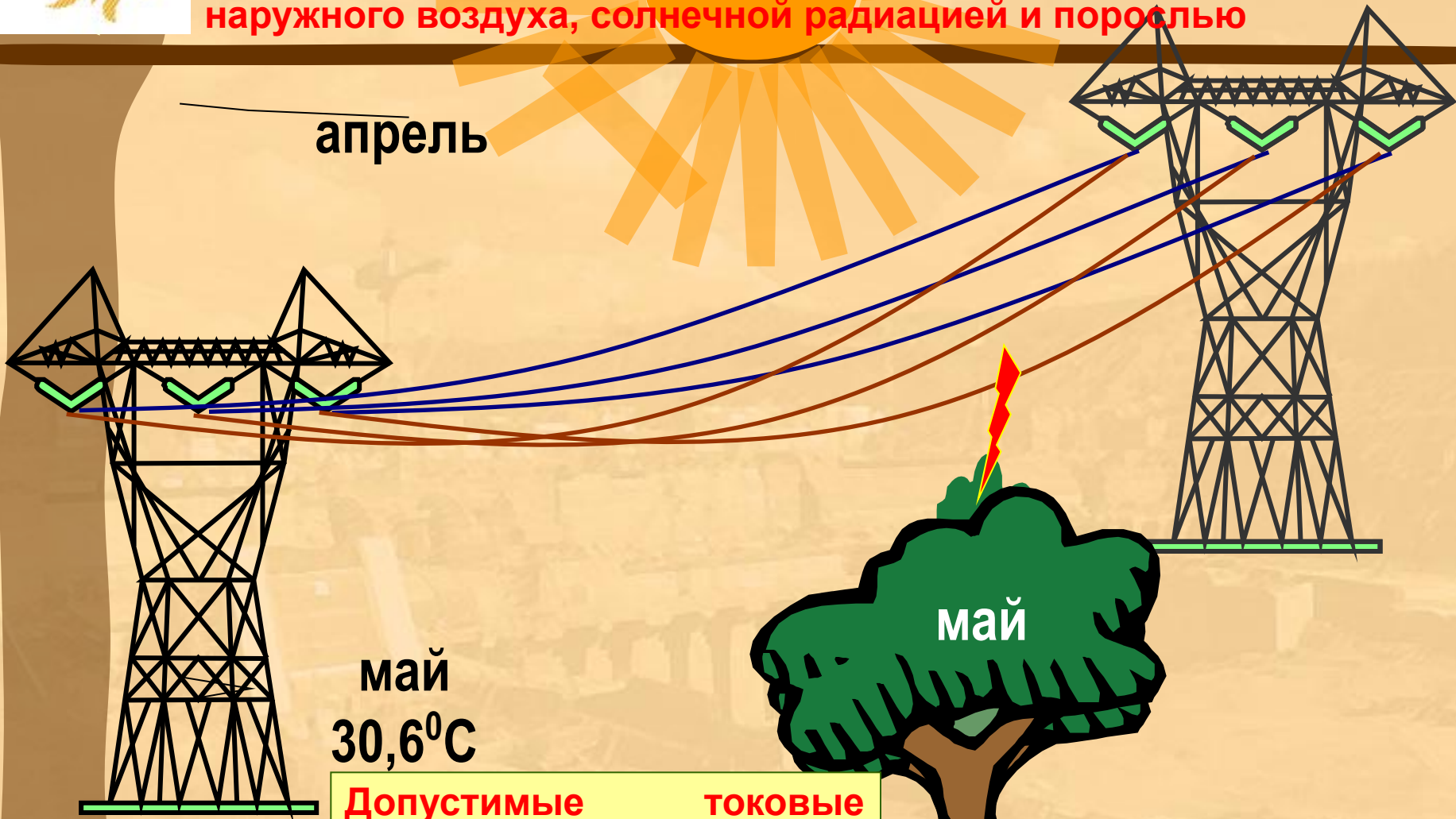




# Введение в тему – уроки аварии 25 мая 2005 г. (продолжение)

## Взаимосвязь возросших токовых нагрузок ВЛ с высокой температурой наружного воздуха, солнечной радиацией и порослью

апрель



май  
30,6<sup>0</sup>С

Допустимые токовые нагрузки ВЛ были посчитаны на температуру наружного воздуха 20<sup>0</sup>С



## **ПРОБЛЕМА! Происходит рост потребности в доставке реактивной мощности к шинам нагрузки – нонсенс!**

После отмены приказом Министра энергетики (10.01.2000 №2) Правил пользования электрической и тепловой энергией, потребители перестали участвовать в поддержании напряжения на шинах нагрузок

Появились проблемы с поддержанием (повышением) напряжения на шинах нагрузок

Возросли потоки реактивной мощности по системо-образующим и распределительным сетям к шинам нагрузок

Ограничилась пропускная способность ВЛ по активной мощности и существенно возросли потери в сетях

Безусловно, будь скомпенсирована реактивная мощность у потребителей Московской энергосистемы, майской аварии 2005 года могло бы не быть. Скорее всего, ее и не было бы, потому что не было бы такой загрузки реактивной мощностью и соответственно дополнительного провиса отключившихся линий электропередачи, напряжение в узлах нагрузок было бы выше, генераторы бы не перегрузились из-за форсировки возбуждения с целью увеличения выдачи реактивной мощности, так как она не потребовалась бы, хватило бы времени на загрузку пускаемого оборудования и т.д.

*После ухода потребителей от обязанности компенсировать потребляемую реактивную мощность получен суммарный негативный результат -*  
**исключение из баланса ЕЭС России более 50 тыс. МВар ИРМ потребителей**



## РЕАКТИВНАЯ МОЩНОСТЬ И ПРОБЛЕМЫ...

Повышенное потребление реактивной мощности электроприемниками или пониженный коэффициент мощности

$$\cos\varphi = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}} = \frac{P}{S}$$

Возрастание тока, протекающего через сеть

$$I = \frac{\sqrt{P^2 + Q^2}}{\sqrt{3} U}$$

Снижается пропускная способность сетей

Увеличивается сечение проводов - удорожание

$$s = \frac{\rho l P^2}{\Delta P U^2 \cos^2\varphi}$$

Увеличиваются потери активной мощности

$$\Delta P = \frac{P^2 + Q^2}{U^2} R$$

Перерасходуется электроэнергия

Необходимость прокладки новых сетевых магистралей - удорожание

Увеличиваются потери напряжения

$$\Delta U = \frac{P \cdot R + Q \cdot X}{U}$$

Уменьшается напряжение на шинах электроприемников

Дополнительное увеличение тока электрической сети

Изменение напряжения относительно номинального значения **Уном** оказывает **неблагоприятное влияние** на режимы работы, производительность и технико-экономические показатели всех элементов электрической системы.

В соответствии с ГОСТ 13109-97 в электрических сетях систем электроснабжения общего назначения нормально и предельно допустимые значения установившегося **снижения напряжения  $\delta U$**  на выводах приемников электрической энергии не должны превышать 5% и 10% соответственно от номинального напряжения электрической сети по ГОСТ 721 и ГОСТ 21128 (номинальное напряжение).

В системе электроснабжения потребителей для минимизации вероятности отключений потребителей должен быть выдержан запас статической устойчивости нагрузки по напряжению.

Коэффициенты запаса статической устойчивости электроэнергетической системы по напряжению в узлах нагрузки, которые в нормальном режиме должны быть не менее 15 %, в послеаварийном режиме – не менее 10 %, рассчитываются по формуле:

$$k_U = \frac{U - U_{кр}}{U} 100 \%$$

где

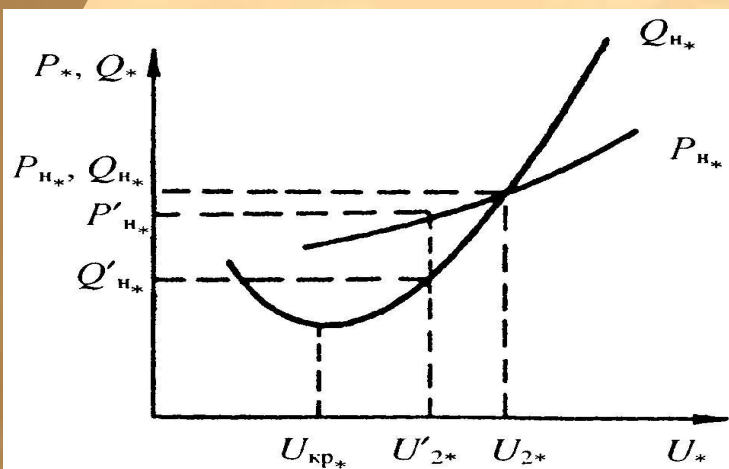
- $U$  – напряжение в узле в рассматриваемом режиме;
- $U_{кр}$  – критическое напряжение в том же узле, при котором нарушается статическая устойчивость нагрузки

Как показывает практика это условие не выдерживается из-за пониженного уровня напряжения в установившихся режимах работы сети.

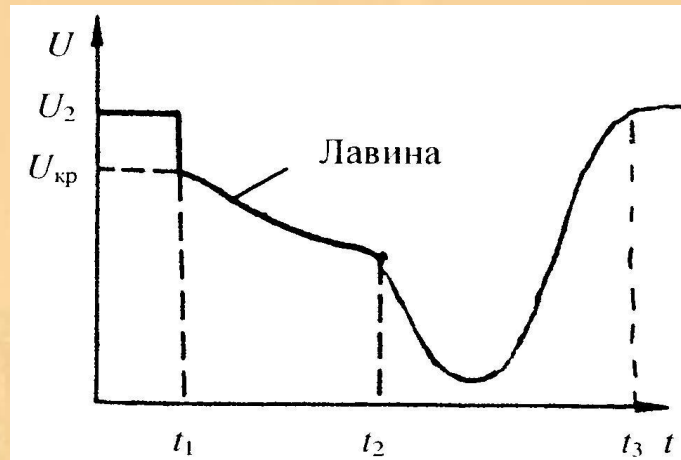
При пониженных напряжениях вероятность отключения потребителей при провалах напряжения значительно возрастает!



# ПОЧЕМУ ОПАСНО СНИЖЕНИЕ НАПРЯЖЕНИЯ?



статические характеристики реактивной мощности  $Q_n = f(U)$  более крутые, чем статические характеристики активной мощности  $P_n = f(U)$  – изменение напряжения на 1% приводит к изменению реактивной мощности на 2-5%, в то время как активной лишь на 0,6-2%;



при снижении напряжения на шинах нагрузки до уровня  $U < U_{кр}$  (критического напряжения статической характеристики узла нагрузки по напряжению) происходит резкое повышение потребления реактивной мощности, приводящее к увеличению потери напряжения, дальнейшему снижению напряжения и быстроразвивающемуся в течение нескольких секунд процессу, называемому лавиной напряжения

**При снижении напряжения потребитель свою мощность все равно выбирает...**

$$\Delta U = \frac{\sum P \cdot R + \sum Q \cdot X}{U}$$

Уменьшается напряжение на шинах электроприемников

Происходит дополнительное увеличение тока в линиях электропередачи и дальнейшее снижение напряжения



# Первые шаги по нормализации напряжения в распределительных сетях

В соответствии с приказом РАО ЕЭС «России» от 25.10.2005 №703 широкомасштабно осуществляется процесс сертификации качества электрической энергии, в рамках которого проводится оценка уровней напряжения в распределительных сетях на соответствие требованиям ГОСТ 13109-97 и разрабатываются соответствующие мероприятия и план-графики их выполнения. Целью данной работы является приведение качества электрического тока по напряжению в соответствие с требованиями указанного стандарта.

*98% электросетевых компаний получили сертификаты соответствия электрической энергии установленным требованиям на центры питания, входящие в первую очередь планов-графиков.*

## КОНКРЕТНЫЕ ШАГИ ПО УСТРАНИЕНИЮ ПОНИЖЕННОГО НАПРЯЖЕНИЯ:

В Московской энергосистеме реализуются проекты по устранению дефицита реактивной мощности за счет установки в 2006 году секционированных БСК в наиболее проблемных ПО НАПРЯЖЕНИЮ узлах ( *ПС Кубинка, Можайск, Слобода, Грибово*).

**Реализация поручений приказа РАО ЕЭС «России» от 25.10.2005 №703 – это, прежде всего:**

- ✓ контроль и оценка состояния уровней напряжения в распределительных сетях, позволяющий увидеть в целом картину обеспечения статической устойчивости по напряжению систем электроснабжения и, соответственно, устойчивости нагрузки потребителей;
- ✓ удовлетворение потребителей по качеству электрической энергии и надежности электроснабжения;
- ✓ снижение потерь и улучшение технико-экономических показателей систем электроснабжения, т.е. улучшение результатов бизнеса электросетевых компаний.



**Нормализация напряжения в распределительных электрических сетях – это не только взаимосвязь процессов повышения надежности и социального имиджа электросетевых компаний, но и повышение технико-экономической эффективности сетевого бизнеса.**

**Из-за массовости распределительных сетей потери в них составляют большую долю суммарных потерь в энергосистемах и ЕЭС России в целом, поэтому даже небольшое снижение % потерь дает ощутимый экономический эффект.**

**Потери активной мощности определяются по формуле, кВт:**

$$\Delta P = 3 \times I^2 \times r \times 10^3$$

где:  $I$  – полный ток нагрузки, А;  $r$  – сопротивление, Ом.

т.е. потери зависят от квадрата тока нагрузки, а величина тока, в свою очередь зависит от полной мощности, при этом чем выше  $Q$ , тем выше  $I$

$$I = \frac{\sqrt{P^2 + Q^2}}{\sqrt{3} U}$$

**Поэтому для уменьшения потерь важно снизить величину полного тока, что и достигается снижением потоков реактивной мощности в распределительных сетях за счет ее компенсации у потребителя или на ПС, расположенных вблизи от потребителя.**

***При этом важно понимать, что электротехнические исследования и расчеты показывают следующую приблизительную зависимость для режима пониженного напряжения в распределительной сети между уровнем напряжения и потерями - повышение напряжения в сети на 5 % снижает потери мощности на 10 % и наоборот.***



# Потери в электрических сетях



- ❖ Уменьшение потерь активной электроэнергии, обусловленных перетоками реактивных мощностей, является реальной эксплуатационной технологией энергосбережения в электрических сетях. Эффективное экономическое регулирование реактивных перетоков является одной из наиважнейших проблем Российской электроэнергетики.

**Снижение потерь по Холдингу на 1% только за счет компенсации реактивной мощности на шинах нагрузок высвободит для потребителей же 1600 МВт, на 2 % - 3200 МВт и т.д.**

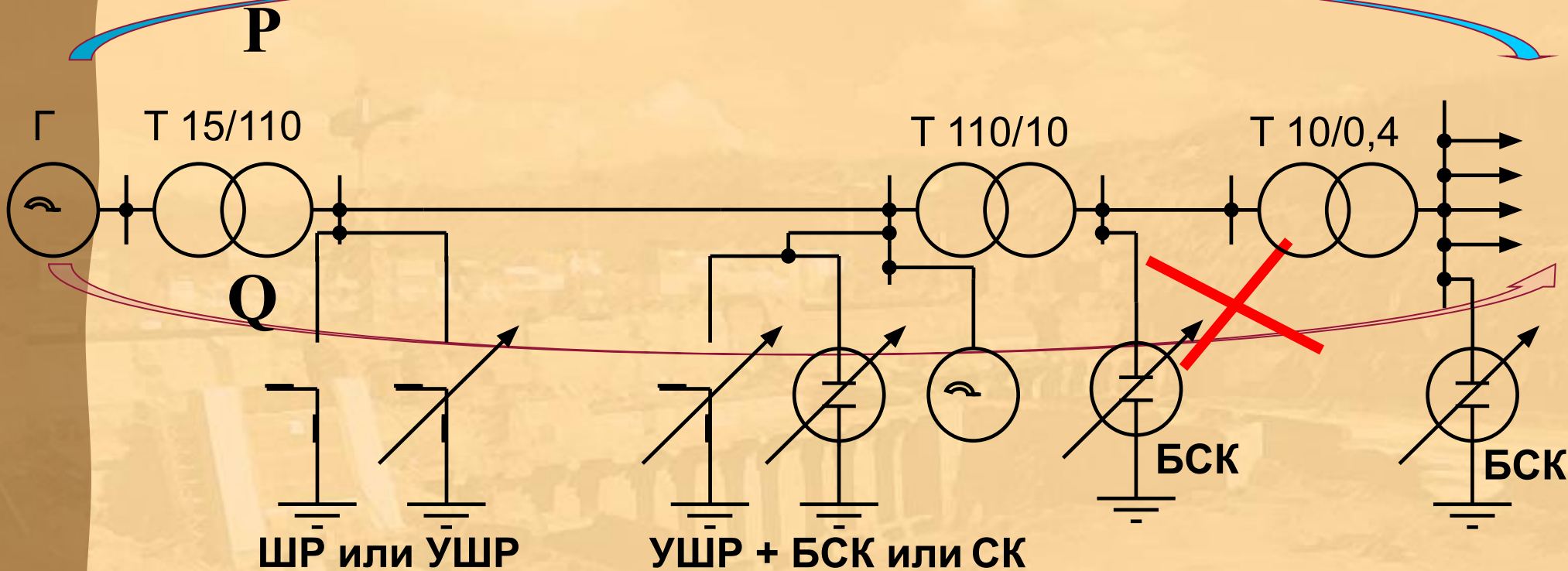
**Большим заблуждением менеджмента энергокомпаний является мнение о том, что основную часть потерь составляют коммерческие потери.** Да с ними надо бороться, но надо понимать, что на дворе не середина девяностых годов прошлого столетия, а время, когда платежная дисциплина потребителей благодаря планомерным действиям РАО «ЕЭС России» для подавляющего числа потребителей стала нормой.

- Поэтому с потерями надо бороться вооружившись знаниями, замерами, формулами и расчетами, схемно-режимными мерами и улучшением баланса реактивной мощности.
- Исходной точкой данной работы должно являться признание факта повсеместной загрузки линий электропередачи распределительных сетей потоками реактивной мощности в диапазоне 60-80% от величины активной мощности (в ряде случаев более 100%).





**Реактивная мощность не должна поставляться потребителю по сетям!**



из эт ол о сл ед уе т вы во д:

**СУЩЕСТВУЕТ ОГРАНИЧЕНИЕ КОКУРЕНТНЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ РЫНКА СИСТЕМНЫХ УСЛУГ В ЧАСТИ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ**

"УТВЕРЖДАЮ"

Заместитель Министра энергетики  
и электрификации СССР

*Е.И.Петряев*  
28.05.87  
Е.И.Петряев

"СОГЛАСОВАНО"

Начальник отдела энергетики  
и электрификации Госплана СССР

*А.А.Троицкий*  
А.А.Троицкий

"СОГЛАСОВАНО"

Начальник отдела энергетики  
ГКНТ СССР

*В.И.Доброхотов*  
8.05.87  
В.И.Доброхотов

НОРМАТИВЫ

уровня компенсации реактивной мощности в  
электрических сетях министерств и ведомств  
на период до 2000 г.

1. Настоящие нормативы предназначены для определения объемов ввода компенсирующих устройств в электрических сетях общего назначения министерств и ведомств и объемов их производства в стране.

2. Уровнем компенсации реактивной мощности является отношение суммарной установленной мощности синхронных и статических компенсаторов, конденсаторных установок к суммарной нагрузке электрических сетей в часы максимума нагрузки энергосистемы.

3. Устанавливаются следующие нормативы уровня компенсации реактивной мощности в электрических сетях:

в целом по стране	- 0,6 кВАр на кВт
в том числе:	
Минэнерго СССР	- 0,2 кВАр на кВт
других министерств (ведомств) в целом	- 0,4 кВАр на кВт

4. Выбор структуры компенсирующих устройств и распределение между объектами (подстанциями Минэнерго СССР и предприятиями других министерств и ведомств) суммарных объемов их ввода, определенных в соответствии с настоящими нормативами, должен предусматриваться:

в сетях Минэнерго СССР при разработке проектов электроподстанций в соответствии со схемами развития энергосистем;

в сетях других министерств и ведомств при разработке годовых планов развития отраслей на основе технических условий на присоединение новых потребителей и требований по компенсации реактивной мощности действующих потребителей, устанавливаемых энергоснабжающими организациями.

Начальник  
Главэнерго Минэнерго СССР

*Д.Ф.Проценко*  
Д.Ф.Проценко

Начальник  
ГУКСа Минэнерго СССР

*В.Н.Панфилов*  
В.Н.Панфилов

Начальник  
Главтехуправления Минэнерго СССР

*В.И.Горин*  
В.И.Горин

Начальник  
Главгосэнергонадзора Минэнерго СССР

*Б.П.Варнавский*  
Б.П.Варнавский

**В недавнем историческом прошлом необходимая и достаточная по техническим соображениям реактивная мощность в ЕЭС России составляла 0,6 кВАр на 1 кВт суммарной активной нагрузки, а реальные значения коэффициентов мощности составляли  $\cos \varphi$  ( $\operatorname{tg} \varphi$ ) на шинах 6-10 составляли 0,93 (0,4) .**

**В современных же сложившихся условиях общее потребление реактивной мощности  $Q_{\text{потр}\Sigma}$  приближенно оценивается в размере 1 кВАр на 1 кВт суммарного потребления (нагрузки) активной мощности  $P_{\text{нагр}\Sigma}$ .**



# Субъекты баланса реактивной мощности, их источники реактивной мощности и средства ее компенсации



**Электростанции.** Источники  $Q$ : синхронные генераторы –  $Q_{(L,C)}$ , асинхронизированные генераторы –  $Q_{(L,C)}$ , шунтирующие реакторы –  $Q_L$



**Подстанции ЕНЭС.** Источники компенсации  $Q$ : шунтирующие реакторы –  $Q_L$ , управляемые шунтирующие реакторы –  $Q_L$ , синхронные компенсаторы –  $Q_{(L,C)}$



**Высоковольтные линии электропередачи.** Источники компенсации  $Q$ : зарядная мощность линий электропередачи –  $Q_C$



**Подстанции РСК.** Источники компенсации  $Q$ : шунтирующие реакторы –  $Q_L$ , управляемые шунтирующие реакторы –  $Q_L$ , синхронные компенсаторы –  $Q_{(L,C)}$ , батареи статических конденсаторов –  $Q_C$



**Промышленные потребители.** Источники компенсации  $Q$ : батареи статических конденсаторов –  $Q_C$ , синхронные двигатели –  $Q_C$ , генераторы блокстанций –  $Q_{(L,C)}$



**Объекты добычи и транспорта нефти и газа. Насосные водоканалов.** Источники компенсации  $Q$ : шунтирующие реакторы –  $Q_L$ , управляемые шунтирующие реакторы –  $Q_L$ , синхронные двигатели –  $Q_{(L,C)}$ , синхронные компенсаторы –  $Q_{(L,C)}$ , батареи статических конденсаторов –  $Q_C$



**Мелкомоторное производство.** Источники компенсации  $Q$ : батареи статических конденсаторов –  $Q_C$ , синхронные двигатели –  $Q_C$



**Сельскохозяйственные потребители.** Источники компенсации  $Q$ : батареи статических конденсаторов –  $Q_C$ , зарядная мощность незагруженных линий электропередачи –  $Q_C$



**Населенные пункты.** Источники компенсации  $Q$ : батареи статических конденсаторов –  $Q_C$  крупных модульных потребителей (насосные, очистные, крупные офисы, торговые, спортивные и развлекательные центры, подстанции электрофицированного транспорта).



# Особенности рынка услуг по реактивной мощности и поддержанию напряжения заключаются в том, что он безусловно РЕГУЛИРУЕМЫЙ!

Генерируемая генераторами реактивная мощность передается в высоковольтные электрические сети.



В отличие от активной мощности реактивная мощность для потребителей не должна поставляться по линиям электропередачи высокого напряжения, так как это значительно увеличивает потери в сети и снижает пропускную способность ВЛ.



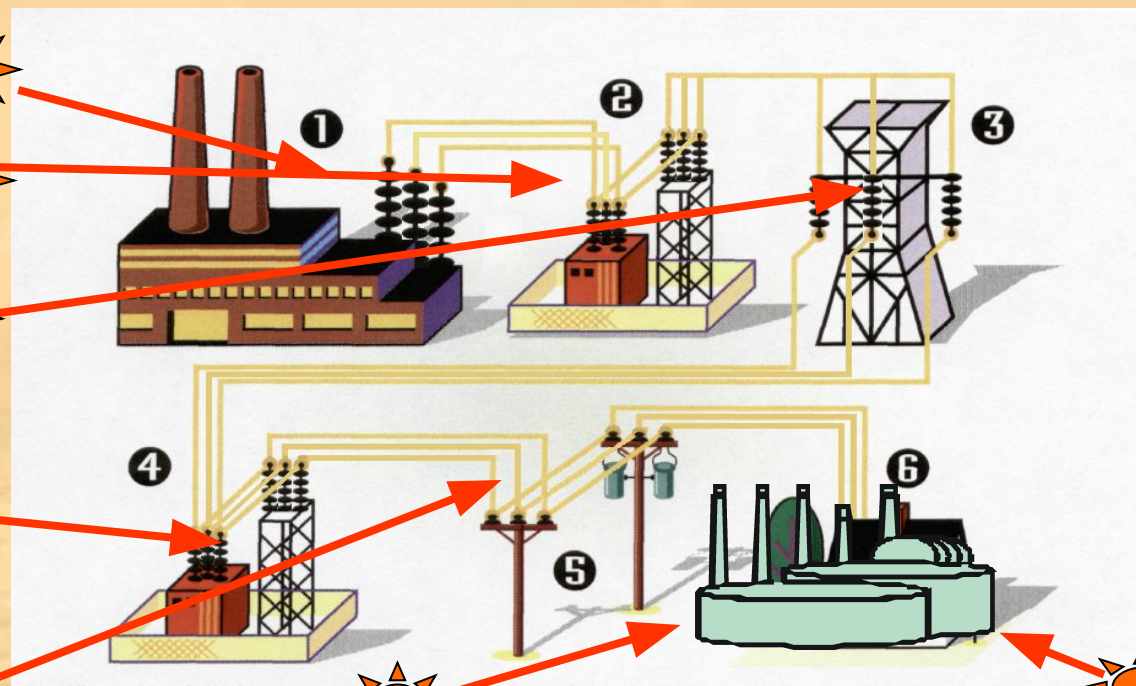
Регулирование напряжения в системе электроснабжения осуществляется изменением коэффициентов трансформации трансформаторов, реакторами, синхронными компенсаторами, батареями статических конденсаторов и т.п.



По техническим и экономическим соображениям передача реактивной мощности и по распределительным сетям нецелесообразна, так как это приводит к ограничению пропускной способности электрических сетей и значительным потерям в них.



**Распределительная сеть не должна быть загружена реактивной мощностью!**



Потребитель реактивную мощность **МОЖЕТ** покупать (но дорого!), причем только у своей электроснабжающей организации.



Но правильнее, если нехватку реактивной мощности потребитель компенсирует собственными источниками реактивной мощности.  
Это выгодно всем: потребителям, электросетевым компаниям, ЕНЭС России и экономике России!



**Только этот сегмент рынка реактивной мощности может быть конкурентным с точки зрения экономической и технической конкуренции по принципу «купить или иметь свое», но и то выбор варианта будет ограниченным и во многом зависеть от загруженности подводящей электрической сети!**



# Для начала осуществления процессов по организации компенсации реактивной мощности необходимо:

Стандартная коррекция коэффициента мощности



1. Активизировать выполнение требований приказа РАО «ЕЭС России» от 25.10.2005 №703 «О лицензировании деятельности по продаже электрической энергии и обязательной сертификации электрической энергии в электрических сетях общего назначения».

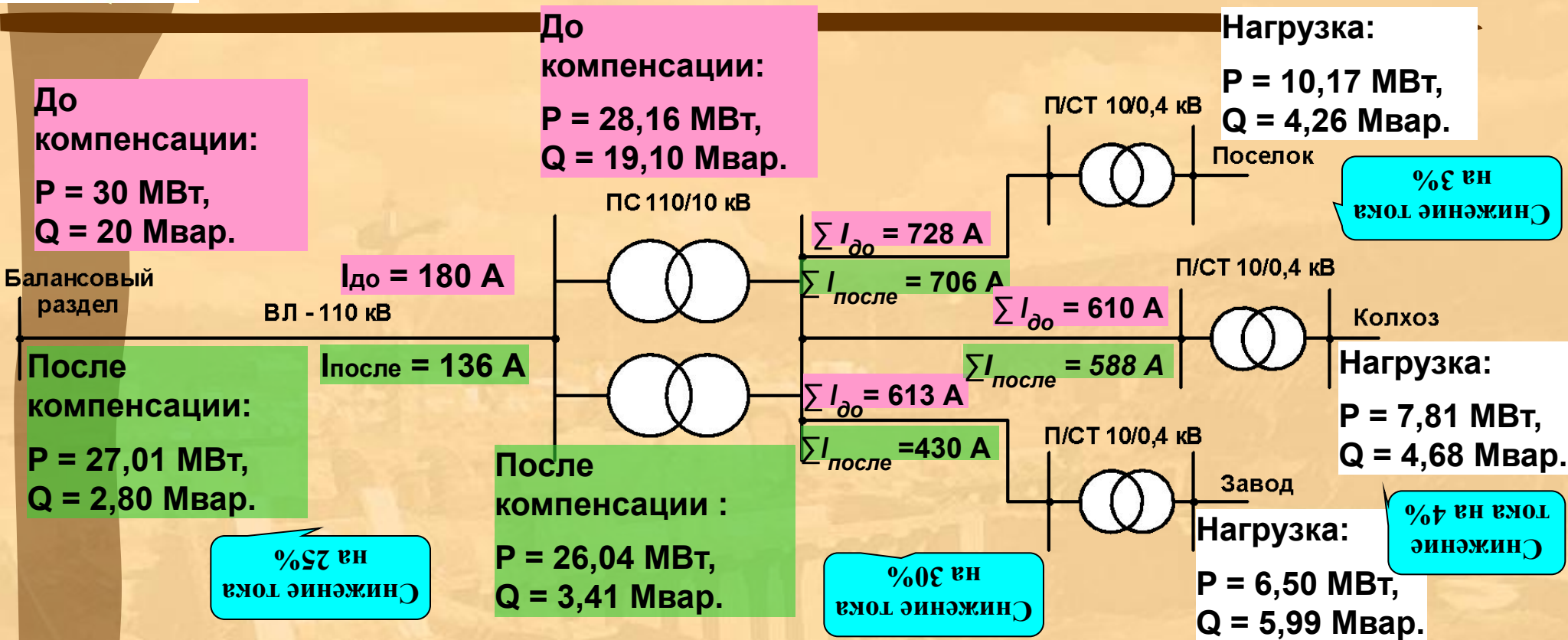
2. Оценить оснащенность приборами контроля и учета реактивной мощности в электрических сетях и доукомплектовать.

3. Определить места обязательной компенсации реактивной мощности у потребителей по фактическим уровням напряжения и соотношениям активной и реактивной мощности в линиях электропередачи, достигших предельных допустимых значений по фактической токовой загрузке в часы максимумов, а также по фактам уровней загрузки трансформаторов и автотрансформаторов.

4. Оценить и оформить балансы реактивной мощности по узлам энергосистем и энергосистемам в целом.



# Пример компенсации реактивной мощности



Размещение компенсирующих устройств			
ПС 110/10 кВ	Поселок	Колхоз	Завод
$Q_{ск} = 10$ Мвар	$Q_{бск} = 2$ Мвар	$Q_{бск} = 2$ Мвар	$Q_{бск} = 4$ Мвар



## В задачу нормализации дел по реактивной мощности и напряжению должны быть вовлечены все субъекты баланса реактивной мощности, которые совместно должны:

1. Просчитать и промоделировать режимы встречного регулирования напряжения в энергосистемах и определить потребность в источниках реактивной мощности (QL и QC) для ПС низкого, среднего и высокого напряжения всех уровней напряжения, а также их класс и точки в которых необходимо устанавливать реверсивные источники реактивной мощности или совмещение в одной точке емкостных и индуктивных источников реактивной мощности

2. Оценить вероятность выхода уровня напряжения за допустимые верхние значения в узлах энергосистемы высокого и среднего напряжения (в том числе и на шинах электростанций) при нормализации напряжения в распределительных сетях, и принять **с целью недопущения повышения напряжения выше допустимых пределов** меры по установке в наиболее критичных узлах управляемых шунтирующих реакторов УШР (возможно в комплекте с регулируемыми батареями статических конденсаторов РБСК), что позволит в темпе процесса поддерживать требуемые уровни напряжения в целом как в распределительной сети, так и в энергосистеме.

В виде примечания к п. 2 следует отметить, что для пока еще «не критичных по напряжению и загрузке линий и трансформаторов» узлов следует ориентироваться на новые устройства регулирования напряжения, разработка и опытная эксплуатация которых предусмотрена приказом ОАО РАО «ЕЭС России» от 29.05.2006 № 380 «О создании управляемых линий электропередачи и оборудования для них»: СТК (статический тиристорный компенсатор), СТАТКОМ (статическое устройство компенсации реактивной мощности). АСТГ (асинхронизированный синхронный турбогенератор), АСК (асинхронизированный синхронный компенсатор реактивной мощности) и новые модели УШР (управляемый шунтирующий реактор).



## **При рассмотрении вопросов присоединения новых потребителей или увеличения договорной мощности присоединенным необходимо:**

**1. Составить реестр всех заявок, который должен включать в себя также информацию: состояния по запасу мощности трансформаторного оборудования подстанций, к которым просят присоединения потребители; загрузки реактивной мощностью линий электропередачи, питающих подстанции, к которым заявлено присоединение и или увеличение потребляемой мощности; значения  $\text{tg } \varphi$  шин низшего напряжения (соотношения суммарных значений потоков реактивной и активной мощностей исходящих по линиям электропередачи в сторону присоединенных потребителей); причины отказов потребителям в присоединении по поданным ранее заявкам.**

**2. При рассмотрении и согласовании технических условий на присоединение потребителям 50 и более кВт должны быть предъявлены требования по выдерживанию  $\text{tg } \varphi$  нагрузки не выше 0,4 за счет установки собственных средств компенсации реактивной мощности. В соответствии с п. 6.3.16 ПТЭ (2003) порядок использования источников реактивной мощности должен быть задан при заключении договоров между электроснабжающей организацией и потребителем.**

**3. С администрациями, органами местной исполнительной власти и перепродавцами (муниципальными электросетями, ЖКХ и т.п.) должны быть заключены соглашения, что они ни одному потребителю не согласовывают технические условия на присоединение без согласования с РСК**





## Специальные программы «**Реактивная мощность**» должны **ТАКЖЕ** предусматривать:

- ✓ внесение в договора электроснабжения (поставки электрической энергии) условий о выполнении потребителями требований ранее выданных технических условий на присоединение в части поддержания указанных в них значений  $\cos \varphi$  ( $\operatorname{tg} \varphi$ ) или
- ✓ внесение в договора электроснабжения (поставки электрической энергии) условий о взаимных мерах по обеспечению качества электрической энергии, при этом потребитель обязуется (обязывается) выдерживать заданные электросетевой компанией параметры соотношения потребляемых активной и реактивной мощности, как это и требует «Типовой договор энергоснабжения одноставочного (двуставочного) абонента»;
- ✓ проведение совместно с потребителями инвентаризации и ревизии имеющихся у потребителей источников компенсации реактивной мощности и принятие всех мер по их вводу в работу, как одного из требований выданных технических условий на присоединение;
- ✓ установку устройств компенсации реактивной мощности в энергоузлах распределительных сетей, имеющих высокую загруженность линий электропередачи реактивной мощностью;
- ✓ проведение семинаров с участием руководителей и специалистов электросетевых компаний, включая муниципальные сети и сети потребителей, и представителей потребителей на тему «Реактивная мощность и ее значение в надежности и экономике электроснабжения» с целью повышения заинтересованности внедрения систем компенсации реактивной мощности.



# Уменьшение реактивных потоков по распределительной электрической сети и сетям потребителей:

- позволит при производимой активной мощности снабжать дополнительных потребителей, то есть обеспечить в определенной степени прирост потребления активной мощности без увеличения ее дополнительного вырабатывания;
- позволит потребителю прирастить свои производственные мощности без увеличения потребления из сети;
- позволит присоединить потребителя там, где ранее было отказано или присоединить новых потребителей, там где компенсация реактивной мощности позволит это сделать;
- улучшит технико-экономическую эффективность систем электроснабжения как электросетевых компаний, так и самих потребителей;
- повысит устойчивость электроэнергетических систем, систем электроснабжения и нагрузки потребителей при снижении и провалах напряжения в сети.

Для сведения, например, в Польше нормативным документом «О подробных условиях подключения субъектов к электроэнергетическим сетям и эксплуатации этих сетей», утвержденным Министром экономики Польши от 20 декабря 2004 г. установлено требование:

«Для субъектов, подключенных к сети, условием удержания нижних параметров напряжения питания в пределах, определенных пунктами 1-5, является потребление мощности не превышающей договорной мощности, при коэффициенте  $\text{tg } \varphi$  не более 0,4» (что соответствует  $\cos \varphi = 0,93$ ). В соответствии с указанным документом данное условие не распространяется только на потребителей с напряжением до 1 кВ и присоединенной мощностью не более 40 кВт. В пунктах 1-5 документа указаны параметры качества по частоте, напряжению и гармоническим характеристикам напряжения.

На мой вопрос, заданный главному диспетчеру Сетевого оператора Польских электрических сетей – «Есть ли проблемы с напряжением и реактивной мощностью?» я получил ответ – «Проблем нет, все благополучно благодаря законодательству!».



## **«Реактивная мощность» и нормативные документы**

**В соответствии с постановления Правительства РФ «Об утверждении правил розничного рынка электроэнергии и мощности и порядка ограничения потребителей» от 31.08.2006 № 530 (пункт 4) в течение 3 месяцев должен быть разработан, утверждаемый Минпромэнерго России:**

**«Порядок расчета значений соотношения потребления активной и реактивной мощности для отдельных энергоприемников (групп энергопринимающих устройств) потребителей электрической энергии, применяемых для определения обязательств сторон в договорах оказания услуг по передаче электрической энергии (договорах электроснабжения)».**

**Приказом ОАО РАО «ЕЭС России» от 20.04.2006 №284 разработка данного документа поручена БЕ «Сети» и ОАО «ФСК ЕЭС» совместно с ЦУР и ОАО «СО-ЦДУ ЕЭС»**

**В данный документ должно быть в обязательном порядке внесено требование о выдерживании потребителями значений  $\operatorname{tg} \varphi$  не более 0,4,<sup>2</sup>  
или  $\cos \varphi$  не менее 0,93.**



## Правила недискриминационного доступа к услугам по передаче электрической энергии и оказания этих услуг (в редакции Постановления Правительства РФ от 31.08.2006 №530):

- ◆ Потребители должны соблюдать значения соотношения (тангенса) потребления реактивной и активной мощности, определенной в договоре в соответствии с порядком, утвержденным Минпромэнерго РФ. Указанные характеристики определяются:
  - сетевой организацией для потребителей услуг, присоединенным к электрическим сетям напряжением 35 кВ и выше;
  - сетевой организацией совместно с СО для потребителей услуг, присоединенных к электрическим сетям напряжением выше 35 кВ.
- ◆ При отклонении потребителя от установленных договором значений соотношения в результате участия в регулировании реактивной мощности по согласованию с сетевой организацией он оплачивает услуги по передаче электрической энергии, в том числе в составе конечного тарифа (цены) на электрическую энергию, поставляемую ему по договору энергоснабжения с учетом понижающего коэффициента, устанавливаемого в соответствии с методическими указаниями, утверждаемыми ФСТ РФ.
- ◆ В случае несоблюдения потребителем услуг установленных договором значений соотношения потребления активной и реактивной мощности, *кроме случаев, когда это явилось следствием выполнения диспетчерских команд или распоряжений субъекта оперативно-диспетчерского управления либо осуществлять по соглашению сторон*, он устанавливает и обслуживает устройства, обеспечивающие регулирование реактивной мощности, либо оплачивает услуги по передаче электрической энергии, в том числе в составе конечного тарифа (цены) на электрическую энергию, поставляемую ему по договору электроснабжения, с учетом соответствующего повышающего коэффициента.
- ◆ Убытки, возникающие у сетевой организации или третьих лиц в связи с нарушением установленных значений соотношения потребления активной и реактивной мощности, возмещаются лицом, допустившим такое нарушение, в соответствии с гражданским законодательством РФ



## **Правила технологического присоединения энергопринимающих устройств (энергетических установок) юридических и физических лиц к электрическим сетям, утвержденные постановлением правительства РФ от 27.12.2004 № 861:**

- **Технические условия для технологического присоединения являются неотъемлемой частью договора об осуществлении технологического присоединения к электрическим сетям.**
- **В технических условиях должны быть указаны обоснованные требования по усилению существующей электрической сети в связи с присоединением новых мощностей ..., ..., ....., ..., установка компенсирующих устройств для обеспечения качества электроэнергии.**

## **«Правила розничного рынка электроэнергии и мощности и порядка ограничения потребителей», утвержденные постановлением Правительства РФ от 31.08.2006 № 530:**

- **п. 137. Если условиями договоров оказания услуг по передаче электрической энергии (энергоснабжения) предусматривается необходимость соблюдения определенного соотношения потребления активной и реактивной мощности, сторонами обеспечивается учет реактивной мощности.**

## **«Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации, согласованные Минюстом:**

- **п. 6.3.16. Порядок использования источников реактивной мощности потребителей должен быть задан при заключении договоров между энергоснабжающей организацией и потребителем. При необходимости диспетчерские органы должны использовать источники реактивной мощности у потребителей для регулирования напряжения в контрольных пунктах.**



## РД 34.20.185-94 «Инструкция по проектированию городских электрических сетей» (СО 153-34.20.185-94, включен в прил. 1 к приказу РАО «ЕЭС России» от 14.08.2003 №422:

- Глава 2.4. (Электрические нагрузки сетей 10(6) кВ и ЦП). Коэффициент мощности ( $\cos \varphi$ ) для линий 10(6) кВ в период максимума нагрузки принимается равным 0,92 (коэффициент реактивной мощности  $\tan \varphi$  принимается равным 0,43).
- Глава 5.2. (Уровни и регулирование напряжения, компенсация реактивной мощности):
  - 5.2.1. В городских электрических сетях должны предусматриваться технические мероприятия по обеспечению качества электрической энергии согласно требованиям ГОСТ 13109-97 «Электрическая энергия. Нормы качества электрической энергии у ее приемников, присоединенных к электрическим сетям общего назначения».
  - 5.2.2. В электрических сетях должны быть обеспечены отклонения напряжения у приемников электрической энергии, не превышающие  $\pm 5\%$  номинального напряжения сети в нормальном режиме и  $\pm 10\%$  в послеаварийном режиме.
  - 5.2.7. Сети 0,38-10 кВ должны проверяться в соответствии с ГОСТ 13109-97 на допустимые значения размаха изменения напряжения при пуске электродвигателей, а также по условию их самозапуска.
  - 5.2.9. Компенсация реактивной нагрузки промышленных и приравненных к ним потребителей выполняется в соответствии с действующими нормативными документами по расчетам с потребителями за компенсацию реактивной мощности и по компенсации реактивной мощности в электрических сетях промышленных предприятий.

Компенсирующие устройства рекомендуется устанавливать непосредственно у электроприемников.

Для жилых и общественных зданий компенсация реактивной нагрузки не предусматривается.



## Методические указания по проектированию развития энергосистем, утвержденные приказом Минпромэнерго от 30.06.2003 №281:

- **5.35.** При расчетах установившихся режимов следует исходить из того, что для снижения колебаний напряжения в сетях энергосистем от работающих у потребителей мощных электроприемников (дуговые сталеплавильные печи, синхронные двигатели) и несимметрии напряжения, создаваемой тяговой нагрузкой, потребителем осуществляются расчеты и проводятся мероприятия, обеспечивающие условия выполнения требований к качеству напряжения.
- **5.36.** Выбор мощности и места установки компенсирующих устройств (статических тиристорных компенсаторов и синхронных компенсаторов, батарей конденсаторов шунтовой и продольной компенсации, управляемых и неуправляемых шунтирующих реакторов и других регулируемых средств компенсации реактивной мощности) в основной и распределительной сети производится исходя из необходимости повышения пропускной способности сети в нормальных и послеаварийных режимах, условий включения линий, защиты от внутренних перенапряжений, поддержания необходимых уровней напряжения, обеспечения непрерывного быстрого регулирования напряжения.
- **5.36.1.** Реактивные составляющие максимальных нагрузок в расчетах режимов электрической сети принимаются на основе анализа отчетных и проектных данных.  
Синхронные двигатели рекомендуется принимать с выдачей реактивной мощности.  
При отсутствии исходных данных по реактивной составляющей нагрузки коэффициент реактивной составляющей нагрузки ( $\text{tg } \varphi$ ) рекомендуется принимать не выше следующих значений:  
6-10 кВ = 0,4, 35 кВ = 0,49, 110 кВ = 0,54, 220 кВ = 0,59.
- **5.36.3.** В целях снижения потерь мощности и электроэнергии в электрической сети рекомендуется рассматривать целесообразность установки дополнительных компенсирующих устройств, главным образом, непосредственно у потребителей на напряжении 0,4-10 кВ.
- **5.36.4.** Применение регулируемых средств компенсации реактивной мощности (статических тиристорных компенсаторов, управляемых реакторов) на подстанциях основной сети энергосистем рассматривается при необходимости обеспечения быстрого и непрерывного регулирования напряжения.



# ОТВЕЧАЙТЕ ВСЛУХ НА МОИ ВОПРОСЫ:

- ХОТИТЕ ПОВЫСИТЬ НАДЕЖНОСТЬ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ?
- ХОТИТЕ ПОВЫСИТЬ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКУЮ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЭЛЕКТРОСЕТЕВОГО БИЗНЕСА?
- ХОТИТЕ ПОВЫСИТЬ ИМИДЖ ЭНЕРГОКОМПАНИИ, КАК КОМПАНИИ ВОЗГЛАВИВШЕЙ В РЕГИОНЕ ПРОЦЕСС ШИРОКОГО ВНЕДРЕНИЯ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ?
- ХОТИТЕ СДЕЛАТЬ СВОЙ ВКЛАД В СНИЖЕНИЕ СЕБЕСТОИМОСТИ ВЫПУСКА ПРОДУКЦИИ ВСЕМИ СЕКТОРАМИ ЭКОНОМИКИ СТРАНЫ?





**ТАК ДЕЛАЙТЕ ЭТО!  
У ВАС ПОЛУЧИТСЯ!**

**ДОБРОЙ  
РАБОТЫ!**