



ЗАДАЧИ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОЕКТОВ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ ЗА СЧЕТ НОРМАЛИЗАЦИИ ПОТОКОВ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ И УРОВНЕЙ НАПРЯЖЕНИЯ

**Член Правления, заместитель Технического директора –
Главный технический инспектор ОАО РАО «ЕЭС России» д.т.
н., к.э.н., профессор В.К. Паули**

Хабаровск, 24 января 2007 г.

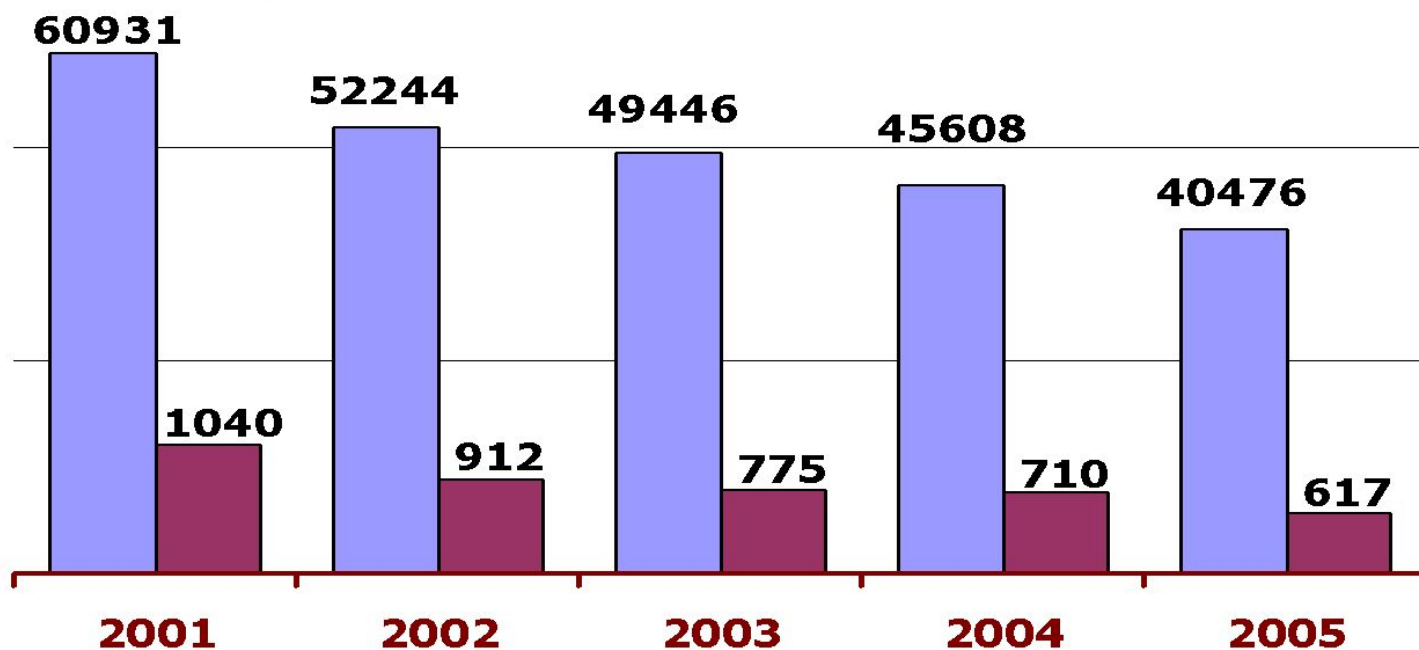


СИТУАЦИЯ-ДИСПОЗИЦИЯ ПО НАДЕЖНОСТИ И РЕТРОСПЕКТИВА

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



ОСНОВНЫЕ ПРИЧИНЫ ОТКАЗОВ В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ:

- ✓ Снижение запаса устойчивости нагрузки по напряжению,
- ✓ 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;
- ✓ Запоздывание во внедрении в распределительных сетях достижений научно-технического прогресса и наличие подавляющего числа распределительных сетей, выполненных в период интенсивной электрификации по упрощенным схемам;
- ✓ Обрывы проводов ВЛ распределительных сетей из-за увеличения тяжения при низких температурах в ОЗП;
- ✓ Массовое не выдерживание критерия N-1 (правила, заключающегося в том, что энергосистема или распределительная сеть должна работать в обычном режиме при отключении любой линии или трансформатора (автотрансформатора), входящих в ее состав), что при наступлении такого события приводит к перегрузкам и последующим отключениям.



Постановка задачи

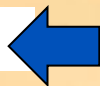
Энергокомпании в соответствии с приказом ОАО РАО «ЕЭС России» от 27.06.2006 № 462 «О реализации решений Всероссийского совещания в г.Москве 21-22 апреля 2006 г.» должны разработать программы:

1. **«Реактивная мощность».**
 2. **«Повышение надежности распределительных электрических сетей».**
- ❖ По сути обе программы взаимосвязаны и осуществлять их разработку и реализацию необходимо в их совместном виде.
 - ❖ Но критичнее все-таки проблемы реактивной мощности и связанные с ней проблемы напряжения и обеспечения важных показателей надежности электроэнергетических систем и систем электроснабжения. Так как оптимизация балансов реактивной мощности, снижение ее потоков и приведение уровней напряжения в соответствие с нормируемыми значениями, безусловно, приведут к повышению надежности и технико-экономической эффективности систем электроснабжения.



Последствия аварии 25 мая 2005 г. должны жить в нашей памяти всегда:

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. человек, большое количество предприятий, а также социально значимые объекты (по данным МЧС России)

Причины аварии

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



Причины аварии 25 мая 2005 г. мы должны помнить всегда!

Вопрос одного высокопоставленного руководителя, заданный
Председателю комиссии В.К. Паули через сутки после ликвидации ее
последствий, но в начале расследования:

ПОЧЕМУ



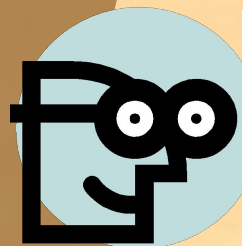
**Мегаполис,
однако!**

Теоретик

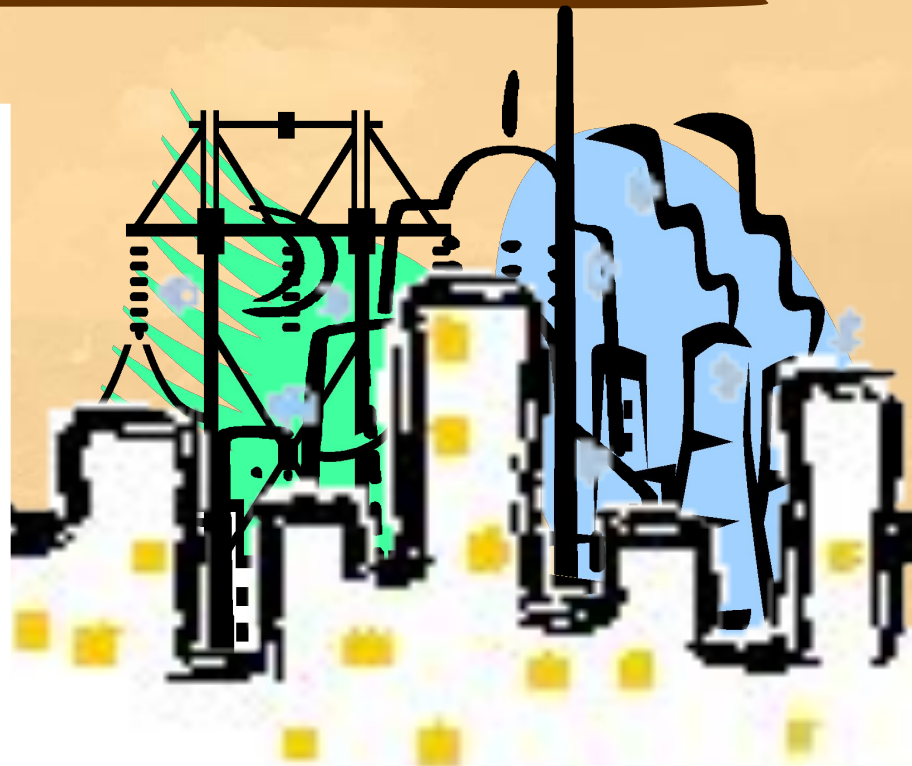




Проблемы энергосистем мегаполисов схожи



Через два месяца этот же руководитель произнес – «Комплекс причин аварии в московской энергосистеме вытекает из особенностей и рисков энергосистем мегаполисов»



Причины аварии 25 мая 2005 г. мы должны помнить всегда!

измерительных трансформаторов тока и другого оборудования ПС, приведшей к:
- выбытию из баланса трансформаторной мощности и реактивной мощности синхронных компенсаторов ПС «Чагино»;

- выбытию из баланса 640 МВт генерации на ТЭЦ-22;
- разрыву Московского кольца 500 кВ из-за отключения трех ВЛ 500 кВ.

схемно-режимных условиях и существующем составе генерирующего оборудования
ТЭС недостаток реактивной мощности, приведший к снижению напряжения в южной части Московской энергосистемы

напряжения на шинах ряда подстанций 110 и 220 кВ во время утреннего роста потребления и, как следствие, возрастание тока по ВЛ.

В результате расследования получены данные, которые указывают на то, что авария произошла в результате наложения ряда факторов, каждый в отдельности из которых не привел бы к аварии и тем более с такими масштабами

Многочисленные отключения ВЛ 110 и 220 кВ действием защит от коротких замыканий, в том числе на ДКР, при перекрытиях из-за нарушения габаритов ВЛ при перегрузке, вызвали значительное снижение напряжения в сети 110-220 кВ.

Увеличению провеса проводов способствовала высокая температура окружающего воздуха, а

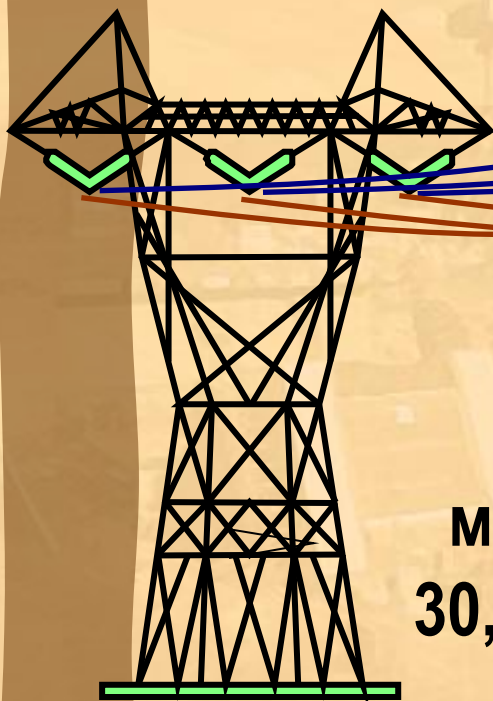
При быстром росте нагрузки во время начала рабочего дня, а затем при начавшихся отключениях ВЛ 110-220 кВ и генерирующего оборудования электростанций возможности оперативно-диспетчерского персонала по обработке и анализу больших объемов информации, поступающей в основном по средствам телефонной связи, и принятию адекватных мер по предотвращению развития аварии были исчерпаны.



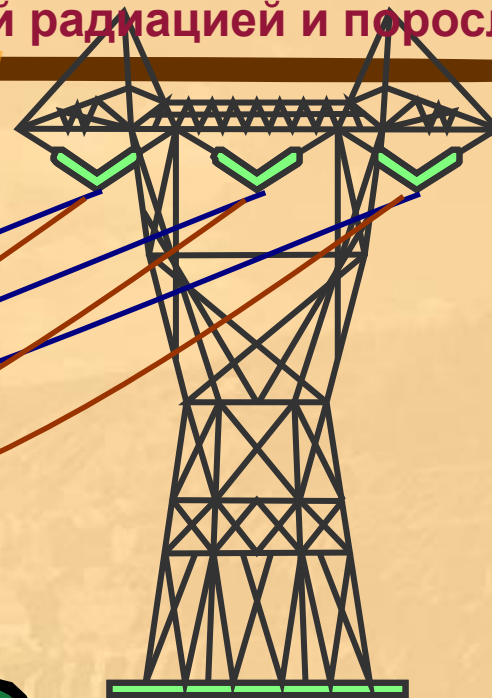
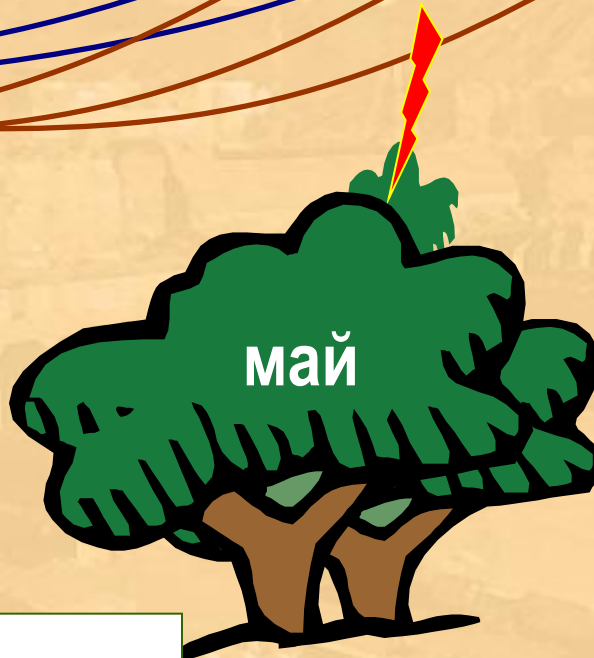
Уроки аварии 25 мая 2005 г.

Наложение - взаимосвязь возросших токовых нагрузок ВЛ с высокой температурой наружного воздуха, солнечной радиацией и порослью

апрель



май
30,6°C



Осмотр отключившихся ВЛ после аварии показал:

- ВЛ 220 кВ Очаково - Чоботы – перекрытие на дерево – в 9-23
- ВЛ 220 кВ Очаково - Лесная – перекрытие на дерево – в 10-07
- ВЛ 220 кВ Конаково - Луч – перекрытие на дерево в 11-08

**Фактическая
загрузка по Q
отключившихся
ВЛ 220 кВ:**

Очаково - Чоботы 98 МВАр
ТЭЦ-20 – Академическая 122 МВАр
Чертаново – Южная 76 МВАр
Баскаково – Гальяново 256 МВАр
Шатура – Пески 107 МВАр
Осетр – Михайлов 54 МВАр





Комиссия по расследованию причин аварии выявила и виновных и причастных,

НО

был еще один официальный документ, еще одной комиссии, который расширил список виновных (да, скорее виновных, чем причастных!) – это отчет Рабочей группы Государственной Думы Федерального собрания Российской Федерации по расследованию причин той же аварии, в котором указано:

- *«Рабочая группа обращает внимание на то, что Правительство Российской Федерации, осуществляя правовое и нормативное регулирование развития электроэнергетики, не обеспечило ряд требований энергетической безопасности - после отмены Правил пользования электрической и тепловой энергией в январе 2000 года (Приказ Министра энергетики № 2 от 10.01.2000) не приняло мер по выпуску другого нормативного документа, регламентирующего, в том числе, участие потребителей в поддержании напряжения в распределительной сети за счет установки устройств компенсации реактивной мощности, что привело к полному исключению в последние годы выполнения важной для надежности электрической сети функции потребителей».*



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

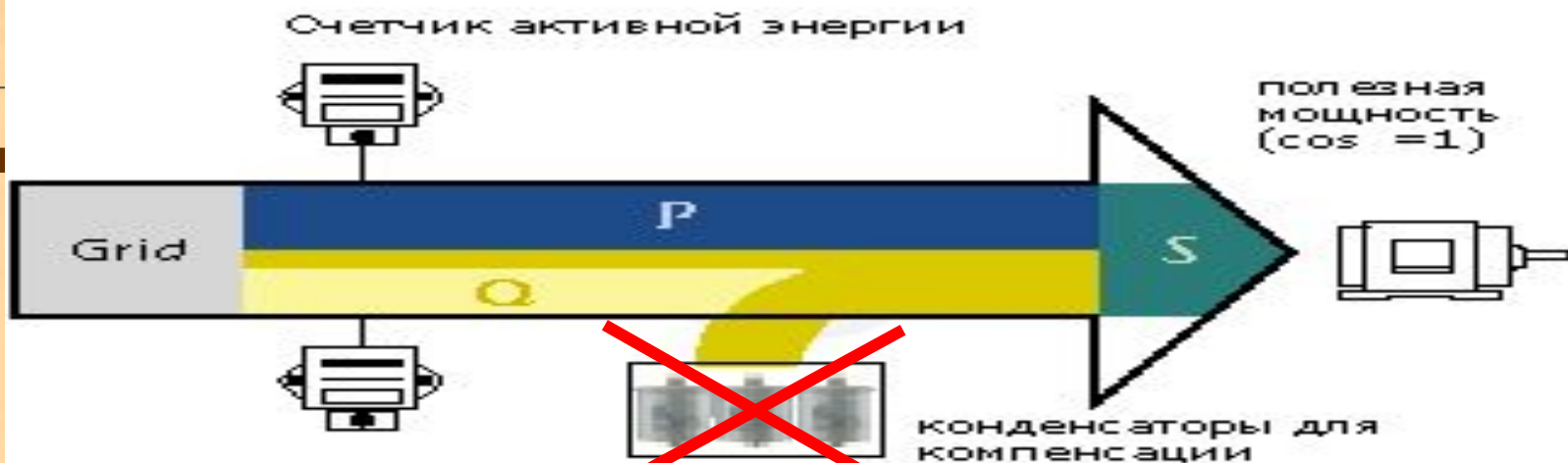
Возросли потоки реактивной мощности по системо-образующим и распределительным сетям к шинам нагрузок

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.



Стандартная коррекция коэффициента мощности



После ухода потребителей от обязанности компенсировать потребляемую реактивную мощность получен суммарный негативный результат - исключение из баланса ЕЭС России более 50 тыс. Мвар устройств компенсации реактивной мощности (БСК и СД) потребителей

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

При снижении напряжения потребитель с асинхронной нагрузкой (а она велика!) свою мощность все равно выбирает...

Уменьшается напряжение на шинах электроприемников

Происходит дополнительное увеличение тока в линиях электропередачи и дальнейшее снижение напряжения в сети



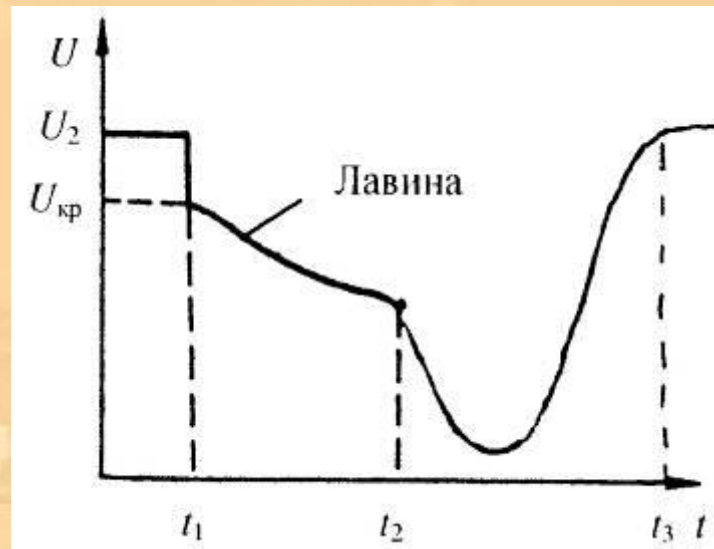
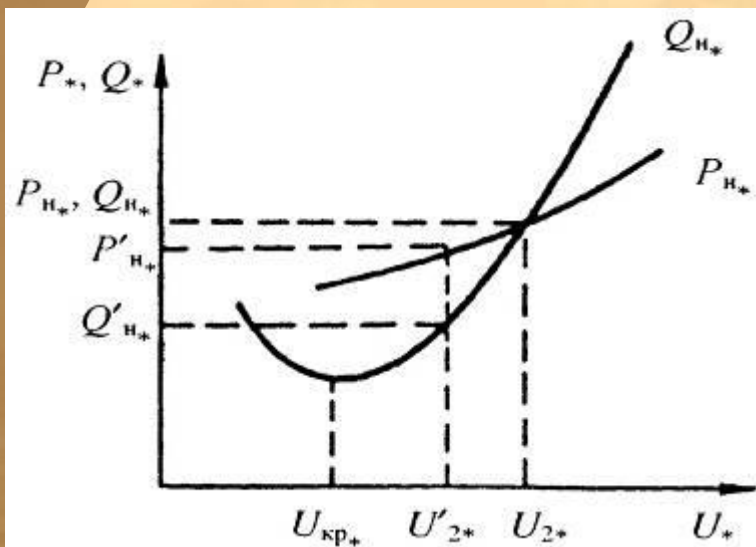
Изменение напряжения относительно номинального значения $U_{ном}$ оказывает **неблагоприятное влияние** на режимы работы, производительность и технико-экономические показатели всех элементов электрической системы.

В соответствии с ГОСТ 13109-97 в электрических сетях систем электроснабжения общего назначения нормально и предельно допустимые значения установившегося **снижения напряжения δU** 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).

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...



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 1500 МВт, на 2 % - 3000 МВт, на 3% - 4500 МВт, на 4% - 6000 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 И ПРОБЛЕМЫ...

Повышенное потребление реактивной мощности электроприемниками или пониженный коэффициент мощности

$$\operatorname{tg}\varphi = \frac{Q}{P}$$

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

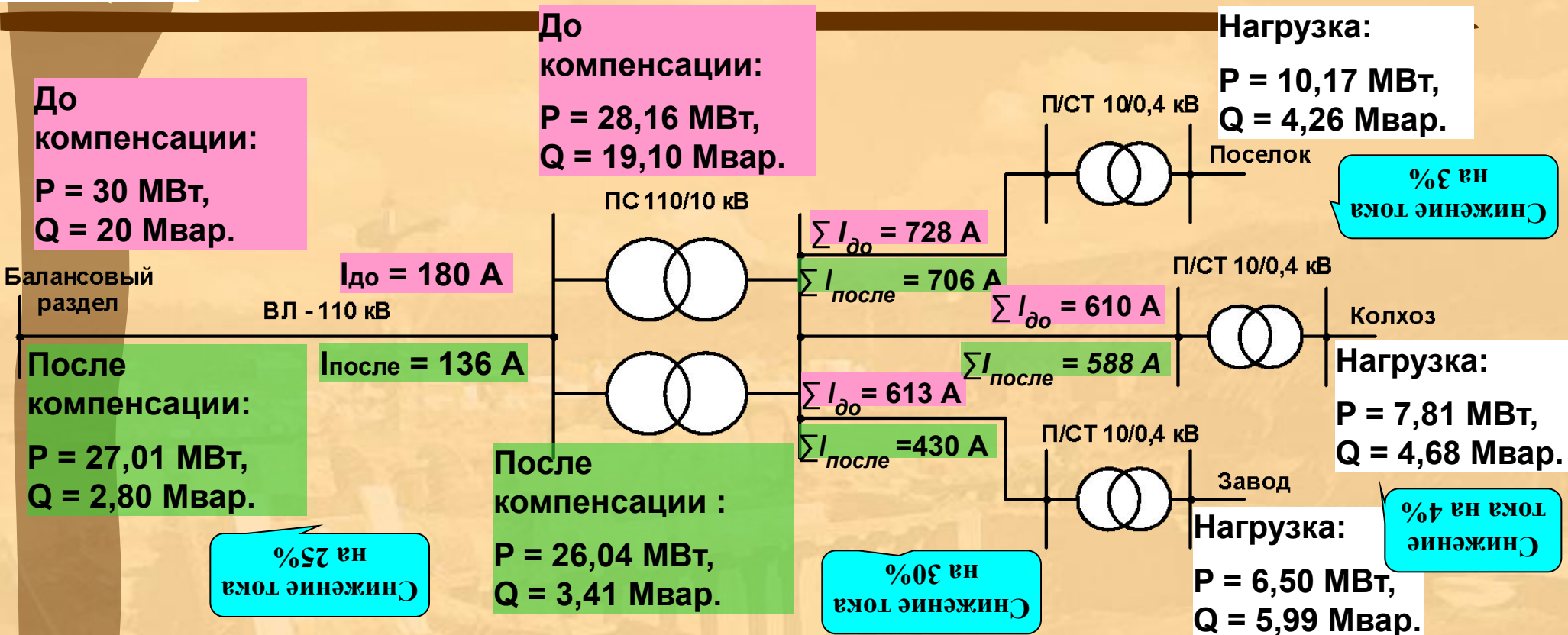
$$\Delta U = \frac{P \cdot R + Q \cdot X}{U}$$

Уменьшается напряжение на шинах электроприемников

Дополнительное увеличение тока электрической сети



Пример компенсации реактивной мощности (расчетный)



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



Пример компенсации реактивной мощности (практический)

Из доклада главного инженера ОАО «Тверьэнерго» А.В. Волгина на селекторном совещании по проблемам Q и U 2.11.2006.

- *В рамках работы Рабочей группы «Реактивная мощность - напряжение - потери - экономика и надежность электроснабжения потребителей» в ОАО «Тверьэнерго» был проведен опыт по компенсации реактивной мощности на одном из крупнейших предприятий Тверской области – ОАО «Тверской вагоностроительный завод».*
- *Суть опыта заключалась в измерении параметров электрической сети (напряжение, ток, коэффициент мощности) на отходящем присоединении РУ-6 кВ, от которого питается один из цехов предприятия. Сначала измерения проводились при отключенных устройствах КРМ, затем были последовательно включены БСК, установленные на напряжении 0,4 кВ и 6кВ.*
- *Измерения показали, что при включении БСК происходит снижение тока в сети на 30%, коэффициент мощности $\cos \varphi$ повышается с 0,82 до близкого к 1 (т.е. достигается полная компенсация реактивной мощности) что, как следствие, приводит к разгрузке электросетевого оборудования и снижению потерь электроэнергии.*
- *Также отмечен рост напряжения в центре питания.*
- *Таким образом, опыт наглядно продемонстрировал эффективность применения устройств компенсации реактивной мощности.*
- *Потребитель самостоятельно, осознанно пошел на использование устройств компенсации реактивной мощности, с целью подключения дополнительных мощностей не меняя при этом силовые трансформаторы на ГПП и в цеховых ТП, а также снижая потери электрической энергии во внутри заводских сетях, при этом поддерживая*



Пример компенсации реактивной мощности (практический)

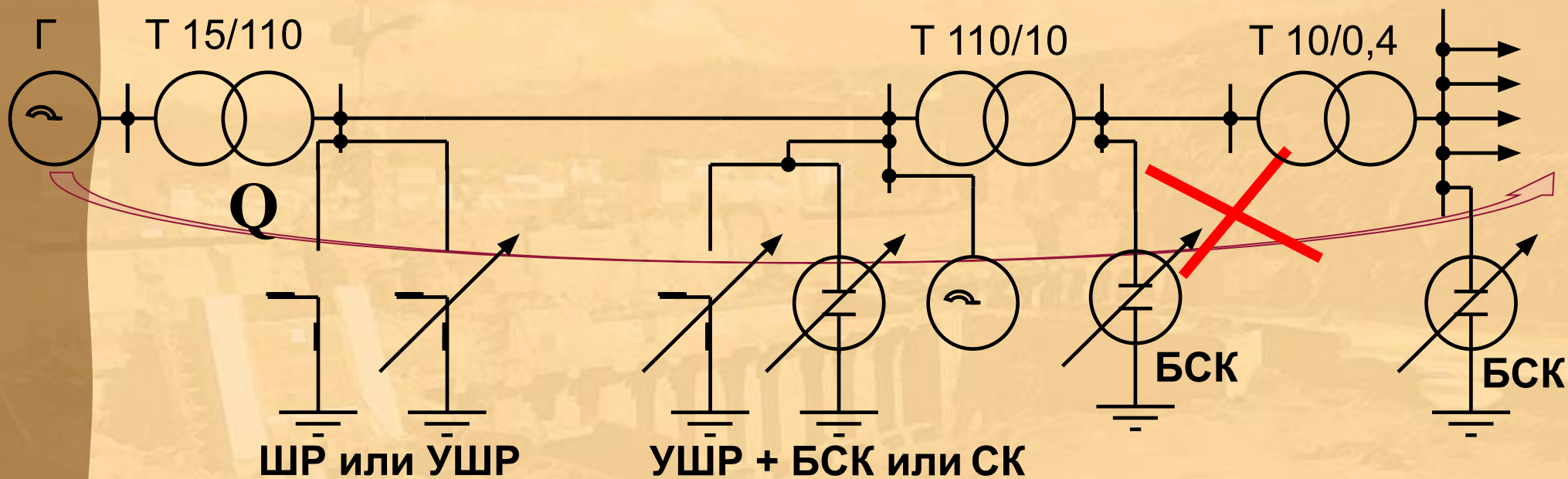
Из доклада главного инженера ОАО «Тюменьэнерго» С.Т. Андруса на селекторном совещании по проблемам Q и U 28.12.2006.

- С целью подтверждения эффективности снижения загрузки сети путём компенсации реактивной мощности на объектах потребителей специалистами ОАО «Тюменьэнерго» совместно с потребителями ООО «РН-Юганскнефтегаз» и ООО «Лукойл-Западная Сибирь» были проведены испытания:
- на ПС 110/35/6 кВ «Лунная» в Нефтеюганских ЭС при отключении БСК на объектах потребителей фид. 35 кВ ЦПС-2 tg ϕ возрастал с 0,3 до 0,7, соответственно нагрузка ВЛ-35 кВ увеличивалась на 16%;
- на ПС 110/35/6 кВ «Сарымская» в Когалымских ЭС при отключении БСК на объектах потребителей фид. 35 кВ «Дорожная» tg ϕ возрастал с 0,16 до 0,44, соответственно нагрузка ВЛ-35 кВ увеличивалась на 10%.



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

P



из
эт
ог
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
Е.И.Петряев

"СОГЛАСОВАНО"

Начальник отдела энергетики
и электрификации Госплана СССР

А.А.Троицкий
А.А.Троицкий

"СОГЛАСОВАНО"

Начальник отдела энергетики
ГЭИТ СССР

В.И.Доброхотов
В.И.Доброхотов
8.05.87г

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	1,0 квар на кВт
в том числе:		
Минэнерго СССР	- 0,2 кВАр на кВт	0,33 квар на кВт
других министерств (ведомств) в целом	- 0,4 кВАр на кВт	0,666 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.Варнаровский
Б.П.Варнаровский

В недавнем историческом прошлом необходимая и достаточная по техническим соображениям компенсация реактивной мощности в электрических сетях составляла 0,6 квар на 1 кВт суммарной активной нагрузки, а реальные значения коэффициентов мощности составляли tg φ на шинах 6-10 составляли 0,4 .

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

1. Исходное состояние: напряжение на ПС 110 кВ «Галицыно» и «Кубинка» $U=98,5$ кВ и $U=99,6$ кВ
 2. Начало событий: отключается не связанная напрямую с данными подстанциями двухцепная ВЛ
 3. На ПС «Галицыно» снижение U до $95,7$ кВ, на ПС «Кубинка» остается на прежнем уровне $U=99,6$
 4. По команде диспетчера РДУ разделение с Можайскими электрическими сетями отключением от
 5. Действием ДФЗ отключается ВЛ 110 кВ Галицыно-Полет (разрывается 2-я цепь транзита между
 6. На ПС 110 кВ «Галицыно» и «Кубинка» происходит снижение напряжения до $U=94,1$ кВ и $U=98,5$ кВ соответственно
 7. Действием ДФЗ отключается двухцепной транзит между ПС 110 кВ «Кубинка» и «Кедрово» -
 8. На ПС 110 кВ «Галицыно» и «Кубинка» происходит снижение напряжения до $U=88,9$ кВ и $U=97,3$
 9. Действием ДФЗ отключается ВЛ 110 кВ Вязёмы-Дарьино – рвется 1-я цепь двухцепного
 10. На ПС 110 кВ «Галицыно» и «Кубинка» происходит снижение напряжения до $U=88,6$ кВ и $U=91,8$ кВ соответственно
 11. Выполнена команда диспетчера РДУ по отключению от ПС 110 кВ Кубинка ВЛ 110 кВ
 12. На ПС 110 кВ «Галицыно» и «Кубинка» происходит снижение напряжения до $U=73,2$ кВ и
 13. Рвется двухцепной транзит между ПС 110 кВ «Кубинка» и «Манихино» отключением от ДФЗ ВЛ 110 кВ Кубинка-Манихино при $I=1150$ А (допустимый 580А) и Кубинка - Ивановская при $I=980$ А (допустимый 580А) – на обеих линиях позднее обнаружен перегоревший провод.
- Полное погашение ПС 110 кВ «Кубинка», «Галицыно» – в результате отключено 24 ВЛ 110 кВ, 4 ВЛ 35 кВ, 23 ПС 110 и 35 кВ и потребители общей мощностью 218 МВт.





Выводы по результатам расследования указанного технологического нарушения.

- а) Все началось с дерева, спиленного сторонними лицами, которых в последствии выявили.
- б) Отключение линий приводило к росту тока по оставшимся в работе ВЛ и их аварийному отключению действием ДФЗ из-за перекрытий и из-за перегорога проводов и шлейфов с последующим коротким замыканием на землю.
- в) Команду диспетчеров Московского РДУ по вводу аварийно графиков временного отключения реализовать не успели из-за быстрого развития инцидента.
- г) На ПС 110 кВ «Галицино», «Кубинка» и ряде др., где происходило снижение напряжения был дежурный персонал, однако активных мер по нормализации ситуации не мог предпринять в силу отсутствия в инструкциях конкретных указаний и недостатка времени для анализа.
- д) На подстанциях данного энергорайона полностью отсутствует автоматика ограничения снижения напряжения – АОСН.
- ж) Исходные уровни напряжения пониженные.



Системные решения по результатам расследования указанного технологического нарушения.

- а) Необходимо проанализировать «Инструкции по применению графиков отключения потребителей при локальных технологических нарушениях (местных авариях)», обратив особое внимание на действия персонала при перегрузе линий и снижения напряжения на шинах подстанций. Внести изменения в эти инструкции, предоставив право оперативному персоналу самостоятельно применять графики разгрузки с учетом местных условий.
- б) Проанализировав развитие инцидента, мы приходим к выводу, что в регионах с высоким насыщением нагрузок необходимо вводить средства противоаварийной автоматики, чтобы исключить человеческий фактор. В 2007 году планируется установка устройств АОСН и АРО на ПС Западных сетей Немчиновка и Передельцы, Октябрьских ЭС – Тушино и Эра на сумму 500 млн. рублей
- в) Требуется установка сигнализации ненормальных режимов на ПС (отклонения напряжения на шинах, и токов нагрузки на линиях) с громким аварийным оповещением.
- г) Установка регулируемых источников реактивной мощности. В МОЭСК планируется на эти работы 500 млн. рублей в 2007 году. ОАО «МОЭСК» планирует установить ИРМ (СТК – статические тиристорные компенсаторы с автоматическим регулированием) на следующих подстанциях: ПС: Луговая, Кр.Горки, Н.Братцево, Пушкино, Егорьевск, Бронницы, Омега, Алабушево, Лебедево.
- д) Перевод узловых подстанций на напряжения более высокого класса. В районе, где произошли массовые отключения, в МОЭСК планируется перевод ПС Встреча (включение в декабре 2006 года) и Слобода (декабрь 2007 года) на напряжение 220 кВ. Ввод их в работу исключит возможность таких массовых отключений.



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 150 и более кВт должны быть предъявлены требования по выдерживанию $\text{tg } \varphi$ нагрузки не выше 0,35-0,5 (в зависимости от напряжения) за счет установки собственных средств компенсации реактивной мощности.

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



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!».



Наши нормативные документы и требования

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 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.**



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.



РД 34.20.112 «Указания по выбору средств регулирования напряжения и компенсации реактивной мощности при проектировании сельскохозяйственных объектов и электрических сетей сельскохозяйственного назначения» (СО 153-34.20.112, включен в прил. 1 к приказу РАО «ЕЭС России» от 14.08.2003 №422):

- **Глава 1.3. При проектировании сельскохозяйственных объектов мощность БК должна выбираться по условию обеспечения коэффициента мощности у потребителей не менее 0,95 в часы максимума реактивной нагрузки, или соотношение потребляемой из сети реактивной и активной мощностей не должно превышать 0,33 квар/кВт.**
- **Глава 1.5. БК рекомендуются, как правило, комплектные и отключаемые. Регулирование мощности БК производится по условию минимума потерь электроэнергии при ограничении максимального уровня напряжения.**
- **Глава 1.6. Параметры электрических сетей должны быть проверены на соответствие нормированным отклонениям напряжения у электроприемников.**
(Отклонение напряжения от номинального нормируется ГОСТ 13109-97 «Электрическая энергия. Нормы качества электрической энергии у ее приемников, присоединенных к электрическим сетям общего назначения»).
- **Глава 2.3. (Учет компенсации реактивной мощности и регулирования напряжения при составлении схем развития электрических сетей 10 кВ РЭС).**
 - **2.3.3. Если коэффициент мощности на шинах 0,38 кВ подстанций 10/0,38 кВ в максимум нагрузки меньше 0,95, то следует предусмотреть установку БК 0,38 кВ у потребителей.**



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.



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 в 2006 году реализованы проекты по устранению дефицита реактивной мощности в отдельных наиболее проблемных ПО **НАПРЯЖЕНИЮ** энергоузлах за счет установки секционированных (2x50 Мвар) БСК (*ПС Кубинка, Можайск, Слобода, Грибово*) общей мощностью 300 Мвар.

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 Q и U стала одной из приоритетных задач Холдинга РАО «ЕЭС России»

- Председателем Правления РАО «ЕЭС России» А.Б. Чубайсом 11 декабря 2006 г. подписан приказ № 893 «О повышении устойчивости и технико-экономической эффективности распределительных электрических сетей и систем электроснабжения потребителей за счет управления потоками реактивной мощности и нормализации уровней напряжения».
- Необходимо немедленно приступить к его исполнению.
- Данный приказ подготовлен мной, также как и приказ от 25.10.2005 № 703, с которого мы с Вами начали процесс нормализации напряжения в распределительных электрических сетях. И контроль за его исполнением возложен на меня же.



«Реактивная мощность» и новые 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) разработан и представлен на утверждение в Минпромэнерго России (письмо от 27.12.2006 № АЧ-3991):

«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)».

В данный документ внесено требование:

- а) об обязательном выдерживании потребителями *нормативно устанавливаемых предельных значений коэффициентов реактивной мощности - $\text{tg } \varphi$* ;**
- б) о порядке установления *экономических значений коэффициентов реактивной мощности - $\text{tg } \varphi$* для потребителей, привлекаемых к регулированию напряжения и реактивной мощности на экономической основе за счет введения повышающих и понижающих коэффициентов к оплате за услуги по передаче электрической энергии.**



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 ниже;
 - 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.



«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)».

ПРЕДУСМАТРИВАЕТ:

«Оказание услуг по передаче электрической энергии (договорах электроснабжения)».

Предельные значения коэффициента реактивной мощности потребителей, подключенных к шинам подстанций и распределительных устройств электростанций:

Точки присоединения	tg φ
на шинах напряжением 110 кВ (150 кВ)	0,5
на шинах 35 кВ (60 кВ)	0,4
на шинах напряжением 6 – 20 кВ	0,4
на шинах напряжением 0,4 кВ	0,35

Предстоит после утверждения указанного «Порядка ...» разработать и утвердить в ФСТ России методику по установлению повышающих и понижающих коэффициентов к оплате потребителем услуги по передаче электрической энергии, в том числе в составе конечного тарифа (цены) на электрическую энергию, поставляемую ему по договору энергоснабжения.



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

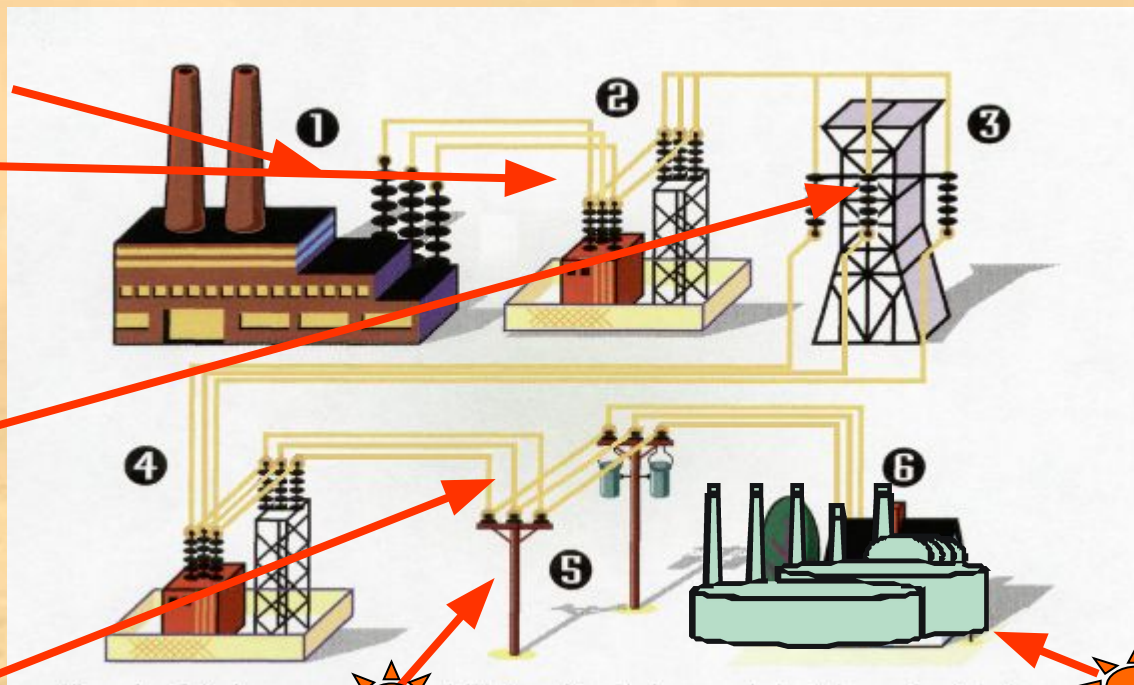
Генерируемая генераторами реактивная мощность передается в высоковольтные электрические сети.



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



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!



Специальные программы *«Повышение надежности распределительных электрических сетей»* должны также предусматривать:

- ✓ Использование преимущественно защищенных проводов в сетях 110 кВ и самонесущих изолированных проводов в сетях 35 кВ и ниже при реконструкции и новом строительстве распределительных сетей;
- ✓ Использование повышенных опор ЛЭП;
- ✓ Проведение целевого обследования ЛЭП со сроком службы 40 лет и более с целью выявления участков с низкой надежностью и принятия мер по проведению реконструкции в приоритетном порядке;
- ✓ Выполнение проектов при реконструкции и новом строительстве электрических сетей на основе реальных температурных и гололедо-ветровых условий;
- ✓ Применение с целью повышения надежности электроснабжения потребителей секционирования распределительных сетей с использованием выключателей вместо разъединителей при реконструкции и новом строительстве, в первую очередь в регионах с тяжелыми климатическими условиями;
- ✓ Использование в сетях 6-10 кВ реклоузеров, позволяющих широко и эффективно использовать локальную автоматику, снижающую последствия аварийных отключений;
- ✓ Переход от масляных выключателей на элегазовые и вакуумные;
- ✓ Принятие мер по обеспечению запаса статической устойчивости нагрузки по напряжению;
- ✓ Автоматизация и телемеханизация подстанций и в первую очередь тех, на которых отсутствует постоянный дежурный персонал, но которые являются наиболее ответственными в системе электроснабжения потребителей.



использование самонесущих изолированных проводов в сетях 35 кВ и ниже для повышения надежности распределительных электрических сетей относится к эффективной и быстроокупаемой инновации

Использование СИП:

- **значительно повышает надежность распределительных электрических сетей – обеспечивает работу сетей даже при схлестывании проводов или падении на них деревьев;**
- **снижает реальные эксплуатационные расходы до 80%;**
- **на самонесущих изолированных проводах не происходит гололедообразование;**
- **уменьшается ширина просек;**
- **исключает возможность самоподключения «набросом» и потому снижается неоплачиваемый «отпуск» электроэнергии – снижаются потери;**
- **исключает электротравматизм и гибель посторонних лиц при случайном или преднамеренном прикосновении к проводу;**
- **снижает возможность воровства проводов с действующих ВЛ из-за невозможности вызвать отключение линии путем КЗ при набросе.**

❖ **Глубоким заблуждением менеджмента электросетевых компаний является мнение о том, что использование самонесущих изолированных проводов относится к дорогостоящей инновации. Это уже не так – рынок насыщается и происходит снижение цен.**



Приоритетные направления в программах «Повышение надежности распределительных электрических сетей»

- использование в сетях 6-10 кВ реклоузеров, позволяющих широко и эффективно использовать локальную автоматику, снижающую последствия аварийных отключений

✓ Реклоузер – это пункт автоматического секционирования и АВР воздушных и воздушно-кабельных распределительных сетей столбового исполнения:

а) включает в себя и объединяет в одном комплекте:

- вакуумный выключатель;
- систему первичных преобразователей тока и напряжения;
- автономную систему оперативного питания;
- микропроцессорную систему релейной защиты и автоматики;
- систему портов для подключения устройств телемеханики; комплекс программного обеспечения

б) выполняет следующие функции:

- ✓ автоматическое отключение поврежденных участков;
- ✓ автоматическое повторное включение;
- ✓ автоматический ввод резервного питания;
- ✓ местную и дистанционную реконфигурацию сети;
- ✓ самодиагностику;
- ✓ измерение параметров режимов работы сети;
- ✓ ведение журналов событий в линии;
- ✓ дистанционное управление.



ПРИМЕР ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИННОВАЦИОННЫХ РЕШЕНИЙ - ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В СЕТЯХ 6-10 кВ РЕКЛОУЗЕРОВ

ПОЗВОЛИТ:

- значительно повысить надежность электроснабжения потребителей и электроприемников;
- автоматизировать процессы поиска и локализации повреждений на линии;
- уменьшить затраты на обслуживание электрической сети;
- оптимизировать работу диспетчерского и оперативного персонала;
- повысить технический уровень эксплуатации электрических сетей;
- создать управляемые и автоматизированные распределительные сети нового поколения.



Первые РЕКЛОУЗЕРЫ уже внедрены в распределительных электрических сетях ОАО «Астраханьэнерго», «Белгородэнерго», «Волгоградэнерго», «Вологдаэнерго», «Ивэнерго», «Курскэнерго», «Карелэнерго», ОАО «Кубаньэнерго», «Липецкэнерго», «МОЭСК», «Самараэнерго», «Смоленскэнерго», «Ставропольэнерго», «Тверьэнерго», «Тулэнерго», «Тюменьэнерго», «Чувашэнерго», «Якутскэнерго»!



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!*