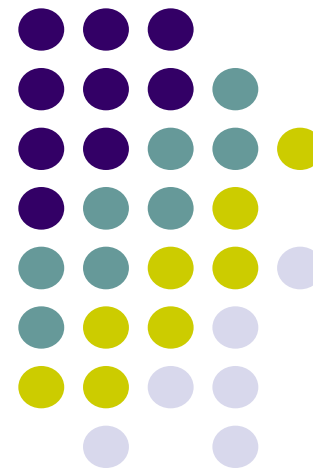


## *Реактивная мощность.*

*Экономическая эффективность установки  
Источников Реактивной Мощности (ИРМ) в  
электрических сетях РСК и Потребителей*

г.Нижний Новгород  
февраль 2008 г.





## Межрегиональная распределительная сетевая компания Центра и Приволжья!

*Открытое акционерное общество «Межрегиональная распределительная сетевая компания Центра и Приволжья» зарегистрировано в Нижнем Новгороде 28 июня 2007 года и является дочерним обществом ОАО РАО «ЕЭС России».*

*Создание ОАО «МРСК Центра и Приволжья» является неотъемлемой частью утвержденного плана реформирования российской электроэнергетики. Основная цель регистрации новой МРСК - создание операционной компании, занимающейся непосредственно производственной деятельностью.*

*В конфигурацию компании входят 9 распределительных сетевых компаний: ОАО «Владимирэнерго», ОАО «Ивэнерго», ОАО «Калугаэнерго», ОАО «Кировэнерго», ОАО «Мариэнерго», ОАО «Нижегородэнерго», ОАО «Рязаньэнерго», ОАО «Тулэнерго», ОАО «Удмуртэнерго».*

*Общая протяженность ЛЭП (с учетом кабельных линий) составляет 266 тыс. км.*

*Количество ТП 6-35/0,4 кВ - 58 677 единиц*

*Количество РП 6-10 кВ - 501 единица*

*Количество ПС 35 кВ и выше - 1539 единиц*

*Установленная трансформаторная мощность ПС 35 кВ и выше - 27,4 тыс. МВА*

## Проблема: отсутствие компенсации реактивной мощности!

**Отсутствие заинтересованности в компенсации потребляемой реактивной мощности со стороны потребителей (отмена Правил пользования электрической и тепловой энергией), а также долговременный спад электропотребления и отсутствие необходимости в использовании источников реактивной мощности энергосистемами привели к исключению части источников реактивной мощности из общего баланса выработки электроэнергии.**

**В настоящее время, темпы роста производства и развития инфраструктуры городов, способствующие резкому увеличению энергопотребления, привели к значительным технологическим проблемам:**

- к возрастанию потоков реактивной мощности в ЛЭП всех классов напряжения, в том числе в электрических сетях потребителей;
- к возникновению дефицита реактивной мощности в узлах нагрузки и, как следствие, к снижению напряжения на шинах нагрузок и подстанций и снижению запаса статической устойчивости нагрузки по напряжению;
- к увеличению до предельно допустимых значений загрузки ЛЭП и подстанций токами полной нагрузки и ограничению их пропускной способности по активной мощности из-за необоснованной загрузки реактивной мощностью;
- к существенному росту потерь активной мощности в электрических сетях и системах электроснабжения потребителей и значительному ухудшению технико-экономических показателей работы;

## Проблема: отсутствие участия потребителей в регулировании режима по реактивной мощности!

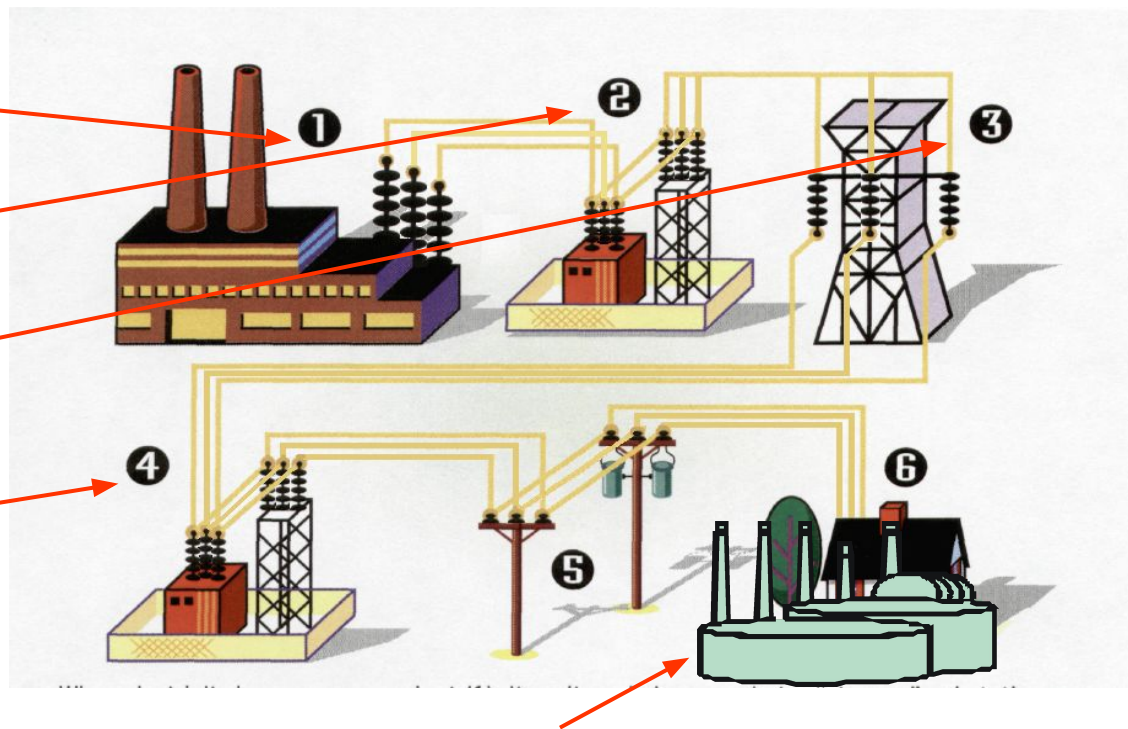
**Снижение степени участия потребителей в регулировании режима работы энергосистемы по реактивной мощности привело к искусственно вызванному дефициту активной мощности в ряде узлов и в целых регионах, что, в свою очередь приводит к невозможности осуществлять присоединение новых потребителей или обеспечивать прирост потребления наращивающими свои производственные мощности потребителями, так как происходит дополнительная необоснованная загрузка электрооборудования Распределительных сетевых компаний и ОАО «ФСК ЕЭС» реактивной мощностью, поставляемой потребителям от генераторов электростанций или из сети 220-500 кВ.**

## Потоки реактивной мощности в энергосистеме

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.



Нехватку реактивной мощности потребитель должен компенсировать собственными источниками реактивной мощности. Это выгодно всем: потребителям, электросетевым компаниям, ЕНЭС России и экономике России!

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

**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**

**Необходимость увеличения сечения проводов - удорожание**

$$S = \frac{\rho I P^2}{\Delta P U^2 \cos^2 \varphi}$$

**Увеличиваются потери активной мощности**

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

**Перерасходуется электроэнергия на транспорт**

**Необходимость прокладки новых ЛЭП-удорожание**

**Увеличиваются потери напряжения**

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

**Снижается напряжение на шинах электроприемников**

**Дополнительное увеличение тока в электрической сети, которое приводит к еще большим потерям напряжения**

## **Нехватка реактивной мощности – пониженное напряжение!**

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

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

**Как показывает практика, это условие не выдерживается из-за пониженного уровня напряжения в установившихся режимах работы сети из-за перетоков реактивной мощности.**

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

**Глубокие провалы напряжения при КЗ в прилегающей сети – следствие нехватки реактивной мощности в энергоузле.**

## Нормативная база!

*Ряд первоочередных задач по возобновлению работы, направленной на управление потоками реактивной мощности в распределительной электрической сети и нормализацию уровней напряжения, был определен Постановлениями Правительства Российской Федерации, Минпромэнерго Российской Федерации и рядом Приказов ОАО РАО «ЕЭС России», в том числе:*

- ❖ *Постановление Правительства РФ от 31.08.2006 № 530 «Об утверждении правил розничного рынка электроэнергии и мощности и порядка ограничения потребителей»;*
- ❖ *Постановление Правительства РФ от 21.03.2007 г. №168 в части утверждения новой редакции Правил недискриминационного доступа к услугам по передаче электрической энергии и оказания этих услуг, (утв. постановлением Правительства РФ от 27.12.04 г. №861);*
- ❖ *Приказ Минпромэнерго РФ от 22.02.2007 г. №49 «О порядке расчета значений соотношения потребления активной и реактивной мощности для отдельных энергопринимающих устройств (групп энергопринимающих устройств) потребителей электрической энергии, применяемых для определения обязательств сторон в договорах об оказании услуг по передаче электрической энергии (договорах энергоснабжения)»*
- ❖ *«Порядок расчета значений соотношения потребления активной и реактивной мощности для отдельных энергопринимающих устройств (групп энергопринимающих устройств) потребителей электрической энергии, применяемых для определения обязательств сторон в договорах об оказании услуг по передаче электрической энергии (договорах энергоснабжения)», утвержденный приказом Минпромэнерго РФ от 22.02.2007 г. №49*



## Нормативная база!

Приложение к «Порядку расчета значений соотношения потребления активной и реактивной мощности для отдельных энергопринимающих устройств (групп энергопринимающих устройств) потребителей электрической энергии, применяемых для определения обязательств сторон в договорах об оказании услуг по передаче электрической энергии (договорах энергоснабжения)», утвержденный приказом Минпромэнерго РФ от 22.02.2007 г. №49 устанавливает предельные значения коэффициентов реактивной мощности  $\text{tg}\varphi$  (отношение потребляемой реактивной мощности к активной  $\text{tg}\varphi = Q/P$ ) по каждому уровню напряжения для потребителей с присоединенной мощностью 150 кВ и выше.

Положение точки присоединения потребителя к электрической сети	$\text{tg}\varphi$
напряжением 110 кВ (154 кВ)	0,5
напряжением 35 кВ (60 кВ)	0,4
напряжением 6-20 кВ	0,4
напряжением 0,4 кВ	0,35

Контроль за потреблением реактивной мощности и создание действенного механизма применения штрафных санкций при нарушении предельных значений потребления реактивной мощности, в соответствии с приказом Министерства промышленности и энергетики РФ от 22 февраля 2007 года № 49, достаточно точно определен в Правилах недискриминационного доступа к услугам по передаче электрической энергии и оказания этих услуг.

После утверждения ФСТ РФ методических указаний по расчету повышающих коэффициентов к тарифу на услуги по передаче электрической энергии за превышение установленных договором значений соотношения потребления активной и реактивной мощности будет создан механизм, в результате действия которого потребители электрической энергии могут на много увеличить сумму счетов по оплате электроэнергии из-за высокого потребления реактивной мощности.

## Направление!

### **Основные направления работы по компенсации реактивной мощности в зоне ответственности ОАО «МРСК Центра и Приволжья»:**

- ✓ **Снижение потоков реактивной мощности в линиях и трансформаторах 35-220 кВ за счет установки устройств компенсации реактивной мощности на собственных подстанциях;**
- ✓ **Активная деятельность МРСК направленная на осуществление контроля за потреблением реактивной мощности и создание действенного механизма применения штрафных санкций при нарушении предельных значений потребления реактивной мощности, в соответствии с приказом Министерства промышленности и энергетики Российской Федерации от 22 февраля 2007 года № 49**
- ✓ **Проведение целенаправленной работы с потребителями, направленной на компенсацию потребления реактивной мощности непосредственно в узлах нагрузок потребителей за счет включения в работу существующих и установки новых устройств компенсации реактивной мощности на уровне ГПП, потребительских ПС, ТП 6-10/0,4 кВ;**

## Работа распределительных сетевых компаний

**В сетевых компаниях зоны ответственности ОАО «МРСК Центра и Приволжья», разработаны целевые программы управления реактивной мощностью на период до 2012 года, в рамках которых еще в 2006 году стартовал базовый проект «Реактивная мощность – потери – экономика – надежность электроснабжения».**

Анализ потокораспределения активной и реактивной мощностей Нижегородской энергосистемы, выявил, что  $\text{tg}\varphi$  потребления по системе составил 0,62. Для приведения коэффициента мощности к 0,4 дополнительно к имеющимся, потребуется ввод в работу источников реактивной мощности в объеме 680 Мвар.

Проблемными энергоузлами, в части высокого потреблением реактивной мощности ( $\text{tg}\varphi = 0.6-0.8$ ) являются территории области, в которых сосредоточены крупные промышленные предприятия металлообработки и литейные комбинаты:

- ✓ это в первую очередь – Заречная часть Н.Новгорода, где размещены крупные промышленные предприятия (Теплообменник, Станкозавод, Машиностроительный з-д, Красное Сормово, Авиационный з-д Сокол, Металлургический з-д)
- ✓ Павловский узел нагрузок – Павловский автобусный завод, заводы металлообработки и литейные;
- ✓ Балахнинский узел нагрузок – Целлюлозно-бумажный комбинат, Заволжский моторный завод.

## Работа распределительных сетевых компаний

*В соответствии с работой института «Энергосетьпроект» г.Москва «Разработка схемы перспективного развития электрических сетей 35-500 кВ Нижегородской области на 2007-2015 гг.» – для обеспечения нормированных уровней напряжения в сети энергосистемы необходима установка дополнительных источников реактивной мощности в размере около **325 Мвар.***

*Установка источников реактивной мощности предлагается:  
на шинах 110 кВ:*

*ПС Урень – установленная мощность 52 Мвар (2010г.)*

*ПС Лысково – установленная мощность 52 Мвар (2012г.)*

*ПС Быструха – установленная мощность 52 Мвар (2015г.)*

*ПС Майдан – установленная мощность 52 Мвар (2015г.)*

*ПС Борская – установленная мощность 52 Мвар (2015г.)*

*на шинах 6,3-10,5 кВ :*

*ПС Свердловская – КРМ (УКЛ 56) – 4х7,6 Мвар. (2007-2008гг.)*

*ПС Кулебаки – КРМ (УКЛ 56) – 2х9,4 Мвар. (2007-2008гг.)*

*ПС Павлово – КРМ (УКЛ 56) – 2х6,3 Мвар. (2007-2008гг.)*

*Программа мероприятий по управлению реактивной мощностью ОАО "Нижновэнерго" на 2007-2011 г.г., скорректированная по итогам замеров 1 ноября 2007 г., предусматривает установку ИРМ на 13 подстанциях и РП*

## Компенсация реактивной мощности в сетях Потребителя

Наиболее действенным и эффективным способом снижения потребляемой из сети реактивной мощности является применение установок компенсации реактивной мощности (конденсаторных установок БСК). Наглядно это представлено на рисунках:



Стандартная коррекция коэффициента мощности



В общем случае, при установке БСК на шинах подстанций Потребителя, снижение суммарных затрат на оплату электроэнергии зависит от уровня компенсации реактивной мощности и величины тарифа. Эффективность компенсации реактивной мощности существенно повышается с ростом тарифов на электроэнергию и увеличением сменности работы оборудования.

## Решение: Установка конденсаторных установок!

**Использование конденсаторных установок для компенсации реактивной мощности – один из наиболее простых и эффективных способов энергосбережения в распределительных сетях.**

### **Преимущества :**

- ✓ **малые удельные потери активной мощности;**
- ✓ **отсутствие вращающихся частей;**
- ✓ **простой монтаж и эксплуатация;**
- ✓ **относительно невысокие капиталовложения;**
- ✓ **возможность подбора практически любой необходимой номинальной мощности БСК и регулирование компенсации;**
- ✓ **возможность установки и подключения в любой точке сети;**
- ✓ **отсутствие шума во время работы;**
- ✓ **небольшие эксплуатационные затраты;**

## Эффективность – снижение потерь электроэнергии!

При выборе конденсаторной установки требуемая мощность конденсаторов может определяться как

$$Q_c = P \cdot (tg\varphi_1 - tg\varphi_2),$$

где  $tg\varphi_1$  – коэффициент мощности потребителя до установки компенсирующих устройств;  
 $tg\varphi_2$  – коэффициент мощности после установки компенсирующих устройств.

$$P \approx E_w/T$$

где  $E_w$  – показания счетчика активной энергии, кВт•ч;

$E_q$  – показатель счетчика реактивной энергии, кВАр•ч;

$T$  – период снятия показаний счетчиков электроэнергии, ч.

$$\cos\varphi_1 = \frac{1}{\sqrt{(E_q/E_w)^2 + 1}}$$

$$tg\varphi_1 = \frac{\sqrt{1 - \cos^2\varphi_1}}{\cos\varphi_1}$$

Технико-экономический эффект, ожидаемый в результате применения конденсаторных установок, представлен в таблице

$\cos\varphi_1$ , без компенсации	$\cos\varphi_2$ с компенсацией	Снижение величины тока и полной мощности, %	Снижение величины потерь электроэнергии, %
0,5	0,9	44	69
0,5	1	50	75
0,6	0,9	33	55
0,6	1	40	64
0,7	0,9	22	39
0,7	1	30	51
0,8	1	20	36

## Конденсаторные установки 0.4 и 6-10 кВ!

### **Конденсаторные установки низкого напряжения регулируемые**

**Назначение:** для повышения коэффициента мощности электрооборудования промышленных предприятий и распределительных сетей на напряжение 0,4 кВ частоты 50 Гц путем автоматического регулирования реактивной мощности.



### **Конденсаторные установки высокого напряжения регулируемые**

**Назначение:** для повышения коэффициента мощности электрооборудования промышленных предприятий и распределительных сетей на напряжение 6-10 кВ частоты 50 Гц путем автоматического регулирования реактивной мощности.





## Выводы!

**Работа по улучшению показателей технико-экономической эффективности систем электроснабжения потребителей на основе управления потоками реактивной мощности и ее компенсации на месте потребления ВОЗМОЖНА И НЕОБХОДИМА!**

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

## **Вам это необходимо!**

- **снижение потерь электрической энергии;**
  - **надежное и бесперебойное электроснабжение;**
  - **обеспечение нормированных уровней напряжения;**
  - **повышение пропускной способности сети предприятия;**
  - **снижение затрат на оплату потребляемой электрической энергии;**
  - **возможность расширения производства и увеличения присоединяемой мощности;**
- наиболее рациональный способ - компенсация потребляемой реактивной мощности предприятием путем установки новых и включения существующих источников реактивной мощности.**

**ОАО «МРСК Центра и Приволжья» со своей стороны готово оказать всестороннюю методическую и техническую поддержку в решении данного вопроса.**