



**Филиал ОАО «СО - ЦДУ ЕЭС»  
«Региональное диспетчерское управление  
энергосистемы Свердловской области»  
(«Свердловское РДУ»)**

**Доклад**

**Необходимость комплексной  
оценки реактивной мощности  
(с использованием материалов ОАО «НИИЭТ»)**

**28.02.2007 г.**

- Допустимые отклонения напряжения не должны с одной стороны приводить к повреждению изоляции высоковольтного оборудования, с другой стороны должны обеспечивать нормальную работу электроприемников.
- Уровни напряжения в различных точках электрической сети определяют распределение реактивной мощности в сети, перетоки которой создают дополнительные потери активной мощности.
- Уровни напряжения определяют надежность, качество и экономичность режима электроэнергетической системы в целом.

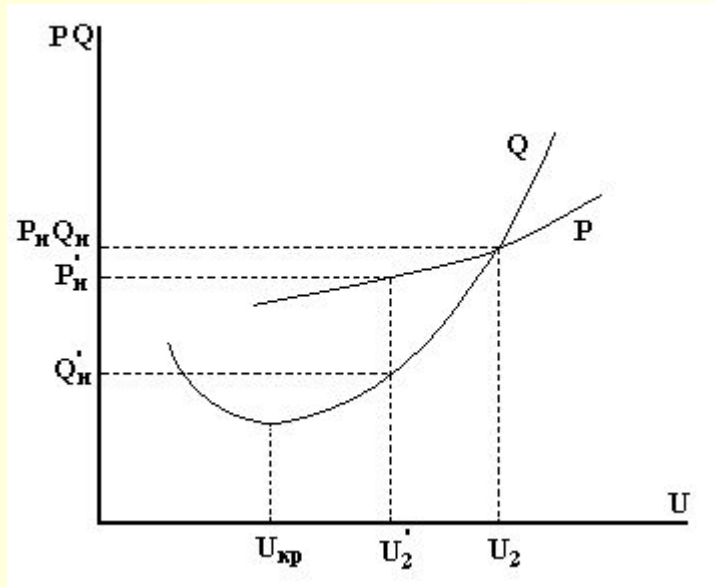
- Связь частоты и напряжения в энергосистеме определяется уже самим принципом работы электрогенератора ( $E \sim f$ );
- Изменение частоты влияет на сопротивление электрических элементов сети (активные сопротивления – мало, реактивное сопротивление  $X_L = \omega L$ ,  $X_C = 1/\omega L$ );
- Изменение сопротивления элемента сети всегда приводит к изменению падения напряжения на нем и к изменению величины напряжения за этим сопротивлением.

- При изменении частоты меняется объем потребляемой реактивной мощности (снижение частоты на 1% вызывает возрастание потребления реактивной мощности в среднем на 1 – 1.5%);
- Величина падения напряжения зависит от перетока реактивной мощности  $\Delta U \sim Q \cdot x / U$ , соответственно изменяются и величины напряжений в узлах сети.

- При изменении напряжения изменяются величины активных и реактивных нагрузок в узле;
- Изменяются значения потерь активной и реактивной мощности;

При этом происходит изменение суммарной активной нагрузки энергосистемы.

- Важнейшая характеристика нагрузки потребителя — значение ее активной и реактивной мощностей. Мощность, потребляемая нагрузкой, зависит от напряжения и частоты.
- Статические характеристики нагрузки по напряжению  $P_n(U), Q_n(U)$  — это зависимости активной и реактивной мощностей от напряжения (или частоты) при медленных изменениях параметров режима
- Динамические характеристики — это те же зависимости, но при быстрых изменениях параметров режима. Динамические характеристики соответствуют переходным режимам и учитывают скорость изменения их параметров.



**Статические характеристики нагрузки  $P, Q = f(u)$ .**

- При снижении напряжения ниже критического  $U_{кр}$  происходит рост реактивной нагрузки потребителей, что в свою очередь приведет к росту потерь напряжения  $\Delta U$  и дальнейшему снижению напряжения.
- Это явление называется *лавинной напряжением*.
- Основной причиной развития лавины напряжения является “опрокидывание” двигателей.

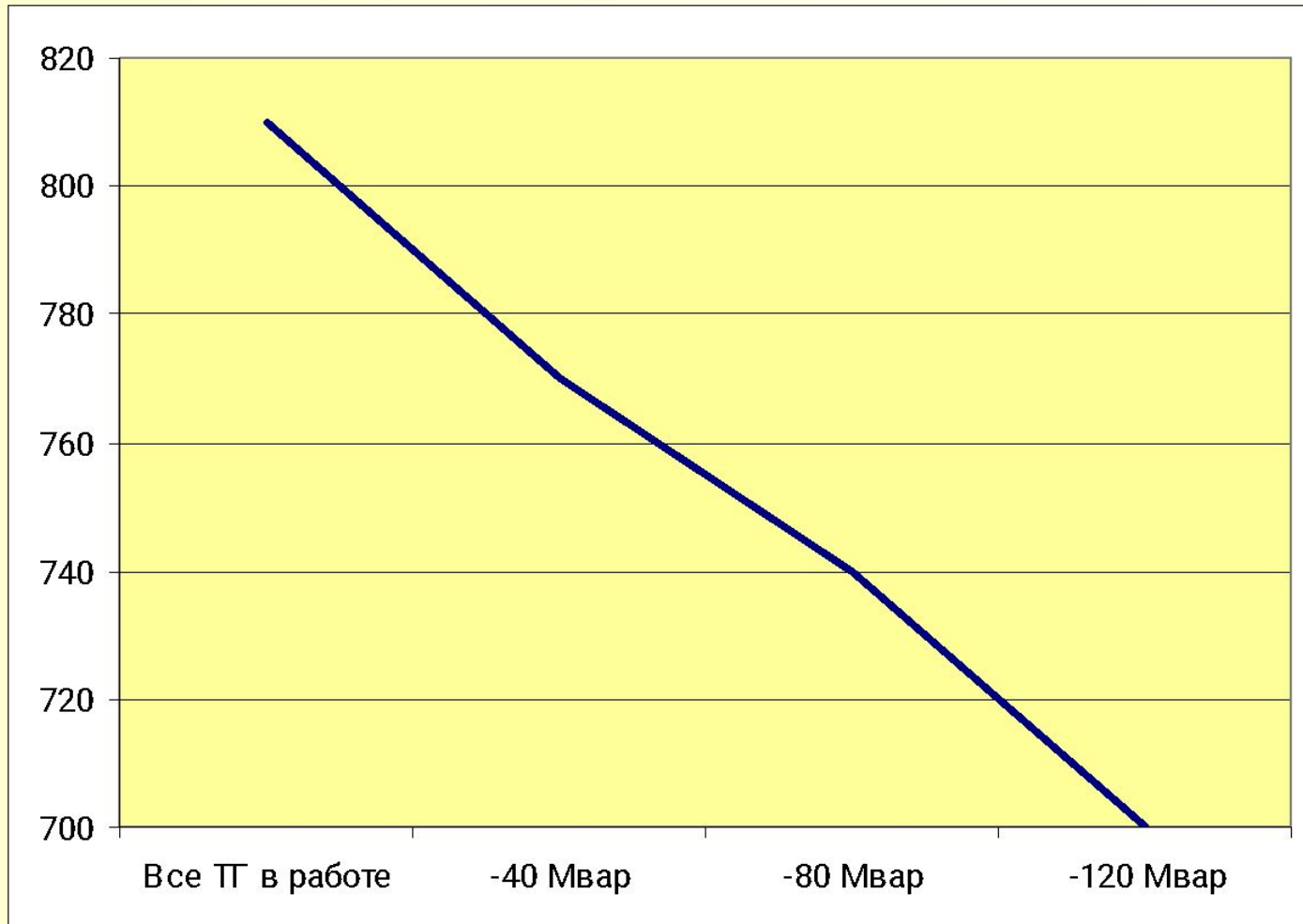


- “Опрокидывание” асинхронных двигателей выражается в снижении скорости асинхронных двигателей и увеличении потребляемой ими реактивной мощности, напряжение при этом снижается.
- При не контролируемом развитии процесса двигатель остановится, а напряжение снизится еще больше.

$$K_u = (U - U_{кр}) / U$$

Режим, переток в сечении	Минимальные коэффициенты запаса по напряжению
Нормальный	0,15
Утяжеленный	0,15
Вынужденный	0,1

## Зависимость МДП в СБУ от генерации реактивной мощности



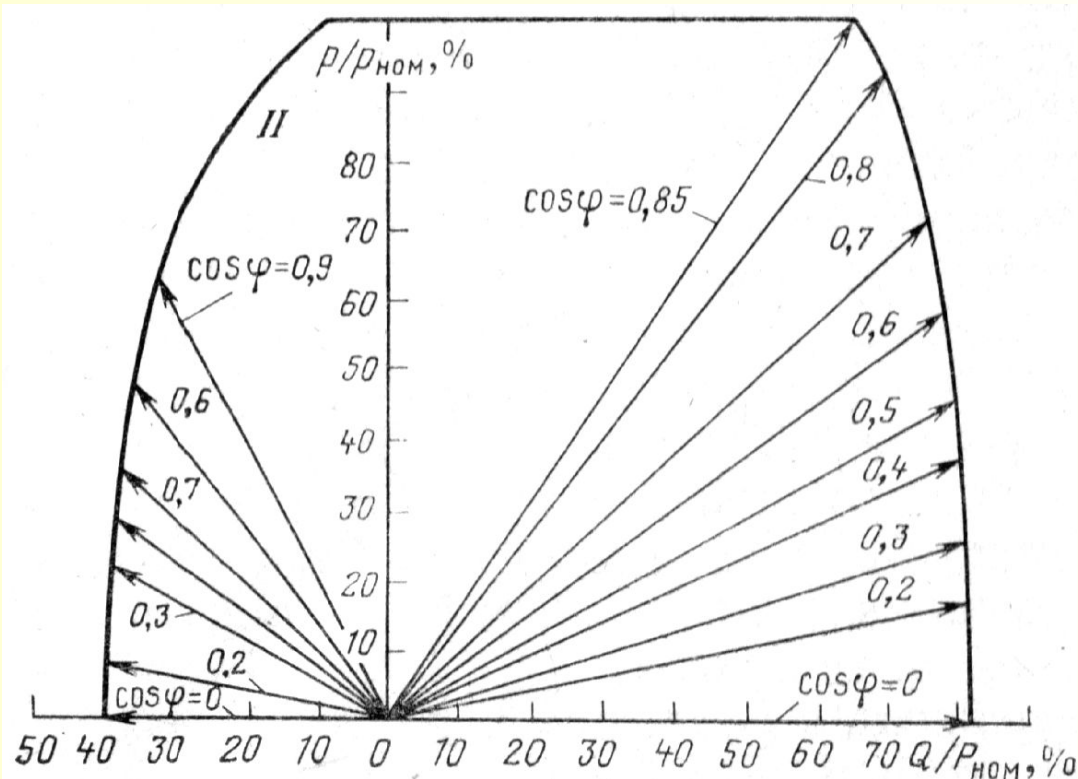
Регулирование напряжения - текущее изменение параметров системы (напряжения, коэффициента трансформации и потерь напряжения), выполняемое в целях обеспечения желательного режима напряжения.

Делится на две группы :

- регулирование изменением потерь напряжения в элементах сети
- регулирование напряжения изменением баланса реактивной мощности в узле (возбуждение генераторов, изменение коэффициента трансформации трансформаторов, статические компенсирующие устройства)

## Синхронный генератор

- Предназначены прежде всего для выработки реактивной мощности, в меньшей степени для потребления;
- Выработка и потребление реактивной мощности возможна в пределах нагрузочной характеристики турбогенератора.



## Синхронный компенсатор

- Представляет собой обыкновенный синхронный двигатель без механической нагрузки на валу
- Предназначен для потребления и выдачи реактивной мощности

## Статические компенсирующие устройства

- Батареи конденсаторов
- Шунтирующие реакторы
- Статические тиристорные компенсаторы (СТК)
- Статические компенсаторы реактивной мощности (СТАТКОМ)

## Батареи конденсаторов

### Преимущества:

- Возможность применения как на низком, так и на высоком напряжении;
- Малые потери активной мощности (0.0025 – 0.005 кВт/кВАр);
- Сравнительно небольшая стоимость

### Недостатки:

- Возможность использования только для генерации реактивной мощности;
- Зависимость генерируемой реактивной мощности от напряжения;
- Невозможность плавного регулирования реактивной мощности;
- Чувствительность к искажениям формы кривой питающего напряжения.



## Шунтирующие реакторы

- Применяются преимущественно для компенсации зарядной мощности линий высокого класса напряжений (330 кВ и выше) и в некоторых случаях в сетях низких классов напряжения;
- Обычно установленная мощность реактора равняется 60 – 80% зарядной мощности компенсируемой линии электропередачи;
- Необходимо обеспечивать коммутруемость реакторов (исключение – отправной конец длинных ЛЭП высоких классов напряжения)

## Статические тиристорные компенсаторы

- Представляет собой некоторую комбинацию конденсаторных батарей и шунтирующих реакторов
- Бывают различных типов:
  - с реактором, управляемым тиристорами;
    - с конденсаторной батареей, коммутируемой тиристорами;
    - с реактором, управляемым тиристором, и конденсаторной батареей, коммутируемой тиристорами.

## Статический компенсатор реактивной мощности (СТАТКОМ)

- Основан на новом классе преобразователей – «преобразователей напряжения»
- Появились с внедрением в начале 90-х годов мощных биполярных транзисторов (IGBT), запираемых тиристоров (GTO, GCT, IGCT) и быстродействующих диодов (1 до 6 кВ, отключаемый ток от 1,5 до 4 кА)
- Представляет собой электронный генератор электродвижущей силы промышленной частоты, регулируемой по амплитуде и обеспечивающей как выдачу, так и потребление реактивной мощности

### Статический компенсатор реактивной мощности (СТАТКОМ)

- установки более компактные и дешевые чем обычные СТК (одно и то же оборудование используется и для генерирования и для потребления реактивной мощности);
- характеризуются более высокой скоростью управления, нежели СТК (время перехода от максимальной выдачи реактивной мощности к максимальному потреблению составляет всего полпериода основной частоты )

### ***Регулирование напряжений в энергосистеме – одна из первоочередных задач.***

- ***Увеличение пропускной способности сети.***
- ***Повышение устойчивости.***
- ***Снижение потерь.***

***СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!***