

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования



ФГБОУ ВО «АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»



# ТЕМА: «МЕТОДЫ И СРЕДСТВА РЕГУЛИРОВАНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ И ЧАСТОТЫ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ»



**Исполнитель:** Веклич Антон (студент ЭФ, гр. 742-об3)

**Руководитель:** Чулюкова Маргарита Валерьевна  
(диспетчер центральной диспетчерской информационно-аналитической службы АО «ДРСК»)

ПО ДИСЦИПЛИНЕ: «АВТОМАТИЗАЦИЯ ДИСПЕТЧЕРСКОГО УПРАВЛЕНИЯ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ» Благовещенск 27 ноября 2020



# ЦЕЛИ И ПОСТАВЛЕННЫЕ ЗАДАЧИ:

- **1.** Освоить понятие о регулировании напряжения и частоты, их роль в электрических сетях
- **2.** Рассмотреть виды регулирования напряжения, их подвиды, функции и применения в разных областях энергетических систем
- **3.** Изучить ГОСТ 13109 97 на ограничения отклонений напряжений от их номинальных значений
- **4.** Рассмотреть актуальные методы и средства регулирования напряжения и частоты, их функции и область их применения

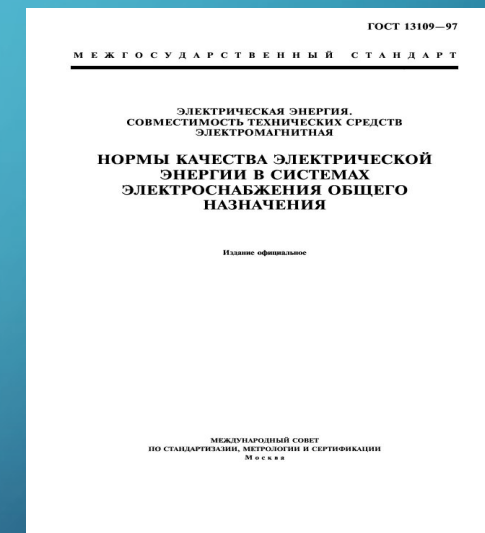
Изучить преимущества и недостатки, а также уровень сложности каждого из методов регулирования напряжения и



# ОСНОВЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ



Под регулированием напряжения и частоты понимается комплекс технических мероприятий по ограничению отклонений напряжений от их номинальных значений на шинах потребителей электроэнергии в допустимых **ГОСТ 13109-97** пределах.



Кроме того, регулирование напряжений выполняется в системообразующей и распределительных сетях электроэнергетических систем с целью обеспечения экономичной и надежной работы энергетического оборудования и поддержания напряжений в узлах сети в технически допустимых границах. Таким образом, регулирование напряжений производится как в системах электроснабжения потребителей, так и в сетях электроэнергетических систем

# ВИДЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ

Различают централизованное и местное регулирование напряжения. При централизованном регулировании в питающем узле одновременно поддерживаются допустимые уровни напряжения в целом для группы потребителей близлежащего района. Местное регулирование предполагает поддержание требуемых уровней напряжения непосредственно на шинах потребителя

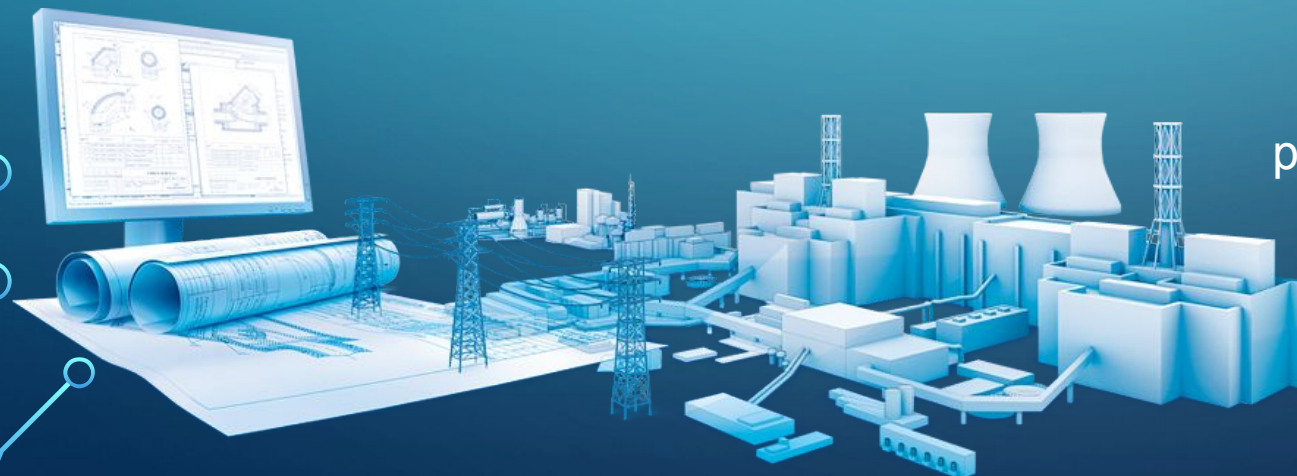


Местное регулирование напряжения можно подразделить на:

1. групповое;
2. индивидуальное.

Групповое регулирование выполняется одновременно для группы потребителей, индивидуальное регулирование - для одного конкретного, как правило, особого потребителя. Централизованное регулирование напряжения в зависимости от характера графиков нагрузок можно условно разбить на три типа:

*стабилизация напряжения;*  
*двухступенчатое регулирование;*  
*встречное регулирование напряжения*



# МЕТОДЫ И СРЕДСТВА РЕГУЛИРОВАНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ И ЧАСТОТЫ ГЕНЕРАТОРАМИ СТАНЦИЙ

Все генераторы электростанций оборудованы устройствами автоматического регулирования возбуждения (АРВ). Генератор вырабатывает номинальную активную мощность при отклонениях напряжения номинального не более  $\pm 5\%$ . При больших отклонениях мощность генератора должна быть снижена, по причине пределы регулирования напряжения с помощью генераторов ограничены.

При работе электрической станции изолированно, ее генераторы, подключенные к шинам ГРУ с присоединенной к ним распределительной сетью (рис. 1, а.) осуществляют регулирование напряжения изменением возбуждения. Этот способ регулирования напряжения на таких станциях является основным средством обеспечения заданного режима напряжения у

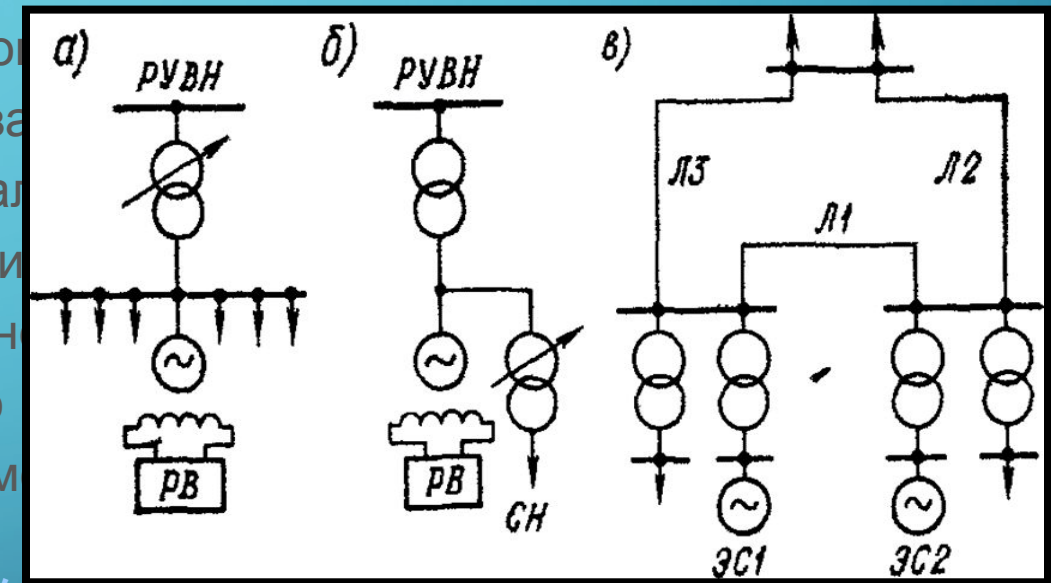
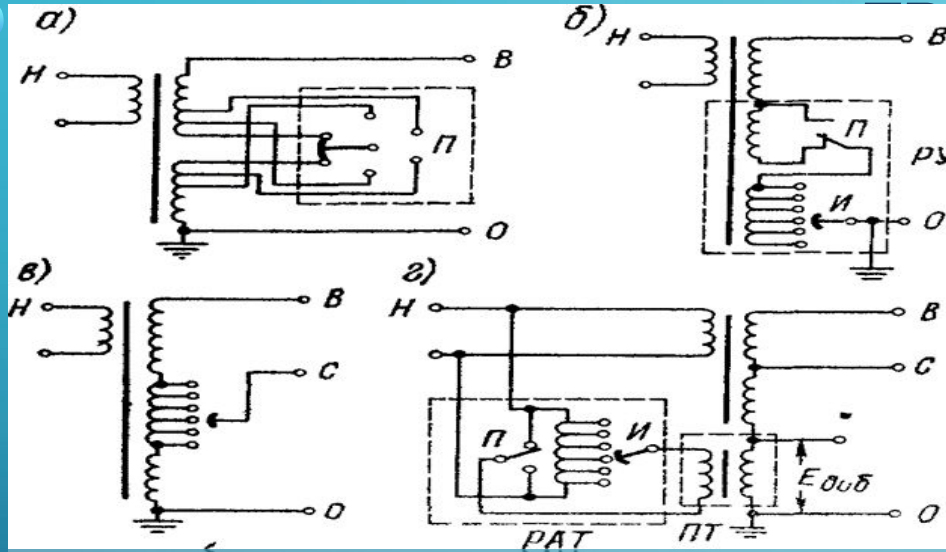


Рис. 1. Генераторы: а) генераторы электрической станции; б) генераторы в блоках с трансформаторами связи; в) генераторы на электростанциях, объединенных в энергетическую систему.

# МЕТОДЫ И СРЕДСТВА РЕГУЛИРОВАНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ И ЧАСТОТЫ ИЗМЕНЕНИЕМ КОЭФФИЦИЕНТА ТРАНСФОРМАЦИИ

## ТРАНСФОРМАТОРОВ



Для регулирования напряжения с помощью трансформаторов необходимо иметь возможность изменять соотношение витков обмоток трансформаторов. Трансформаторы с переключением ответвлений без возбуждения (ПБВ) не позволяют регулировать напряжение в течение суток, так как это связано с необходимостью отключения трансформатора для каждого переключения. Современные трансформаторы с ПБВ позволяют регулировать напряжение в пределах  $\pm 5\%$  с шагом  $2,5\%$  от номинального. Устройства ПБВ устанавливаются на трансформаторах мощностью не более  $630 \text{ кВА}$ . Схема одной фазы трансформатора с ПБВ приведена на рисунке (рис. 2, а.).

Трансформаторы с РПН позволяют регулировать напряжение под нагрузкой, т. е. без отключения от сети, без перерыва электроснабжения потребителей. Устройства РПН устанавливаются на мощных трансформаторах с напряжением выше  $20 \text{ кВ}$ .

**Рис. 2. Регулирование напряжения трансформаторов:** а) схема одной фазы трансформатора с ПБВ; б) регулирующее устройство РУ; в) регулирование автотрансформаторов; г) схема включения ЛР в цепь

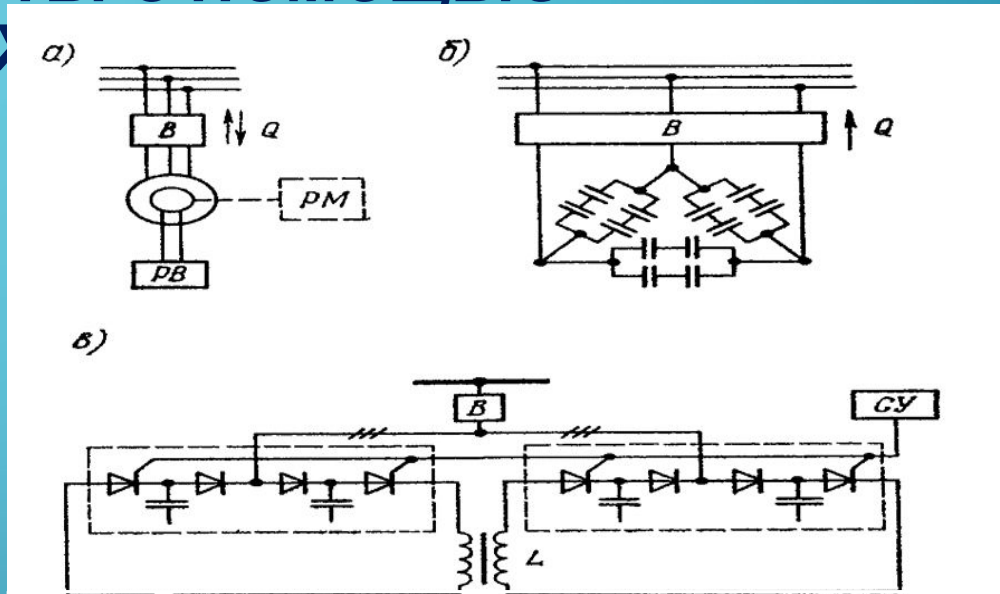
# МЕТОДЫ И СРЕДСТВА РЕГУЛИРОВАНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ И ЧАСТОТЫ С ПОМОЩЬЮ КОМПЕНСИРУЮЩИХ

Потеря напряжения, характеризующая изменение напряжения у потребителей, при пренебрежении поперечной составляющей падения напряжения определяется зависимостью. Регулируя потери напряжения, можно поддерживать требуемый уровень напряжения на шинах потребителей. Реактивная мощность вырабатывается не только генераторами электростанций, но и другими источниками: синхронными компенсаторами (СК), синхронными двигателями (СД), батареями конденсаторов (БК), статическими источниками реактивной мощности (ИРМ), тиристорными компенсирующими установками (ТКУ) и др. При наличии источников реактивной мощности, или, как их еще называют, компенсирующих устройств, потери напряжения можно записать в следующем виде (рис. 3.):

$$\Delta U = \frac{PR + (Q \pm Q_{к\gamma}) X}{U_{н}}$$

**Рис. 3. Формула потерь**

напряжения

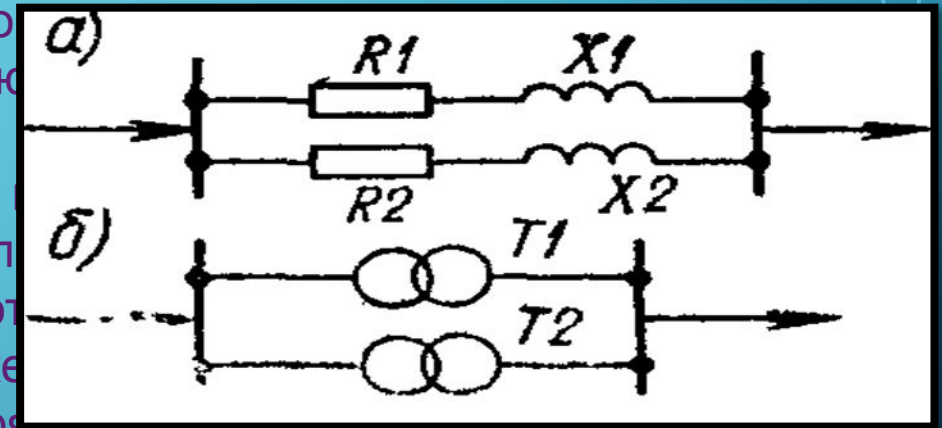


**Рис. 4. Регулирование напряжения с помощью СК: а) подключение СК на мощных понижающих подстанциях или к обмотке НН автотрансформатора; б) управляемые батареи конденсаторов; в) схема тиристорного компенсатора типа ТК**

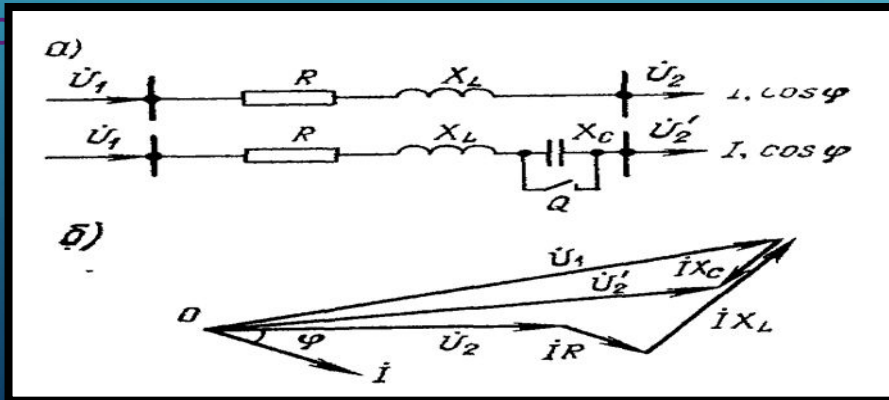
Регулирование напряжения с помощью СК осуществляется плавно. Синхронные компенсаторы обычно устанавливают на мощных понижающих подстанциях и включают на шины 6 ... 10 кВ (рис. 4, а.) или подключают к обмотке НН автотрансформатора, либо к компенсационной обмотке трансформатора с РПН.

# МЕТОДЫ И СРЕДСТВА РЕГУЛИРОВАНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ И ЧАСТОТЫ ИЗМЕНЕНИЕМ ПАРАМЕТРОВ СЕТИ

В незначительных пределах напряжение можно регулировать изменением активного и реактивного сопротивлений питающих сетей. При нескольких параллельно работающих линиях трансформаторах (рис. 5, а, б.) в часы минимальной нагрузки, снижаются потери напряжения, можно отключить одну из линий или трансформатор, что приведет к увеличению потерь напряжения в питающей сети и, следовательно, к понижению напряжения у потребителя. Такое регулирование, несмотря на ступенчатость, повышает экономичность передачи, однако его можно использовать только в том случае, если оно не снижает надежности



**Рис. 5. Параллельно работающие линии или трансформаторы: а) параллельно работающие линии; б) параллельно работающие трансформаторы**



**Рис. 6. Последовательное включение емкостного сопротивления и его**

Продольная емкостная компенсация индуктивного сопротивления передачи возможна при последовательном включении в линию обратного по знаку емкостного сопротивления (рис. 6, а.), при этом результирующее реактивное сопротивление передачи определится как:  $X_i = X_L - X_c$ .





# ЗАКЛЮЧЕНИЕ ПО ТЕМЕ РЕГУЛИРОВАНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ И ЧАСТОТЫ

Основными режимными параметрами, определяющими качество электрической энергии, являются значение частоты в электрической сети и уровни напряжения в узлах сети. Напряжение у потребителя или отдельного приемника никогда не остается постоянным в течение суток. Многочисленные исследования подтверждают, что поддержание напряжения на уровне номинального или в пределах допустимых отклонений его от номинального имеет большое хозяйственное значение. При некачественном чрезмерно низком или высоком напряжении потребители и энергосистемы несут прямые убытки от порчи продукции, нарушения технологического процесса, потерь электроэнергии, износа изоляции.



Непрерывное в течение суток изменение режима работы энергосистемы и потребителей делает задачу удержания напряжения в заданных пределах практически осуществимой только при наличии автоматически действующих средств регулирования напряжения.





# БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК



- 1. Правила устройства электроустановок. СПб.: Изд-во ДЕАН, 1999.
- 2. Мельников Н.А. Электрические сети и системы / Н.А. Мельников. – М.: Энергия, 1975.
- 3. Справочник по проектированию электроэнергетических систем / В.В. Ершевич, А.Н. Зейлигер и др.; под ред. С.С. Рокотяна и И.М. Шапиро. – М.: Энергия, 1985.
- 4. Ильяшов В.П. Автоматическое регулирование мощности конденсаторных установок / В.П. Ильяшов. – М.: Энергия, 1977.
- 5. Сайтбаталова Р.С. Регулирование напряжения в сетях промышленных предприятий / Р.С. Сайтбаталова, Л.К. Рубцова. – М.: Изд-во МЭИ, 1992.
- 6. Идельчик В.И. Электрические системы и сети / В.И. Идельчик. – М.: Энергоатомиздат, 1989.