

Служба электрических режимов Комков Д.В.

# Режимы работы и требования к устойчивости энергосистем

- Нормальным режимом энергосистемы считается режим при котором значения параметров режима находятся в границах длительно допустимых (т.е. Неограниченных во времени) значений для данных условий производства и передачи электроэнергии (схема сети, температура окружающего воздуха и др.).
- Аварийно допустимым режимом считается режим при котором значения параметров режима выходят за пределы длительно допустимых значений, но допускают работу оборудования и в целом энергосистемы на протяжении некоторого ограниченного временного интервала, при этом не создается угрозы для жизни людей, нарушения работоспособности оборудования или его повреждения и сохраняются условия энергоснабжения потребителей и производства электроэнергии за исключением объектов участвующих в системе противоаварийной автоматики. Аварийно допустимый режим возникает в результате нормативных возмущений (т.е. учитываемых при проектных и эксплуатационных расчетах) и правильной работе защит и систем автоматики и должен быть оперативно приведен к нормальному в течении отведенного времени.
- Аварийным режимом является режим при котором значения параметров выходят за пределы допустимые по условиям безопасной работы оборудования, энергосистемы в целом и могут привести к нарушению энергоснабжения потребителей, работы электростанций и угрозе для жизни людей. Аварийный режим должен немедленно ликвидироваться средствами автоматики, а при ее неработоспособности (отказе) – оперативно.

# Параметры режима работы энергосистем.

- Активная генерируемая мощность
- Активная потребляемая мощность
- Частота
- Напряжение на шинах электростанций и подстанций
- Реактивная мощность
- Перетоки мощности
- Токовая загрузка оборудования

# Параметры режима работы энергосистем.

Параметр	Регулирование	Ограничения
Частота	Баланс активной мощности – генерация и потребление в системе в целом	Пр.524 +/- 0,05 (+/-0,2) Гц ГОСТ +/-0,2 (+/-0,4) Гц
Перетоки мощности	Перераспределение мощностей в энергосистеме	По устойчивости параллельной работы с нормированием запаса
Напряжения	Регулирование возбуждения СГ и СК ИРМ (БК, ШР) РПН АТ	Нижний предел по устойчивости нагрузки Верхний по изоляции – ГОСТ, ПТЭ
Ток	Активная и реактивная мощность	Термическая и динамическая стойкость оборудования

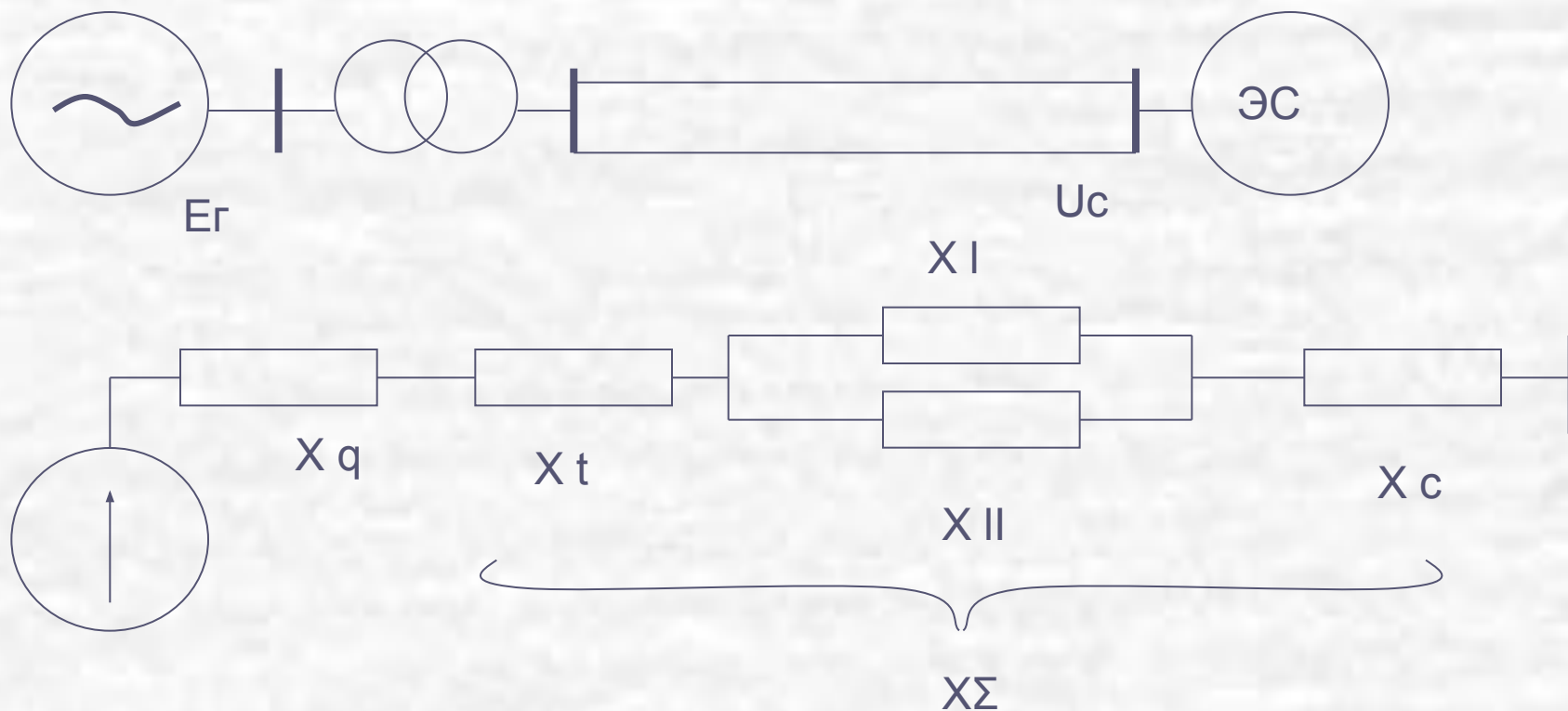
# Понятие об устойчивости энергосистем

Статическая устойчивость – способность энергосистемы сохранять исходный режим при малых возмущениях (незначительные колебания потребления, работа систем регулирования, возмущения в распределительной сети);

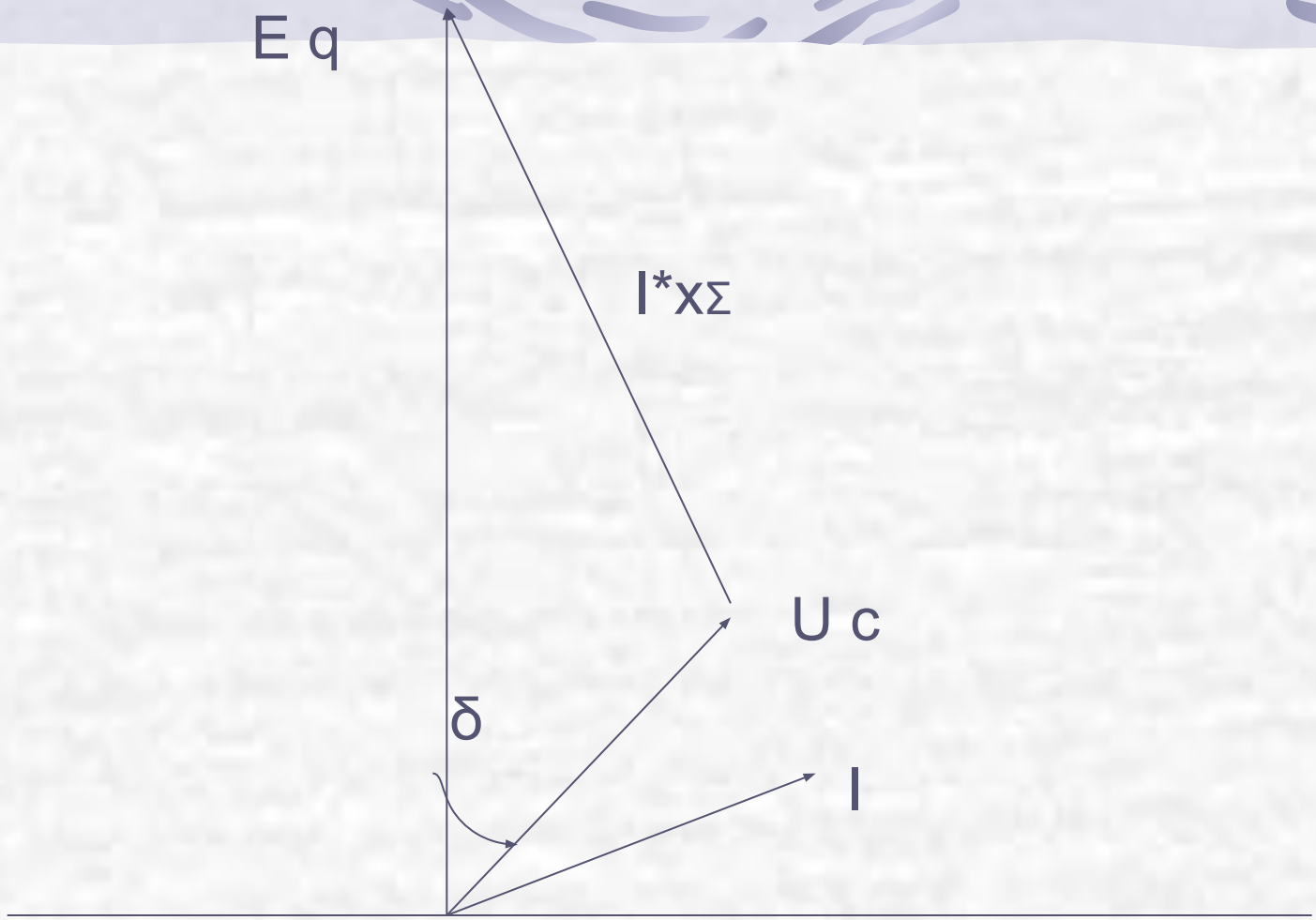
Динамическая устойчивость – способность энергосистемы переходить из одного установившегося режима в другой без нарушения синхронной работы при больших возмущениях (отключения линий электропередачи, генераторов, тяжелые короткие замыкания).

# Понятие об устойчивости энергосистем

Схема генератор работающий на шины энергосистемы





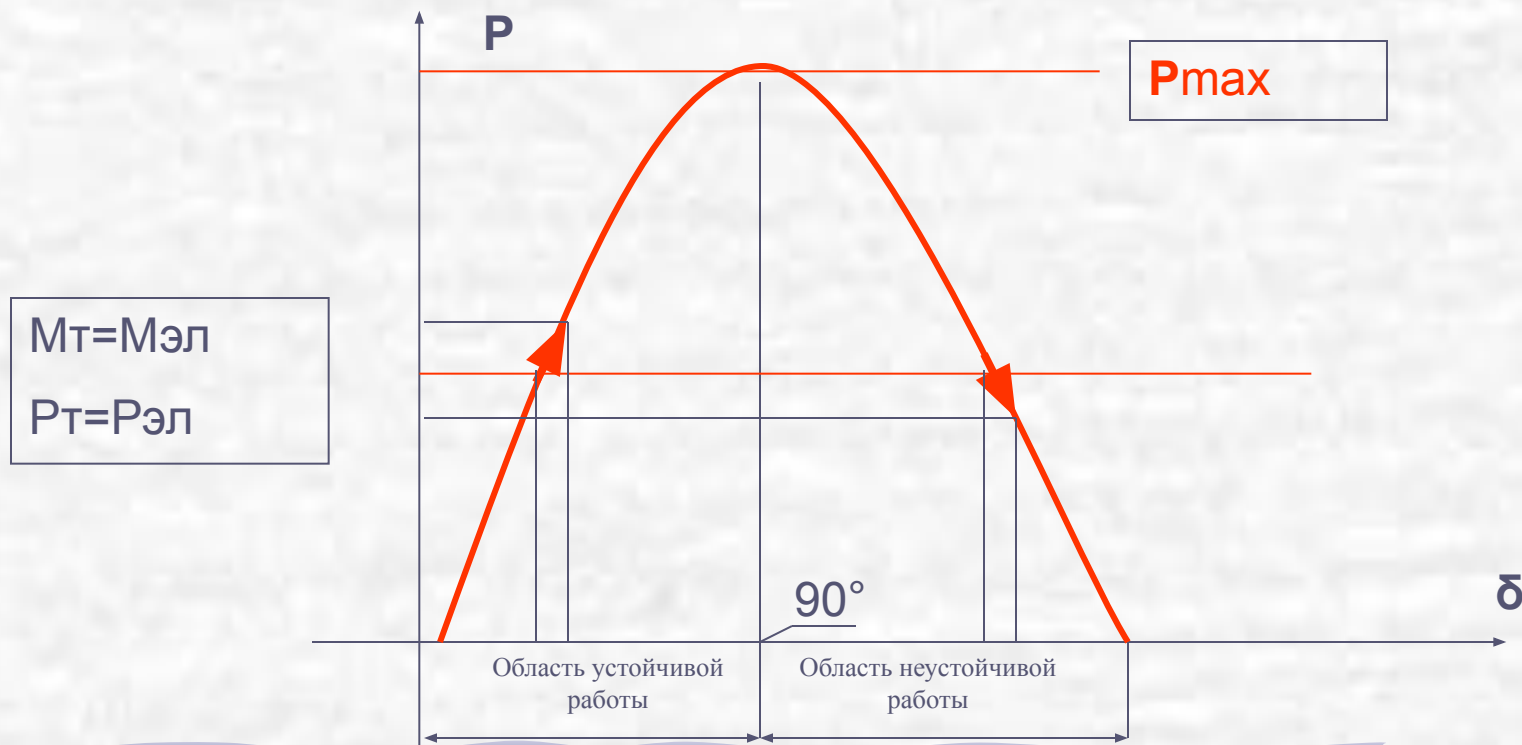


# Угловая характеристика мощности

$$P_{12} = \frac{E_q U_c}{x_\Sigma} * \sin \delta,$$

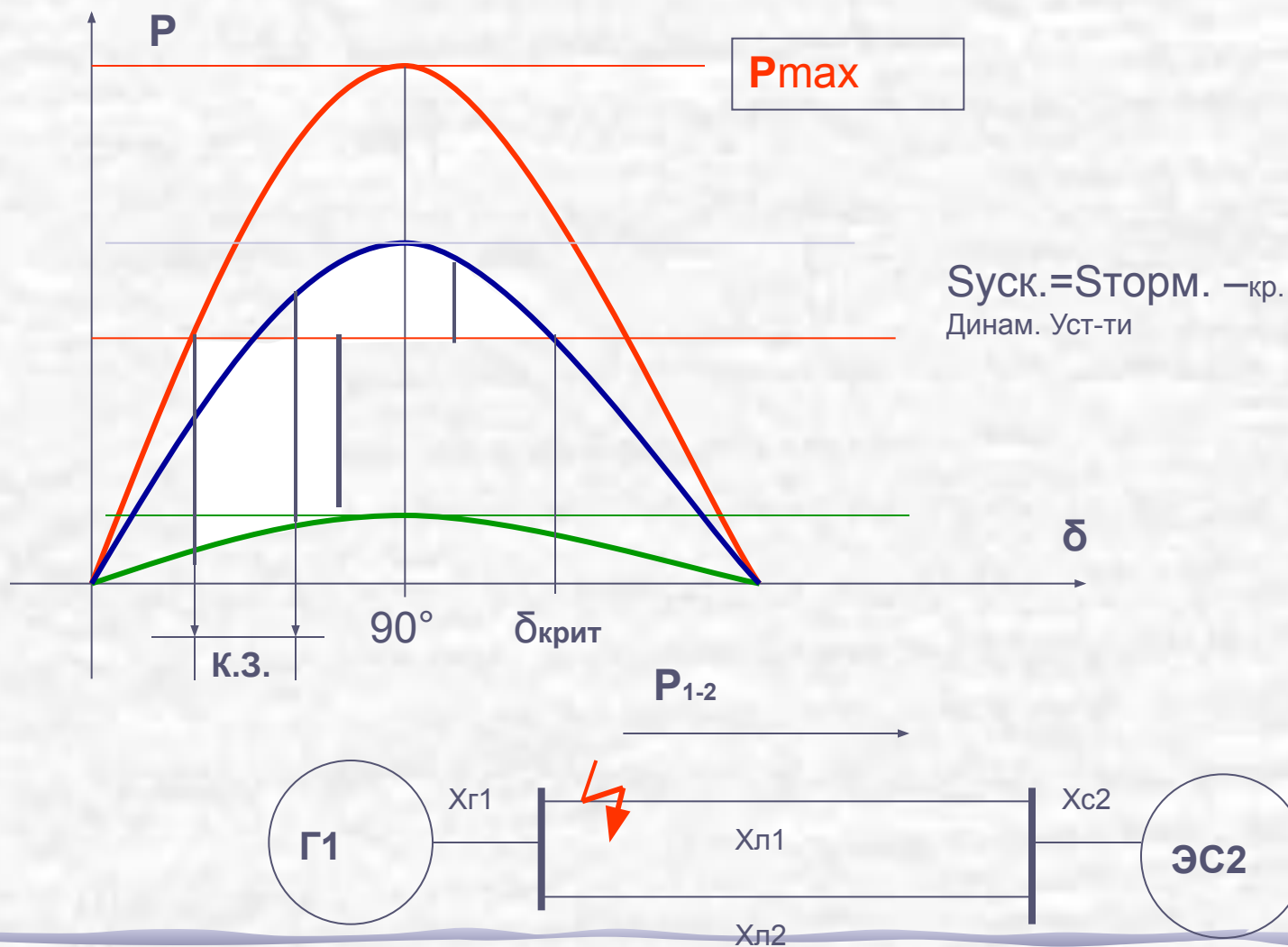
или :  $P_{12} = P_{\max} * \sin \delta$

$P_{1-2}$





# Динамическая устойчивость



# Требования к устойчивости энергосистем. Методические указания по устойчивости.

## **Методические указания по устойчивости энергосистем.**

Утверждены приказом Минтопэнерго от 30.06.2003 №277, взамен РУ по устойчивости, 1994 г.

Установлены следующие режимы работы энергосистем по условиям перетоков мощности.

- - **нормальные** (наибольший допустимый переток называется *максимально допустимым*);
- - **вынужденные** (наибольший допустимый переток называется *аварийно допустимым*).

Устанавливают нормативные возмущения в энергосистемах, с разделением их на три группы исходя из обеспечения устойчивости.

Устанавливают требования к режимам работы энергосистем по условию обеспечения устойчивости.

# Требования к устойчивости энергосистем. Методические указания по устойчивости.

## Нормирование запаса устойчивости

Для нормирования запаса устойчивости введено понятие коэффициента запаса:

По мощности

$$K_P = \frac{P_{\text{пр}} - (P + \Delta P_{\text{нк}})}{P_{\text{пр}}}$$

$P_{\text{пр}}$  – предельный по апериодической статической устойчивости переток активной мощности в рассматриваемом сечении;

$P$  – переток в сечении в рассматриваемом режиме,  $P > 0$ ;

$\Delta P_{\text{нк}}$  – амплитуда нерегулярных колебаний активной мощности в этом сечении (принимается, что под действием нерегулярных колебаний переток изменяется в диапазоне  $P \pm \Delta P_{\text{нк}}$ ).

При отсутствии  
экспериментальных данных

$$\Delta P_{\text{нк}} = K \cdot \sqrt{\frac{P_{\text{н1}} \cdot P_{\text{н2}}}{P_{\text{н1}} + P_{\text{н2}}}}$$

# Требования к устойчивости энергосистем. Методические указания по устойчивости.

По напряжению:

$$K_U = \frac{U - U_{кр}}{U}$$

$U$  – напряжение в узле в рассматриваемом режиме;

$U_{кр}$  – критическое напряжение в том же узле, соответствующее границе статической устойчивости электродвигателей.

Критическое напряжение в узлах нагрузки 110 кВ и выше при отсутствии более точных данных следует принимать равным большей из двух величин:  $0,7 \cdot U_{ном}$  и  $0,75 \cdot U_{ном}$ , где  $U_{ном}$  – напряжение в рассматриваемом узле нагрузки при нормальном режиме энергосистемы.

# Нормативные (расчетные) возмущения

а) Короткое замыкание (КЗ) с отключением элемента(ов) сети.

Распределение по группам возмущений указано в табл. 1.

Таблица 1

Возмущения	Группы нормативных возмущений в сетях с ном. напряжением, кВ:			
	110–220	330–500	750	1150
<i>КЗ на сетевом элементе, кроме системы (секции) шин:</i>				
Отключение сетевого элемента основными <sup>1</sup> защитами при однофазном КЗ с успешным АПВ (для сетей 330 кВ и выше – ОАПВ, 110–220 кВ – ТАПВ)	I	I	I	I
То же, но с неуспешным АПВ <sup>2</sup>	I	I	I <sup>3</sup> , II	II
Отключение сетевого элемента основными защитами при трехфазном КЗ с успешным и неуспешным АПВ <sup>2</sup>	II	–	–	–
Отключение сетевого элемента резервными защитами при однофазном КЗ с успешным и неуспешным АПВ <sup>2</sup>	II	–	–	–
Отключение сетевого элемента основными защитами при двухфазном КЗ на землю с неуспешным АПВ <sup>2</sup>	–	II	III	III
Отключение сетевого элемента действием УРОВ при однофазном КЗ с отказом одного выключателя <sup>4</sup>	II	III	III	III
То же, но при двухфазном КЗ на землю	–	III	III	–
То же, но при трехфазном КЗ	III	–	–	–
<i>КЗ на системе (секции) шин:</i>				
Отключение СШ с однофазным КЗ, не связанное с разрывом связей между узлами сети	I	I	II	II
То же, но с разрывом связей	III	III	–	–

<sup>1</sup> Или резервными защитами с не меньшим быстродействием.

<sup>2</sup> При обеспечении автоматического запрета АПВ в случае непогасания дуги неуспешное АПВ может не рассматриваться.

<sup>3</sup> На связи АЭС с энергосистемой.

<sup>4</sup> При этом учитываются отключения всех сетевых элементов (включая СШ), связанных с отключением смежных выключателей.

## Нормативные (расчетные) возмущения

**б) скачкообразный аварийный небаланс активной мощности по любым причинам: отключение генератора или блока генераторов с общим выключателем, крупной подстанции, вставки постоянного тока (ВПТ) или крупного потребителя и др. Распределение небалансов по группам возмущений указано в табл. 2.**

Таблица 2

Значение аварийного небаланса мощности	Группа нормативных возмущений
1) Мощность генератора или блока генераторов, подключенных к сети общими выключателями 2) мощность двух генераторов АЭС, подключенных к одному реакторному блоку	II
Мощность, подключенная к одной секции (системе) шин или распределительного устройства одного напряжения электростанции	III*

\* Аварийные небалансы группы III относятся к случаю, когда рассматривается устойчивость параллельной работы по связям между ОЭС, и учитываются, если их возникновение возможно при возмущениях табл.1.

**Кроме того, в группу III включаются следующие возмущения:**

**в) одновременное отключение двух ВЛ, расположенных в общем коридоре более, чем на половине длины более короткой линии, в результате возмущения группы I в соответствии с табл. 1;**

**г) возмущения групп I и II с отключением элемента сети или генератора, которые, вследствие ремонта одного из выключателей, приводят к отключению другого элемента сети или генератора, подключенных к тому же распределительному устройству.**

**Примечание:** Если процессы самозапуска двигателей крупного потребителя могут вызвать значительные снижения напряжения на ПС энергосистемы (более, чем на 15%), то возмущение, приводящее к такому процессу, должно быть отнесено к возмущению группы I.



# Требования к устойчивости энергосистем. Методические указания по устойчивости.

## Требования к устойчивости

Режим, переток в сечении	Минимальные коэффициенты запаса по активной мощности	Минимальные коэффициенты запаса по напряжению	Группы возмущений, при которых должна обеспечиваться устойчивость энергосистемы	
			в нормальной схеме	в ремонтной схеме
Нормальный	0,20	0,15	I, II, III	I, II
Утяжеленный*	0,20	0,15	I, II	I
Вынужденный	0,08	0,10	-	-

\* -Утяжеленный режим рассматривается только при проектных расчетах



# Требования к нормальному перетоку.

Переток считается нормальным:

- Переток РМ должен соответствовать коэффициенту запаса устойчивости по активной мощности КР, не меньшему 20% (табл. 3):  
 $P_M \leq 0,8 \cdot P_{пр} - \Delta P_{нк}$ .
- Переток РМ должен соответствовать коэффициенту запаса по напряжению, не меньшему 15% во всех узлах нагрузки:  
при  $U = U_{кр}/0,85$
- Переток РМ должен соответствовать, что при всех нормативных возмущениях послеаварийный переток с применением ПА (*при ее наличии по рассматриваемому возмущению*) или без ПА должен соответствовать  $K_p \geq 0,08$ , или  
 $P_M \leq 0,92 P_{пр} - \Delta P_{нк} + \Delta P_{па}$ , где  $\Delta P_{па}$  эффективная величина снижения перетока действием ПА (см. слайд №5), а  $K_u \geq 0,1$  (запас по напряжению)
- При нормативных возмущениях не происходит нарушение динамической устойчивости, в том числе за счет располагаемой ПА.
- Переток РМ соответствует длительно допустимым токовым нагрузкам сетевых элементов, при этом при нормативных возмущениях токовые перегрузки не превышают допустимые в течении времени необходимом для ликвидации послеаварийного режима.

**Невыполнение указанных требований – переход к вынужденному перетоку!**

## Переход к вынужденному перетоку

- После нормативного возмущения на время необходимое для ввода резервов и применение других режимных мероприятий (20 минут)
- По разрешению высшей оперативной инстанции, в чем ведении находится рассматриваемые связи с оформлением решения
- При прохождении максимума нагрузки с разрешения дежурного диспетчера высшей оперативной инстанции, в чем ведении находятся рассматриваемые связи, но не более 40 минут.

# Применение системной автоматики

Область применения	Назначение	Примеры
Нормальный режим	Регулирование параметров режима энергосистемы в отсутствии больших возмущений.	АРЧМ, АРВ, АРКТ
Предотвращение аварийных режимов при нормативных возмущениях	Предотвращение аварийных режимов при возмущениях, улучшение использования сети в исходном режиме.	Противоаварийная автоматика.
Локализация аварийных режимов при ненормативных возмущениях.	Предотвращение перерастания аварий в системные (межсистемные), их локализация и обеспечение условий для восстановления исходного режима.	АЛАР, АЧР, ЧДА ЭС.