



ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
«СИСТЕМНЫЙ ОПЕРАТОР
ЕДИНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ»

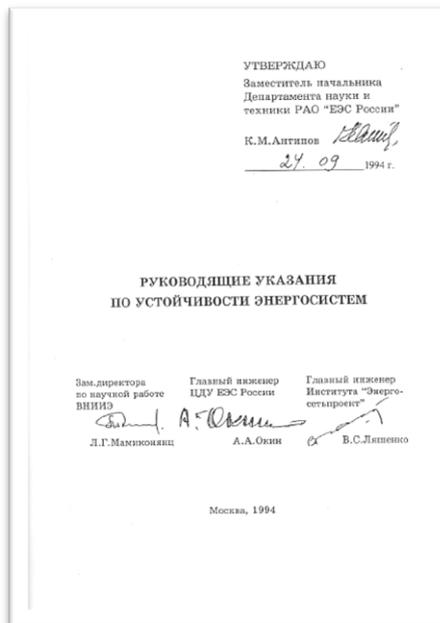
**Требования к устойчивости энергосистем.
Нормативные и регламентирующие
документы.
Определение области допустимых режимов
работы энергосистем.**

**Заместитель главного диспетчера по режимам АО «СО ЕЭС»,
к.т.н. Дьячков Владимир Анатольевич**



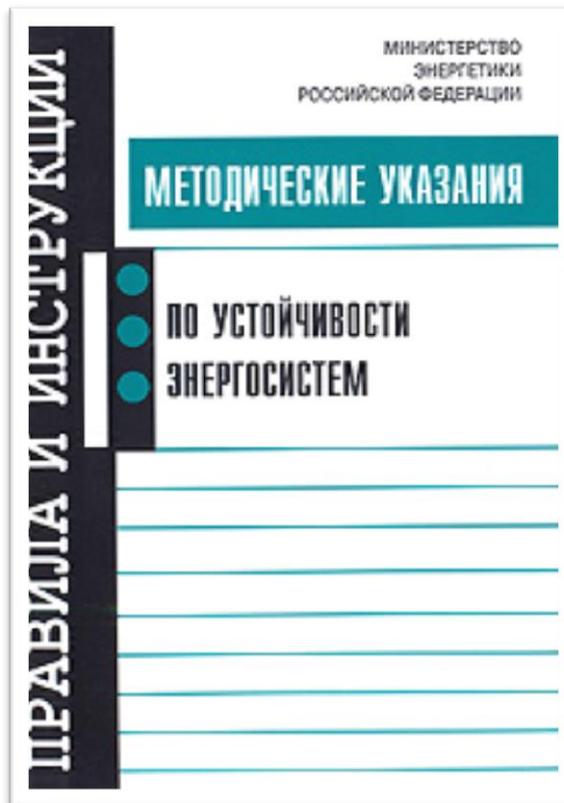
Требования к устойчивости. Развитие нормативной базы.

2



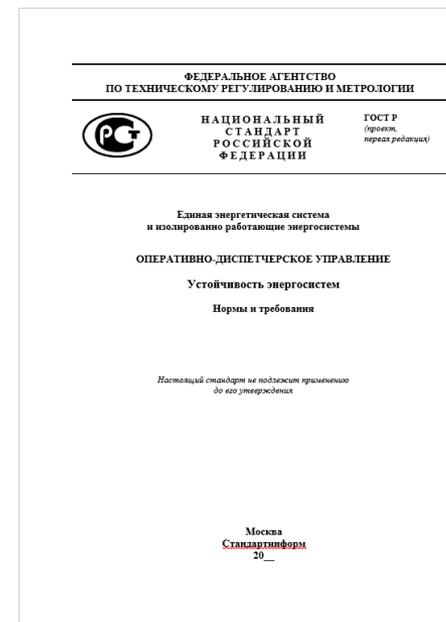
Руководящие указания по устойчивости энергосистем.

**Департамент науки и техники
ОАО РАО «ЕЭС России», 1994 год**



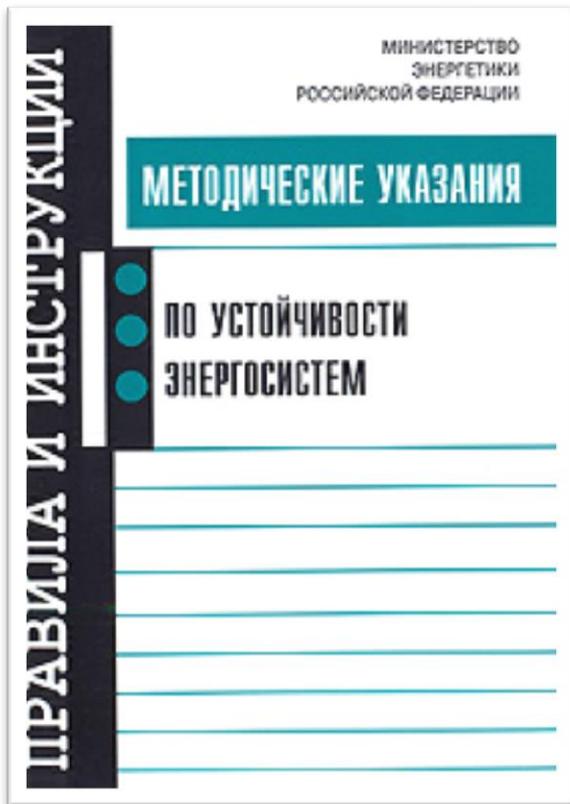
Методические указания по устойчивости энергосистем.

Минэнерго России



ГОСТ «Требования к устойчивости энергосистем».

Требования к устойчивости. Действующая нормативная база.



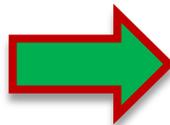
Поддерживающий документ



**Раскрытие требований
Прикладное применение**



1. Основные термины и определения в области устойчивости энергосистем
2. Требования к устойчивости энергосистем
3. Общие принципы и методология определения области допустимых режимов работы энергосистем

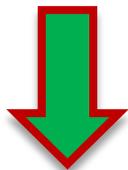


1. Критерии определения МДП и АДП
2. Методология и правила проведения расчетов для определения МДП и АДП
3. Требования к организации и выполнению отдельных деловых процессов при определении МДП и АДП



Основные термины и определения. Контролируемое сечение.

КОНТРОЛИРУЕМОЕ СЕЧЕНИЕ



Полное

Совокупность элементов одной или нескольких связей, одновременное отключение которых **приводит** к разделению энергосистемы на две изолированно работающие части.



Частичное

Совокупность элементов одной или нескольких связей, одновременное отключение которых **не приводит** к разделению энергосистемы на две изолированно работающие части.



Возможность использования упрощенного метода расчета допустимого перетока активной мощности по ряду критериев для полных контролируемых сечений.



Основные термины и определения. Виды схем. Нормативные возмущения.

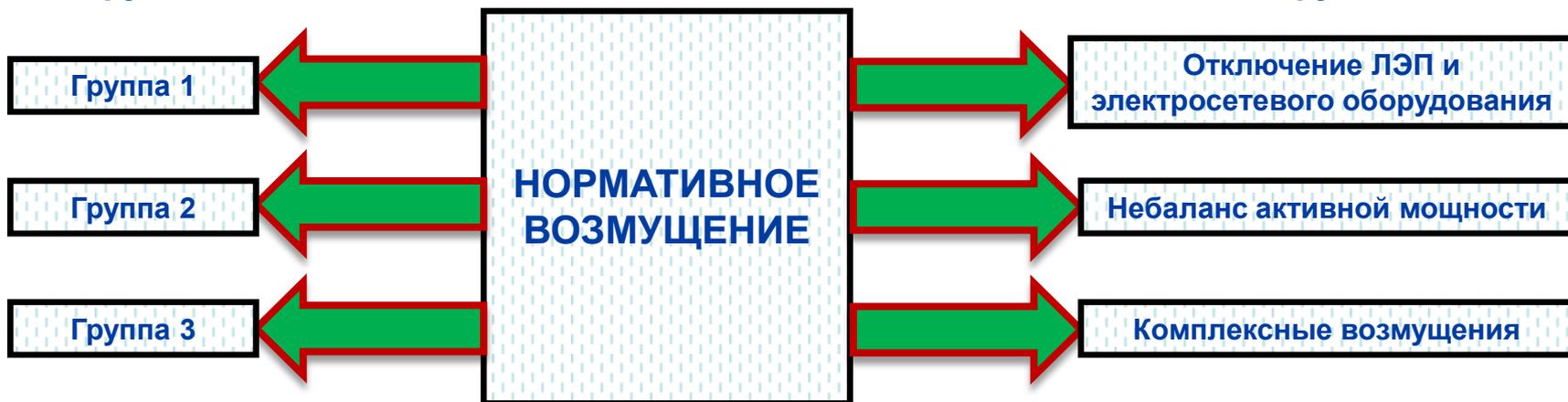
5

Нормальная схема – схема, в которой все сетевые элементы, определяющие устойчивость, находятся в работе.

Ремонтная схема – схема, в которой из-за отключенного состояния одного или нескольких элементов электрической сети (при эксплуатации – также из-за отключенного состояния устройств ПА) снижен МДП в каком-либо сечении.

Классификация
по группам

Классификация
по оборудованию



Нормативное возмущение – наиболее тяжелое аварийное возмущение, учет которого необходим при оценке выполнения требований к устойчивости энергосистем.

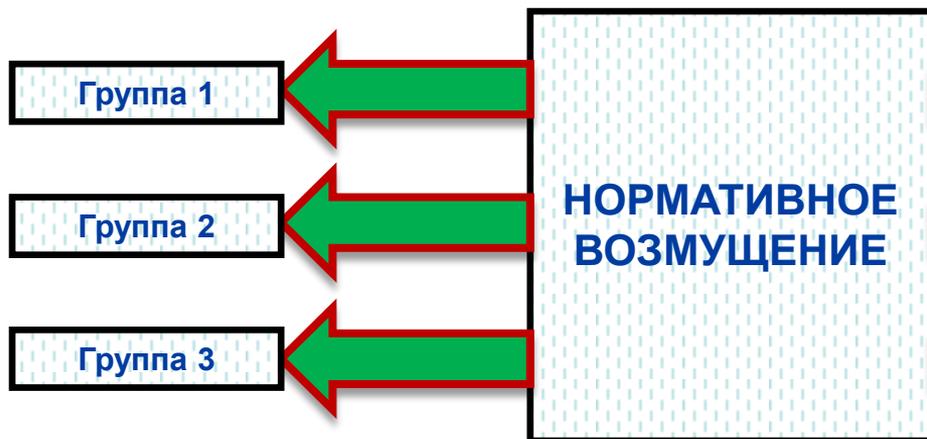


Основные термины и определения. Нормативное возмущение. Классификация.

6

Нормативное возмущение – наиболее тяжелое аварийное возмущение, учет которого необходим при оценке выполнения требований к устойчивости энергосистем.

Классификация
по группам



Классификация
по оборудованию



Соблюдение установленных требований к классификации нормативных возмущений и их учету при оценке выполнения требований к устойчивости необходимы для корректного определения области допустимых режимов работы энергосистем.



Основные термины и определения. Нормативное возмущение. Электросетевое оборудование.

7

Нормативные возмущения, связанные с отключением ЛЭП и электросетевого оборудования

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 ¹ 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 ²	I	I	В, II	II
Отключение сетевого элемента основными защитами при трехфазном КЗ с успешным и неуспешным АПВ ²	II	-	-	-
Отключение сетевого элемента резервными защитами при однофазном КЗ с успешным и неуспешным АПВ ²	II	-	-	-
Отключение сетевого элемента основными защитами при двухфазном КЗ на землю с неуспешным АПВ ²	-	II	III	III
Отключение сетевого элемента действием УРОВ при однофазном КЗ с отказом одного выключателя ⁴	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	-	-



Основные термины и определения. Нормативное возмущение. Небаланс активной мощности.

8

Нормативные возмущения, связанные с небалансом активной мощности

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

Аварийные небалансы группы III учитываются только при рассмотрении устойчивости параллельной работы по связям между ОЭС в случае если их возникновение возможно при нормативных возмущениях, указанных в таблице 1 (таблица нормативных возмущений, связанных с отключением ЛЭП и электросетевого оборудования).

Отсутствует распределение по группам нормативных возмущений небалансов активной мощности, связанных с отключением ВПТ (ППТ), подстанции, крупного потребителя.



Основные термины и определения. Нормативное возмущение. Комплексные возмущения.

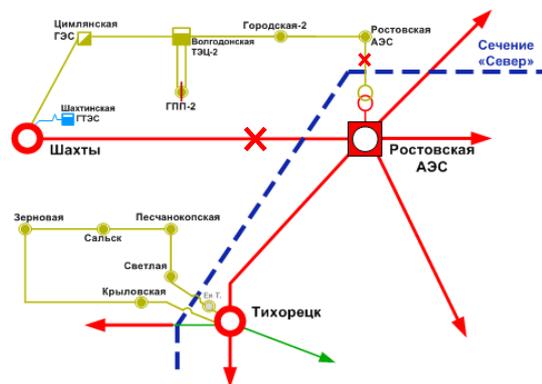
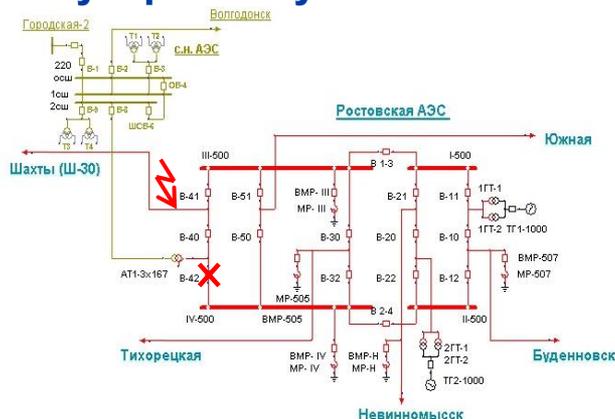
9

Комплексные нормативные возмущения

1. Одновременное отключение двух ВЛ, расположенных в общем коридоре более чем на половине длины более короткой линии в результате возмущения группы I.

Отсутствует определение понятия «общий коридор».

2. 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.



Отключение двух элементов, входящих в контролируемое сечение:

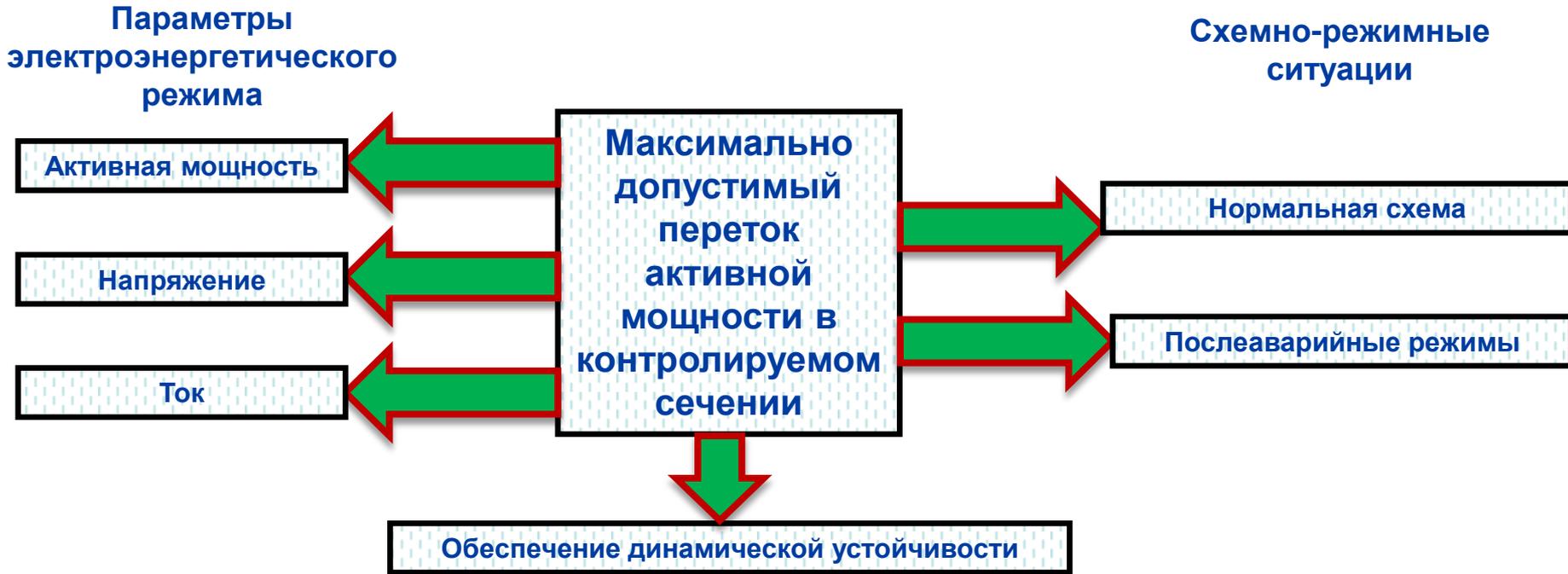
- ✓ ВЛ 500 кВ Ростовская АЭС – Шахты;
- ✓ АТ 500/220 кВ Ростовской АЭС.

Необходима корректная классификация нормативных возмущений в схемах ремонта элементов распределительных устройств объектов электроэнергетики.



Требования к устойчивости. Критерии определения МДП – 1.

10



Величина максимально допустимого перетока активной мощности в контролируемом сечении определяется критериями как нормального, так и послеаварийных режимов (после нормативных возмущений), установленными для основных параметров электроэнергетического режима (P, U, I).



Требования к устойчивости. Критерии определения МДП – 2.

№	Критерий	Норматив
1	Обеспечение нормативного коэффициента запаса статической апериодической устойчивости по активной мощности в контролируемом сечении в нормальной (ремонтной) схеме	20 %
2	Обеспечение нормативного коэффициента запаса статической устойчивости по напряжению в узлах нагрузки в нормальной (ремонтной) схеме	15 %
3	Обеспечение нормативного коэффициента запаса статической апериодической устойчивости по активной мощности в контролируемом сечении в послеаварийных режимах при нормативных возмущениях	8 %
4	Обеспечение нормативного коэффициента запаса статической устойчивости по напряжению в узлах нагрузки в послеаварийных режимах при нормативных возмущениях	10 %
5	Отсутствие нарушения динамической устойчивости при нормативных возмущениях	
6	Обеспечение допустимых токовых нагрузок линий электропередачи и электросетевого оборудования: ✓ длительно допустимых – в нормальной (ремонтной) схеме; ✓ аварийно допустимых (на время 20 минут) – в послеаварийных режимах при нормативных возмущениях.	



Требования к устойчивости. Критерии определения АДП.

12

Параметры
электроэнергетического
режима

Активная мощность

Напряжение

Ток

Аварийно
допустимый
переток
активной
мощности в
контролируемом
сечении

Схемно-режимные
ситуации

Нормальная схема

№	Критерий	Норматив
1	Обеспечение нормативного коэффициента запаса статической апериодической устойчивости по активной мощности в контролируемом сечении в нормальной (ремонтной) схеме	8 %
2	Обеспечение нормативного коэффициента запаса статической устойчивости по напряжению в узлах нагрузки в нормальной (ремонтной) схеме	10 %
3	Обеспечение длительно допустимых токовых нагрузок линий электропередачи и электросетевого оборудования в нормальной (ремонтной) схеме	

Величина аварийно допустимого перетока активной мощности в контролируемом сечении определяется только критериями нормального режима, установленными для основных параметров электроэнергетического режима (P, U, I).

Определение амплитуды нерегулярных колебаний (отклонений) активной мощности.

13

Амплитуда нерегулярных колебаний (отклонений) активной мощности – максимальное значение активной мощности, на которое может измениться переток активной мощности в контролируемом сечении.

Методы определения $\Delta P_{\text{нк}}$:

- ✓ по данным измерений (с соответствующей математической обработкой);
- ✓ с использованием эмпирического выражения.

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


$P_{\text{н1}}, P_{\text{н2}}$ – активная мощность потребления энергосистемы с каждой из сторон рассматриваемого контролируемого сечения (МВт).

K – коэффициент, характеризующий способ регулирования перетока активной мощности в контролируемом сечении ($\sqrt{\text{МВт}}$).

Значения коэффициента K :

- ✓ 1,5 – при оперативном (посредством отдачи команд диспетчерским персоналом) регулировании перетока активной мощности в контролируемом сечении;
- ✓ 0,75 – при автоматическом регулировании (ограничении) перетока активной мощности в контролируемом сечении.

ИСКЛЮЧЕНИЯ:

При автоматическом регулировании (ограничении) перетока активной мощности в контролируемом сечении значение коэффициента K принимается равным 1,5 при:

- ✓ изменении уставок устройств регулирования (ограничения) перетока активной мощности в контролируемом сечении в послеаварийном режиме оперативно (не автоматически);
- ✓ величине регулировочного диапазона электростанций, привлекаемых к ограничению перетока активной мощности в контролируемом сечении, менее $0,75 \times \Delta P_{\text{нк}}$.



Определение предельного по статической устойчивости режима.

Траектория утяжеления (реализуемость, сбалансированность)¹⁴

РЕАЛИЗУЕМОСТЬ

Приоритетное изменение активной мощности генерации в узлах РМ, моделирующих электростанции, изменение режима которых осуществляется при оперативном управлении электроэнергетическим режимом

Изменение активной мощности генерации в узлах РМ, моделирующих электростанции, удаленные от рассматриваемого контролируемого сечения

Соответствие результатов расчетов фактическим электроэнергетическим режимам работы в контролируемом сечении

СБАЛАНСИРОВАННОСТЬ

Изменение параметров утяжеления как в дефицитной, так и в избыточной энергосистемах, связываемых рассматриваемым контролируемым сечением, на каждом шаге утяжеления

**Исключение неконтролируемого изменения баланса мощности балансирующего узла.
Исключение достижения предельного режима в промежуточных контролируемых сечениях.**



Определение предельного по статической устойчивости режима. Траектория утяжеления (приоритетность).

15

ПРИОРИТЕТНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ УТЯЖЕЛЕНИЯ

Дефицитная часть энергосистемы

1. Разгрузка генерирующего оборудования электростанций до технологического минимума.
2. Отключение отдельных генераторов электростанций (с контролем минимального состава).
3. Увеличение активной (реактивной) мощности нагрузки до характерных (прогнозируемых) величин.
4. Изменение режима работы и/или состава генерирующего оборудования электростанций, не привлекаемых в нормальном режиме к оперативному управлению электроэнергетическим режимом.

Избыточная часть энергосистемы

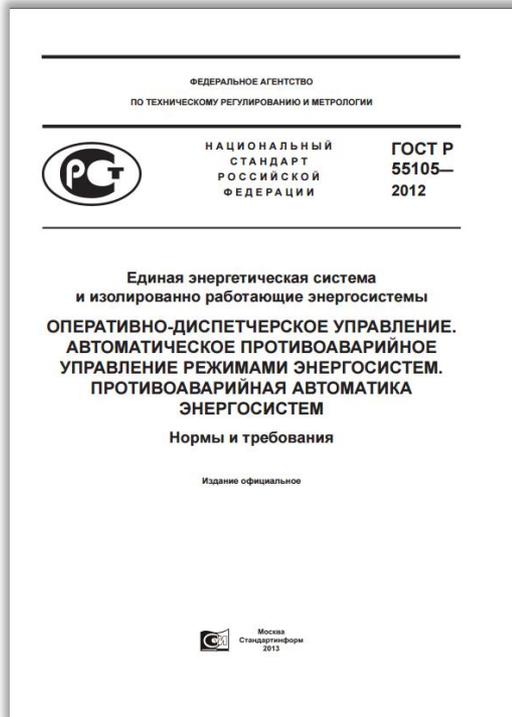
1. Загрузка генерирующего оборудования электростанций до располагаемой мощности.
2. Включение отдельных генераторов электростанций.
3. Снижение активной (реактивной) мощности нагрузки до характерных (возможных, прогнозируемых) величин.
4. Использование разрешенных аварийных перегрузок включенного генерирующего оборудования электростанций.
5. Изменение режима работы и/или состава генерирующего оборудования электростанций, не привлекаемых в нормальном режиме к оперативному управлению электроэнергетическим режимом.

При реализации траектории утяжеления необходим дополнительный контроль изменения параметров электроэнергетического режима.

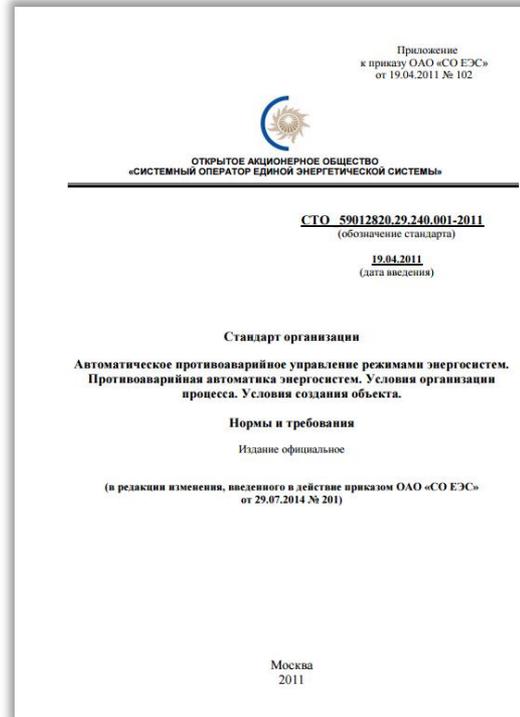


Противоаварийная автоматика. Действующая нормативная база

16



**ГОСТ «Противоаварийная
автоматика энергосистем».**



**Стандарт АО «СО ЕЭС»
«Противоаварийная
автоматика энергосистем».**



**Стандарт АО «СО ЕЭС»
«АРПМ».**



**Стандарт АО «СО ЕЭС»
«АРКЗ».**

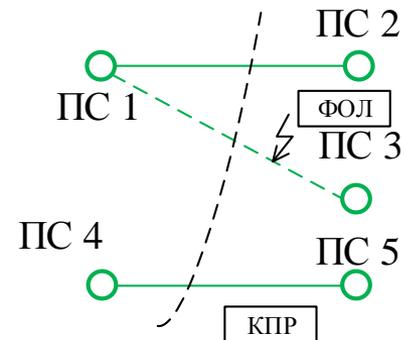


В ЕЭС России и изолированно работающих энергосистемах организовано автоматическое противоаварийное управление



Автоматика разгрузки при отключении линии (АРОЛ)

АРОЛ предназначена для обеспечения нормативных запасов статической устойчивости и допустимой токовой нагрузки ЛЭП и оборудования в послеаварийных режимах

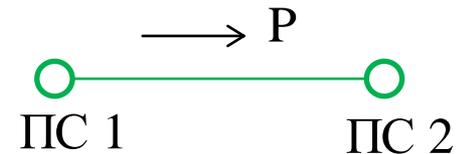


Автоматика разгрузки при перегрузке по мощности (АРПМ)

19

АРПМ предназначена для разгрузки контролируемой связи (сечения) при набросе мощности

АРПМ контролирует переток активной мощности по связи или сечению (P)



Отключение нагрузки

Длительная разгрузка турбин

Управляющие воздействия от устройств АРПМ

Отключение генераторов ТЭС, ГЭС и АЭС

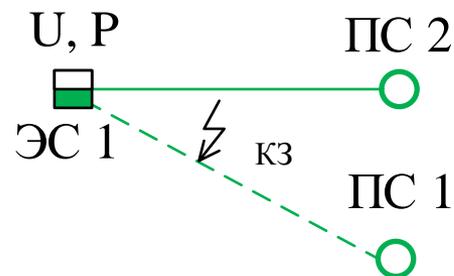
Автоматическая загрузка генераторов

Изменение режимов работы и эксплуатационного состояния управляемых элементов электрической сети

Автоматика разгрузки при близких (затяжных) КЗ (АРБКЗ/АРЗКЗ)

АРБКЗ (АРЗКЗ) предназначена для обеспечения динамической устойчивости генерирующего оборудования электростанций

АРБКЗ контролирует снижение напряжение прямой последовательности (U) и/или скорость сброса мощности электростанции (части энергоблоков) при КЗ (P)





Автоматика ограничения повышения напряжения (АОПН)

21

АОПН предназначена для предотвращения длительного воздействия повышенного напряжения на оборудование ЛЭП, электростанций и ПС

АОПН контролирует величину напряжения (U)



Управляющие воздействия от устройств АОПН

Включение шунтирующих реакторов

Отключение ЛЭП, зарядная мощность которой вызвала повышение напряжения, с запретом АПВ



Автоматика ограничения снижения напряжения (АОСН)

22

АОСН предназначена для недопустимого по условиям устойчивости генерирующего оборудования и энергопринимающих установок потребителей электрической энергии снижения напряжения

АОСН контролирует величину напряжения (U)



Изменение топологии электрической сети, обеспечивающее перераспределение потоков мощности и ликвидацию перегрузки элемента сети

Управляющие воздействия от устройств АОСН

Отключение нагрузки (ОН)

Изменение режима работы или эксплуатационного состояния средств компенсации реактивной мощности

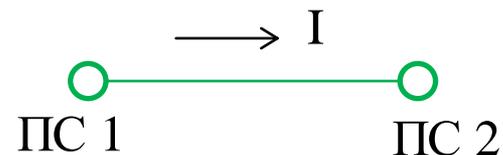


Автоматика ограничения перегрузки оборудования (АОПО)

23

АОПО предназначена для предотвращения недопустимой по величине и длительности токовой нагрузки ЛЭП и оборудования

АОПО контролирует величину электрического тока (I)



Отключение нагрузки

Автоматическая загрузка генераторов

Управляющие воздействия от устройств АОПО

Длительная разгрузка турбин блоков ТЭС и АЭС

Отключение генераторов ТЭС, ГЭС и АЭС

Изменение топологии электрической сети, обеспечивающее перераспределение потоков мощности и ликвидацию перегрузки элемента сети

Отключение перегружаемого элемента сети с запретом АПВ

Изменение режимов работы и эксплуатационного состояния управляемых элементов электрической сети



www.so-ups.ru

Оперативная информация о работе ЕЭС России

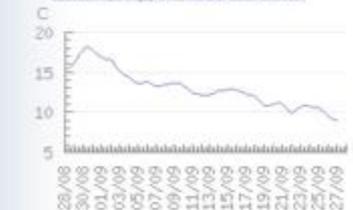


Индикаторы ЕЭС

Частота в ЕЭС России



Температура в ЕЭС России



План генерации и потребления



Новости Системного оператора

25.09.2011 16:21
Рязанское РДУ приняло участие в тренировке по ликвидации аварий в региональной энергосистеме
В Рязанской области в условиях аномально низких температур

23.09.2011 14:45
Системный оператор провел натурные испытания Единой энергосистемы России
Цели испытаний - проверка фактического действия систем переменного регулирования генерирующего оборудования, оценка влияния ввода услуг по нормированному параллельному регулированию частоты на характеристики ЕЭС России, определение частных характеристик ЕЭС России и энергосистем стран-участниц параллельной работы с ЕЭС России.

23.09.2011 11:16
Курское РДУ приняло участие в ликвидации условного нарушения электроснабжения потребителей города Курска и Курской области
22 сентября в рамках подготовки к прохождению осенне-зимнего периода 2011/2012 г. состоялась противопожарная тренировка, в которой приняли участие диспетчеры Курского РДУ, оперативный персонал региональных энергетических компаний, сотрудники ГУ МЧС России по Курской области и работники коммунальных служб города Курска.

21.09.2011 11:34
Ввод в эксплуатацию новой парогазовой установки на Яблониной ГРЭС повысит надежность электроснабжения потребителей Псковской области

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ САЙТ
КОНКУРЕНТНОГО
ОТБОРА МОЩНОСТИ

САЙТ
БАЛАНСИРУЮЩЕГО РЫНКА

ВАКАНСИИ

РАСКРЫТИЕ
ИНФОРМАЦИИ

NEWS
ПОДПИСКА НА НОВОСТИ

МИНЭНЕРГО РОССИИ

Спасибо за внимание