

Подписано 23.10. 2019 года руководителями Сторон Соглашения между концерном «Белэнерго», ГАО «Latvenergo», РАО «ЕЭС России», АО «Eesti Energia» и АО «Lietuvos Energija» о параллельной работе энергосистем от 7 февраля 2001 года

От ГПО  
«Белэнерго»

П. Дрозд



От ПАО  
«ФСК ЕЭС»

А. Мольский



На основании  
доверенности от  
09.11.2017 № 350-17

От АО  
«СО ЕЭС»

А. Ильенко



На основании  
доверенности от  
30.09.2019 № 01-73

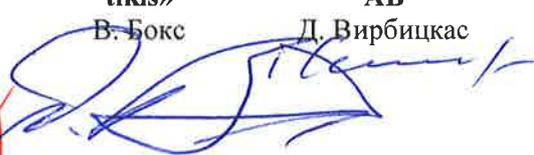
От AS  
«Elering»

Т. Вескимяги



От AS  
«Augstsprieguma  
tīkls»

В. Бокс



От  
LITGRID  
AB

Д. Вирбицкас



**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО УСТОЙЧИВОСТИ  
ЭНЕРГОСИСТЕМ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО КОЛЬЦА  
БЕЛАРУСИ, РОССИИ, ЭСТОНИИ, ЛАТВИИ, ЛИТВЫ  
(ЭК БРЭЛЛ)**

## 1. ВВЕДЕНИЕ

### Область применения

Настоящие Методические указания устанавливают требования к устойчивости параллельно работающих энергосистем Электрического Кольца Беларуси, России, Эстонии, Латвии, Литвы (БРЭЛЛ), определяют параметры электроэнергетического режима и их значения, обеспечивающие выполнение данных требований, а также устанавливают требования к определению максимально допустимых и аварийно допустимых перетоков активной мощности в контролируемых сечениях (допустимой нагрузки электростанций).

### Термины, определения и сокращения

В настоящих Методических указаниях применены термины с соответствующими определениями:

**Нормальный режим энергосистемы:** электроэнергетический режим энергосистемы, при котором значения технических параметров режима энергосистемы находятся в пределах длительно допустимых значений, имеются резервы мощности и запасы топлива на электрических станциях, обеспечивается электроснабжение энергопринимающих устройств потребителей электрической энергии;

**Послеаварийный режим энергосистемы:** установившийся электроэнергетический режим энергосистемы после завершения вызванного аварийным возмущением переходного режима;

**Вынужденный режим энергосистемы:** электроэнергетический режим энергосистемы, характеризующийся сниженными запасами устойчивости в нормальном режиме и возможностью нарушения устойчивости в послеаварийном режиме;

**Максимально допустимый переток активной мощности:** наибольшее значение допустимого перетока активной мощности в контролируемом сечении в нормальном режиме;

**Аварийно допустимый переток активной мощности:** наибольшее значение допустимого перетока активной мощности в контролируемом сечении в вынужденном режиме;

**Связь (в электрической сети):** Последовательность элементов электрической сети (линии электропередачи, трансформаторы (автотрансформаторы), системы (секции) шин, коммутационные аппараты), соединяющих две части энергосистемы;

**Сечение (в электрической сети):** Совокупность элементов одной или нескольких связей;

**Полное сечение:** Совокупность элементов одной или нескольких связей, одновременное отключение которых приводит к разделению

энергосистемы на две изолированно работающие части;

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

**Контролируемое сечение:** совокупность линий электропередачи и других элементов электрической сети, определяемых диспетчерским центром субъекта оперативно-диспетчерского управления в электроэнергетике, переток активной мощности по которым контролируется и/или регулируется в целях обеспечения устойчивости энергосистемы и допустимых режимов работы линий электропередачи и оборудования;

**Схема энергосистемы доаварийная:** схема электрической сети до возникновения аварийного возмущения;

**Схема энергосистемы нормальная:** схема энергосистемы, при которой все линии электропередачи и электросетевое оборудование, определяющие устойчивость, находятся в работе;

**Схема энергосистемы ремонтная:** схема энергосистемы, при которой из-за отключенного состояния одной или нескольких линий электропередачи, электросетевого оборудования, допустимый переток активной мощности в контролируемом сечении, определенный с учетом нормативного возмущения группы III, снижен относительно максимально допустимого перетока активной мощности в том же контролируемом сечении в нормальной схеме;

**Основная защита:** Быстродействующая защита, предназначенная для работы при всех видах коротких замыканий в пределах всего защищаемого элемента;

**Субъект оперативно-диспетчерского управления в электроэнергетике:** организация, уполномоченная на осуществление функций оперативно-диспетчерского управления.

В настоящих Методических указаниях применены следующие сокращения:

АДП	– аварийно допустимый переток активной мощности в контролируемом сечении;
АПВ	– автоматическое повторное включение;
АПНУ	– автоматика предотвращения нарушения устойчивости;
АЭС	– атомная электрическая станция;
ВЛ	– воздушная линия электропередачи;
ВПТ	– вставка постоянного тока;
ДАР	– дополнительная автоматическая разгрузка;
КВЛ	– кабельно-воздушная линия электропередачи;
КЗ	– короткое замыкание;
ЛЭП	– линия электропередачи;
МДП	– максимально допустимый переток активной мощности в контролируемом сечении;
ОАПВ	– однофазное автоматическое повторное включение;
ПГУ	– парогазовая установка;

ПШТ	–	передача постоянного тока;
ПА	–	противоаварийная автоматика;
РЗА	–	релейная защита и автоматика;
СШ	–	система (секция) шин;
ТАПВ	–	трехфазное автоматическое повторное включение;
УРОВ	–	устройство резервирования отказа выключателя.

## **2. Общие положения**

2.1. При проектировании и эксплуатации энергосистем проверка выполнения требований к устойчивости, определение максимально допустимых и аварийно допустимых перетоков активной мощности в контролируемых сечениях (допустимой нагрузки электростанций) должны осуществляться на основании расчетов установившихся электроэнергетических режимов, статической устойчивости и динамической устойчивости (далее – расчеты режимов и устойчивости).

2.2. Расчеты режимов и устойчивости должны выполняться с учетом эксплуатационного состояния и параметров ЛЭП, электросетевого и генерирующего оборудования и температуры наружного воздуха.

2.3. Необходимость проведения расчетов режимов и устойчивости для определения допустимых перетоков активной мощности в контролируемых сечениях с учетом действия устройств (комплексов) противоаварийной автоматики определяется по согласованию субъектов оперативно-диспетчерского управления в электроэнергетике, осуществляющих регулирование и/или контроль перетоков активной мощности в указанных контролируемых сечениях.

2.4. Расчетные модели, используемые для расчетов режимов и устойчивости должны обеспечивать возможность корректного моделирования установившихся и переходных режимов.

2.5. При проведении расчетов режимов и устойчивости с целью проверки выполнения требований к устойчивости, определения максимально допустимых и аварийно допустимых перетоков активной мощности в контролируемых сечениях (допустимой нагрузки электростанций), должны учитываться нормативные возмущения в соответствии с требованиями настоящих Методических указаний.

## **3. Нормативные возмущения**

3.1. Нормативные возмущения подразделяются на 3 группы (I, II и III).

3.2. Нормативные возмущения, связанные с короткими замыканиями на сетевых элементах (кроме СШ) переменного тока и их распределение по группам нормативных возмущений приведены в таблице 1.

Т а б л и ц а 1

№	Нормативные возмущения	Распределение нормативных возмущений по группам нормативных возмущений в электрической сети с номинальным напряжением, кВ		
		110 – 220	330 – 500	750
1.1	Отключение сетевого элемента основной защитой при однофазном КЗ с неуспешным АПВ	I	I	II
1.2	Отключение сетевого элемента резервной защитой (при невыполнении на сетевом элементе основной защиты) при однофазном КЗ с неуспешным АПВ	II	II	III
1.3	Отключение сетевого элемента основной защитой при трехфазном КЗ с неуспешным АПВ	II	–	–
1.4	Отключение сетевого элемента основной защитой при двухфазном КЗ на землю с неуспешным АПВ	–	II	III
1.5	Отключение сетевого элемента основной защитой при однофазном КЗ с отказом одного выключателя	III	III	III
1.6	Отключение в результате нормативного возмущения группы I двух ВЛ (КВЛ), провода воздушной части которых размещены на одних опорах на протяжении более 50 % длины более короткой ВЛ (воздушной части КВЛ)	III	III	III

#### П р и м е ч а н и я

1 При невозможности отключения КЗ в распределительном устройстве действием основной защиты (резервной защиты при невыполнении

- основной защиты) необходимо учитывать действие иных защит, отключающих КЗ с минимальным временем.
- 2 При невыполнении на сетевом элементе основной защиты при рассмотрении нормативного возмущения 1.2 необходимо рассматривать действие резервной защиты, отключающей КЗ с минимальным временем с учетом места КЗ.
  - 3 При рассмотрении нормативных возмущений 1.1 и 1.2 необходимо учитывать вид и параметры настройки (уставки) АПВ:
    - ТАПВ – при отсутствии однофазного АПВ;
    - ОАПВ – при наличии однофазного АПВ.
  - 4 При рассмотрении нормативного возмущения 1.5:
    - при наличии УРОВ необходимо учитывать отключение ЛЭП, электросетевого (включая системы (секции) шин) и генерирующего оборудования в соответствии с логикой действия УРОВ;
    - при отсутствии УРОВ необходимо учитывать отключение ЛЭП, электросетевого (включая системы (секции) шин) и генерирующего оборудования действием устройств РЗ, срабатывающих при отказе выключателя.
  - 5 Если нормативное возмущение 1.5 приводит к отключению системы (секции) шин, при проведении расчетов установившихся режимов и статической устойчивости группа нормативных возмущений принимается в соответствии с таблицей 2.

3.3. Нормативные возмущения, связанные с короткими замыканиями на СШ и их распределение по группам нормативных возмущений приведены в таблице 2.

Т а б л и ц а 2

№	Нормативные возмущения	Распределение нормативных возмущений по группам нормативных возмущений в электрической сети с номинальным напряжением, кВ		
		110 – 220	330 – 500	750
2.1	Отключение одной СШ основными защитами при однофазном КЗ	III	II	II

#### П р и м е ч а н и я

- 1 При наличии на объекте электроэнергетики АПВ шин учитывается неуспешное АПВ шин.
- 2 При рассмотрении нормативных возмущений необходимо учитывать отключение всех ЛЭП, электросетевого и генерирующего оборудования в результате отключения СШ.

3.4. Нормативные возмущения, связанные с аварийными небалансами активной мощности и их распределение по группам нормативных возмущений приведены в таблице 3.

Т а б л и ц а 3

№	Нормативные возмущения	Распределение нормативных возмущений по группам нормативных возмущений
3.1	Максимальный аварийный небаланс активной мощности, связанный с: <ul style="list-style-type: none"> <li>– отключением генератора;</li> <li>– отключением генераторов энергоблока ПГУ;</li> <li>– отключением генераторов АЭС, подключенных к одному реакторному блоку;</li> <li>– снижением активной мощности солнечных электростанций<sup>1)</sup>;</li> <li>– снижением активной мощности ветровых электростанций<sup>1)</sup>.</li> </ul>	II

**Примечание** – Снижение активной мощности солнечных, ветровых электростанций, расположенных в одном энергоузле, в течение 10 мин вследствие изменения погодных условий (освещенность, сила и направление ветра), определенное на основании фактической (статистической) информации.

3.5. Нормативные возмущения, связанные с отключением вставок постоянного тока и линий электропередачи постоянного тока, и их распределение по группам нормативных возмущений приведены в таблице 4.

Т а б л и ц а 4

№	Нормативные возмущения	Распределение нормативных возмущений по группам нормативных возмущений
4.1	Отключение однополярной ППТ или одного полюса биполярной ППТ	II
4.2	Отключение одного модуля ВПТ	II
4.3	Отключение двух полюсов биполярной ППТ	III
4.4	Отключение всех модулей ВПТ	III

3.6. Если нормативные возмущения приводят к снижению мощности нагрузки потребителей в процессе возмущения, при рассмотрении нормативных возмущений необходимо учитывать соответствующий небаланс активной мощности. Величина указанного небаланса активной мощности должна приниматься в соответствии с фактическими (статистическими) данными.

#### 4. Нормативные требования к устойчивости энергосистем

4.1. По условиям устойчивости энергосистем нормируются:

- минимальный коэффициент запаса статической аperiodической устойчивости по активной мощности в контролируемом сечении;
- минимальный коэффициент запаса статической устойчивости по напряжению в узле нагрузки.

4.2. Коэффициент запаса статической аperiodической устойчивости по активной мощности в контролируемом сечении  $K_P$  определяется по формуле

$$K_P = \frac{P_{np} - (P + \Delta P_{нк})}{P_{np}}, \quad (1)$$

где:  $P_{np}$  – предельный по статической аperiodической устойчивости переток активной мощности в контролируемом сечении, МВт;

$P$  – переток активной мощности в контролируемом сечении в рассматриваемом режиме, МВт;

$\Delta P_{нк}$  – амплитуда нерегулярных колебаний активной мощности в контролируемом сечении, МВт.

4.3. Коэффициент запаса статической устойчивости по напряжению в узле нагрузки  $K_U$  определяется по формуле:

$$K_U = \frac{U - U_{кр}}{U_{кр}}, \quad (2)$$

где:  $U$  – напряжение в узле нагрузки в рассматриваемом режиме, кВ;

$U_{кр}$  – критическое напряжение в узле нагрузки, кВ.

4.4. Критическое напряжение в узле нагрузки соответствует границе статической устойчивости электродвигательной нагрузки и должно определяться на основании фактических данных, в том числе информации о допустимых режимах работы электродвигательной нагрузки, представленных потребителем (собственником оборудования).

4.5. При отсутствии информации потребителя (собственника оборудования) величину критического напряжения в узлах нагрузки 110 кВ и выше следует принимать равной:

$$U_{кр} = 0,7 \times U_{ном}, \quad (3)$$

где:  $U_{ном}$  - номинальное напряжение электрической сети, кВ.

4.6. В нормальном режиме, в послеаварийном режиме после нормативного возмущения и в вынужденном режиме величины коэффициента запаса статической аperiodической устойчивости по активной мощности в контролируемом сечении и статической устойчивости по напряжению в узле нагрузки должны быть не меньше значений, указанных в таблице 5.

Т а б л и ц а 5

№	Электроэнергетический режим энергосистемы	$K_{P,min}$	$K_{U,min}$	Группы нормативных возмущений, при которых должны обеспечиваться требования к устойчивости	
				в нормальной схеме	в ремонтной схеме
1	Нормальный	0,20	0,15	I, II, III	I, II
2	Послеаварийный	0,08	0,10	–	–
3	Вынужденный	0,08	0,10	–	–

4.7. В нормальном режиме при нормативных возмущениях в соответствии с группами нормативных возмущений, указанными в таблице 5, должна обеспечиваться динамическая устойчивость генерирующего оборудования электростанций.

4.8. В послеаварийном режиме после нормативного возмущения в соответствии с группами нормативных возмущений, указанными в таблице 5, токовая нагрузка ЛЭП и электросетевого оборудования не должна превышать аварийно допустимой в течение 20 мин токовой нагрузки.

4.9. Переток активной мощности в контролируемом сечении, увеличенный на величину амплитуды нерегулярных колебаний активной мощности, должен соответствовать требованиям к устойчивости, указанным в пп. 4.6-4.8.

4.10. Величина амплитуды нерегулярных колебаний активной мощности в контролируемом сечении должна устанавливаться для каждого контролируемого сечения на основании статистических данных, а при невозможности их использования – на основании расчетного выражения.

Принципы определения величины амплитуды нерегулярных колебаний активной мощности в контролируемом сечении на основании статистических

данных устанавливаются каждой национальной энергосистемой в зависимости от особенностей ее функционирования.

4.11. Величина амплитуды нерегулярных колебаний активной мощности в полном контролируемом сечении должна определяться по формуле:

$$\Delta P_{нк} = K \sqrt{\frac{P_{н1} \times P_{н2}}{P_{н1} + P_{н2}}}, \quad (4)$$

где:  $P_{н1}, P_{н2}$  – активная мощность потребления энергосистемы (части энергосистемы, совокупности энергосистем) с каждой из сторон контролируемого сечения, МВт;

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

4.12. Значение коэффициента  $K$  в расчетном выражении (4) должно приниматься равным:

1,5 – при оперативном (по команде субъекта оперативно-диспетчерского управления в электроэнергетике) регулировании перетока активной мощности в контролируемом сечении;

0,75 – при автоматическом регулировании или ограничении перетока активной мощности в контролируемом сечении.

4.12. При определении допустимой выдачи мощности электростанции амплитуда нерегулярных колебаний активной мощности механизмов собственных нужд электростанции принимается равной нулю.

4.13. Величина амплитуды нерегулярных колебаний активной мощности в частичном контролируемом сечении должна определяться на основании величины амплитуды нерегулярных колебаний активной мощности в полном сечении в соответствии с коэффициентами распределения активной мощности между частичными контролируруемыми сечениями, входящими в состав полного сечения.

4.14. Для обеспечения выполнения требований к устойчивости, установленных в пп. 4.6-4.8, должны определяться и использоваться при планировании и управлении электроэнергетическим режимом значения максимально допустимых и аварийно допустимых перетоков активной мощности в контролируемых сечениях с проверкой обеспечения в нормальном режиме допустимых значений иных параметров электроэнергетического режима, в том числе:

– токовая нагрузка ЛЭП и электросетевого оборудования должна не превышать допустимой (с учетом допустимой величины и длительности перегрузки);

– напряжения на шинах объектов электроэнергетики должны находиться в области допустимых значений (с учетом допустимой величины и длительности повышения/снижения напряжения).

Необходимость определения и возможность использования при планировании и управлении электроэнергетическим режимом значений АДП в контролируемом сечении в национальной энергосистеме определяется субъектом оперативно-диспетчерского управления в электроэнергетике, а для межгосударственных контролируемых сечений - взаимосогласованным решением субъектов оперативно-диспетчерского управления в электроэнергетике.

## 5. Требования к определению максимально допустимых и аварийно допустимых перетоков активной мощности в контролируемых сечениях

5.1. Для контроля соблюдения нормативных требований к устойчивости при проектировании и эксплуатации (планировании и управлении электроэнергетическим режимом) должны использоваться значения перетоков активной мощности в контролируемых сечениях.

5.2. Максимально допустимый переток активной мощности в контролируемом сечении должен соответствовать следующим критериям:

5.2.1. Коэффициент запаса статической аperiodической устойчивости по активной мощности в контролируемом сечении в нормальном режиме (в доаварийной схеме) – не менее значения  $K_{P,\min}$ , указанного в таблице 5.

Значение допустимого перетока активной мощности в контролируемом сечении по данному критерию должно определяться по формуле

$$P_M = 0,8 \times P_{np} - \Delta P_{нк} \quad (5)$$

5.2.2. Коэффициент запаса статической аperiodической устойчивости по активной мощности в контролируемом сечении в послеаварийном режиме после нормативного возмущения – не менее значения  $K_{P,\min}$ , указанного в таблице 5.

Значение допустимого перетока активной мощности в контролируемом сечении по данному критерию должно определяться по формуле

$$P_M = P_{\partial/ав}(P_{n/ав}) - \Delta P_{нк} + \Delta P_{ПА}, \quad (6)$$

где:  $P_{n/ав} = 0,92 \times P_{np}^{n/ав}$  – допустимый переток активной мощности в контролируемом сечении в послеаварийном режиме после нормативного возмущения, МВт;

$P_{np}^{n/ав}$  – предельный по статической аperiodической устойчивости переток активной мощности в контролируемом сечении в послеаварийном режиме после нормативного возмущения;

$P_{\partial/ав}(P_{n/ав})$  – переток активной мощности в контролируемом сечении в доаварийной схеме, соответствующий допустимому перетоку активной

мощности в контролируемом сечении в послеаварийном режиме после нормативного возмущения, МВт;

$\Delta P_{ПА}$  – приращение допустимого перетока активной мощности в контролируемом сечении за счет реализации управляющих воздействий от устройств (комплексов) противоаварийной автоматики с учетом их эффективности, определяемой как изменение перетока активной мощности в контролируемом сечении при реализации управляющих воздействий, МВт.

5.2.3. Коэффициент запаса статической устойчивости по напряжению в узле нагрузки в послеаварийном режиме после нормативного возмущения – не менее значения  $K_{U,\min}$ , указанного в таблице 5.

Значение допустимого перетока активной мощности в контролируемом сечении по данному критерию должно определяться по формуле

$$P_M = P_{\partial/ав}(U_{n/ав}^{\partial on}) - \Delta P_{нк} + \Delta P_{ПА}, \quad (7)$$

где:  $U_{n/ав}^{\partial on} = U_{кр} \times 1,1$  – допустимое напряжение в узле нагрузки в послеаварийном режиме после нормативного возмущения, кВ;

$P_{\partial/ав}(U_{n/ав}^{\partial on})$  – переток активной мощности в контролируемом сечении в доаварийной схеме, соответствующий допустимому напряжению в узле нагрузки в послеаварийном режиме после нормативного возмущения, МВт.

5.2.4. Должна обеспечиваться динамическая устойчивость генерирующего оборудования электрических станций после нормативного возмущения.

Значение допустимого перетока активной мощности в контролируемом сечении по данному критерию должно определяться по формуле:

$$P_M = P_{дин}^{пред} - \Delta P_{нк}, \quad (8)$$

где  $P_{дин}^{пред}$  – предельный по динамической устойчивости переток активной мощности в контролируемом сечении, МВт.

5.2.5. Токовая нагрузка ЛЭП и электросетевого оборудования в послеаварийном режиме после нормативного возмущения не должна превышать аварийно допустимой (в соответствии с п. 4.8).

Значение допустимого перетока активной мощности в контролируемом сечении по данному критерию должно определяться по формуле:

$$P_M = P_{\partial/ав}(I_{n/ав}^{\partial on}) - \Delta P_{нк} + \Delta P_{ПА}, \quad (9)$$

где:  $I_{n/ав}^{\partial on}$  – аварийно допустимая токовая нагрузка ЛЭП (электросетевого оборудования), А;

$P_{\partial/ав}(I_{n/ав}^{дон})$  – переток активной мощности в контролируемом сечении в доаварийной схеме, соответствующий аварийно допустимой токовой нагрузке ЛЭП (электросетевого оборудования) в послеаварийном режиме после нормативного возмущения, МВт.

5.3. Значение максимально допустимого перетока активной мощности в контролируемом сечении должно соответствовать минимальному из значений допустимого перетока активной мощности в контролируемом сечении, определенных в соответствии с требованиями п. 5.2.

5.4. Для значения максимально допустимого перетока активной мощности в контролируемом сечении, определенного в соответствии с требованиями п. 5.3, увеличенного на величину амплитуды нерегулярных колебаний активной мощности в контролируемом сечении, должна быть проведена проверка выполнения следующих критериев:

5.4.1. Коэффициент запаса статической устойчивости по напряжению в узле нагрузки в нормальном режиме (в доаварийной схеме) – не менее значения  $K_{U,\min}$ , указанного в таблице 5.

5.4.2. Токовая нагрузка ЛЭП и электросетевого оборудования в нормальном режиме (в доаварийной схеме) не должна превышать длительно допустимой.

5.5. При невыполнении критерия, указанного в п. 5.4.1:

– при планировании электроэнергетического режима должно использоваться значение допустимого перетока активной мощности в контролируемом сечении, определенное по формуле:

$$P_M = P(U_{дон}) - \Delta P_{нк}, \quad (10)$$

где:  $U_{дон} = U_{кр} \times 1,15$  – допустимое напряжение в узле нагрузки в доаварийной схеме, кВ;

$P(U_{дон})$  - переток активной мощности по соответствующей ЛЭП и электросетевому оборудованию или в контролируемом сечении в доаварийной схеме, соответствующий допустимому напряжению в узле нагрузки в доаварийной схеме, МВт;

– при управлении электроэнергетическим режимом дополнительно с контролем максимально допустимого перетока активной мощности в контролируемом сечении, определенного в соответствии с требованиями п.5.3, должен осуществляться контроль обеспечения допустимого напряжения ( $U_{дон} = U_{кр} \times 1,15$ ) в соответствующем узле нагрузки.

При невыполнении критерия, указанного в п. 5.4.2:

– при планировании электроэнергетического режима должно использоваться значение допустимого перетока активной мощности по соответствующей ЛЭП и электросетевому оборудованию или в контролируемом сечении, определенного по формуле:

$$P_M = P(I_{\text{дон}}) - \Delta P_{\text{нк}}, \quad (11)$$

где:  $I_{\text{дон}}$  - длительно допустимая токовая нагрузка ЛЭП (электросетевого оборудования), А;

$P(I_{\text{дон}})$  - переток активной мощности по соответствующей ЛЭП и электросетевому оборудованию или в контролируемом сечении в доаварийной схеме, соответствующий длительно допустимой токовой нагрузке ЛЭП (электросетевого оборудования), МВт;

– при управлении электроэнергетическим режимом дополнительно с контролем максимально допустимого перетока активной мощности в контролируемом сечении, определенного в соответствии с требованиями п. 5.3, должен осуществляться контроль обеспечения допустимой (с учетом допустимой величины и длительности перегрузки) токовой нагрузки соответствующей ЛЭП и электросетевого оборудования.

5.6. Для полного контролируемого сечения, состоящего из одного элемента электрической сети или нескольких элементов электрической сети, одновременное отключение которых возможно в результате единичного нормативного возмущения, для значения максимально допустимого перетока активной мощности в контролируемом сечении, определенного в соответствии с требованиями п.5.3, увеличенного на величину амплитуды нерегулярных колебаний активной мощности в контролируемом сечении, дополнительно к требованиям п.5.4 должна быть проведена проверка выполнения следующего критерия:

переток активной мощности в контролируемом сечении в направлении дефицитной энергосистемы (энергорайона), отделение которой на изолированную работу от энергообъединения происходит в результате отключения связей контролируемого сечения и установленная мощность электростанций на территории которой превышает 70 % от максимального потребления активной мощности, не должен превышать величины 40 % от потребления активной мощности в указанной энергосистеме (энергорайоне) после действия устройств (комплексов) ПА на отключение нагрузки потребителей (с учетом их эффективности), пусковым фактором которых является отключение связей контролируемого сечения (АПНУ, ДАР) или скорость снижения частоты (ДАР), увеличенной на величину объема управляющих воздействий от указанных устройств (комплексов) ПА.

5.7. При невыполнении критерия, указанного в п.5.6, и наличии рисков недопустимых режимов работы и повреждения генерирующего оборудования в дефицитной энергосистеме (энергорайоне), отделение которой на изолированную работу от энергообъединения происходит в результате отключения связей контролируемого сечения:

– при планировании электроэнергетического режима должно использоваться значение допустимого перетока активной мощности в контролируемом сечении, определенное по формуле:

$$P_M = 0,4 \times (P_{номр} - \Delta P_{ПА}) + \Delta P_{ПА} - \Delta P_{нк}, \quad (12)$$

где  $P_{номр}$  – потребление активной мощности в энергосистеме (энергорайоне), отделение которой на изолированную работу от энергообъединения происходит в результате отключения связей контролируемого сечения, МВт;

– при управлении электроэнергетическим режимом дополнительно с контролем максимально допустимого перетока активной мощности в контролируемом сечении, определенного в соответствии с требованиями п. 5.3, должен осуществляться контроль обеспечения допустимого перетока, определенного в соответствии с (12).

5.8. При невозможности обеспечения при планировании и/или управлении электроэнергетическим режимом перетока активной мощности в контролируемом сечении, определенного в соответствии с (12), может планироваться и/или осуществляться работа в вынужденном режиме в соответствующем контролируемом сечении.

5.9. Субъектом оперативно-диспетчерского управления в электроэнергетике должно приниматься решение о необходимости (отсутствии необходимости) перехода на работу в вынужденном режиме при планируемой или фактической в течение более допустимой длительности послеаварийного режима (20 мин) работе с перетоком активной мощности в контролируемом сечении превышающим:

– переток активной мощности, соответствующий требованиям к устойчивости, установленными пп. 4.6-4.8;

– переток активной мощности, определенный в соответствии с требованиями п. 5.7 (только для полного контролируемого сечения, состоящего из одного элемента электрической сети или нескольких элементов электрической сети, одновременное отключение которых возможно в результате единичного нормативного возмущения).

5.10. Возможность работы и порядок перехода на работу в вынужденном режиме должен осуществляться в соответствии с порядком, установленным субъектом оперативно-диспетчерского управления в электроэнергетике. Допустимый переток активной мощности в контролируемом сечении в вынужденном режиме определяется субъектом оперативно-диспетчерского управления в электроэнергетике, но не должен превышать АДП в контролируемом сечении.

5.11. Аварийно допустимый переток активной мощности в контролируемом сечении должен соответствовать следующему критерию:

Коэффициент запаса статической апериодической устойчивости по активной мощности в контролируемом сечении в вынужденном режиме (в исходной схеме) – не менее значения  $K_{P, \min}$ , указанного в таблице 5.

Значение допустимого перетока активной мощности в контролируемом сечении по данному критерию должно определяться по формуле:

$$P_M = 0,92 \times P_{np} \quad (13)$$

5.12. Для значения аварийно допустимого перетока активной мощности в контролируемом сечении, определенного в соответствии с требованиями п. 5.11, должна быть проведена проверка выполнения следующих критериев.

5.12.1. Коэффициент запаса статической устойчивости по напряжению в узле нагрузки в вынужденном режиме (в исходной схеме) – не менее значения  $K_{U,\min}$ , указанного в таблице 5.

5.12.2. Токовая нагрузка ЛЭП и электросетевого оборудования в вынужденном режиме (в исходной схеме) должна не превышать длительно допустимой.

5.13. При невыполнении критерия, указанного в п. 5.12.1:

- при планировании электроэнергетического режима должно использоваться значение допустимого перетока активной мощности в контролируемом сечении, определенное по формуле (10) при  $U_{\text{дон}} = U_{\text{кр}} \times 1,1$ ;
- при управлении электроэнергетическим режимом дополнительно с контролем аварийно допустимого перетока активной мощности в контролируемом сечении, определенного в соответствии с требованиями п. 5.11, должен осуществляться контроль обеспечения допустимого напряжения ( $U_{\text{дон}} = U_{\text{кр}} \times 1,1$ ) в соответствующем узле нагрузки.

5.14. При невыполнении критерия, указанного в п. 5.12.2:

- при планировании электроэнергетического режима должно использоваться значение допустимого перетока активной мощности по соответствующей ЛЭП и электросетевому оборудованию или в контролируемом сечении, определенного по формуле (11);
- при управлении электроэнергетическим режимом дополнительно с контролем аварийно допустимого перетока активной мощности в контролируемом сечении, определенного в соответствии с требованиями п. 5.11, должен осуществляться контроль обеспечения допустимой (с учетом допустимой величины и длительности перегрузки) токовой нагрузки соответствующей ЛЭП и электросетевого оборудования.

5.15. Значения максимально допустимых и аварийно допустимых перетоков активной мощности в контролируемых сечениях могут быть заданы в зависимости от температуры окружающей среды, а также как функции от параметров электроэнергетического режима и/или эксплуатационного состояния ЛЭП, электросетевого и генерирующего оборудования, в том числе от:

- количества включенных единиц генерирующего оборудования на электростанции;
- нагрузки отдельных электростанций/единиц генерирующего оборудования на электростанции;

- включенного состава и режимов работы средств компенсации реактивной мощности;
- значений перетоков активной мощности по ЛЭП и электросетевому оборудованию;
- величин потребления активной мощности энергосистемы (энергорайона, энергоузла);
- наличия условий срабатывания и объема управляющих воздействий от устройств (комплексов) противоаварийной автоматики.

5.16. В зависимости от особенностей структуры и функционирования энергосистем при управлении электроэнергетическим режимом для контроля соблюдения нормативных требований к устойчивости могут также использоваться:

- напряжение на шинах объектов электроэнергетики;
- разность углов между векторами напряжения на шинах объектов электроэнергетики;
- токовая нагрузка ЛЭП и электросетевого оборудования.

5.17. Несохранение устойчивости допускается в следующих случаях:

5.17.1. При работе в вынужденном режиме после любых, в том числе нормативных, возмущений.

5.17.2. При ненормативных (более тяжелых чем нормативные в рассматриваемых схемно-режимных условиях) возмущениях.

5.17.3. При нормативных возмущениях, если в послеаварийном режиме после нормативного возмущения:

- предельный по статической аperiodической устойчивости переток активной мощности в контролируемом сечении не превышает утроенной амплитуды нерегулярных колебаний активной мощности в рассматриваемом контролируемом сечении;
- предел статической аperiodической устойчивости в рассматриваемом контролируемом сечении снижается на 70 % и более;
- увеличение перетока активной мощности в контролируемом сечении составляет 50 % и более предела статической аperiodической устойчивости в рассматриваемом контролируемом сечении.

5.17.4. При возникновении любых дополнительных аварийных возмущений в течение 20 мин после аварийного возмущения.

При несохранении устойчивости после нормативных возмущений, приводящих к последствиям, указанным в п. 5.17.3, деление по сечению не должно приводить к погашению дефицитной по мощности части энергосистемы из-за недостаточности объема АЧР.