

УТВЕРЖДЕНЫ
Решением Координационного совета при
Электроэнергетическом Совете СНГ
Протокол № 7 от 11.12.2023

**ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ОРГАНИЗАЦИИ СИСТЕМЫ
МОНИТОРИНГА ЗАПАСОВ УСТОЙЧИВОСТИ ЭНЕРГОСИСТЕМ В
ГОСУДАРСТВАХ-УЧАСТНИКАХ СНГ, БАЛТИИ И ГРУЗИИ**

СОГЛАСОВАНЫ
решением КОТК
Протокол № 43 от 19-20.09.2023

1. Назначение и область применения

Настоящие Основные принципы организации системы мониторинга запасов устойчивости в энергосистемах государств-участников параллельной работы (далее – Основные принципы) устанавливают требования к организации системы мониторинга запасов устойчивости в энергосистемах государств-участников параллельной работы для целей расчёта максимально допустимых и аварийно допустимых перетоков активной мощности (далее – ДП) в контролируемых сечениях на основании фактических схемно-режимных и режимно-балансовых условий функционирования энергосистем.

Основные принципы предназначены для субъектов оперативно-диспетчерского управления государств-участников параллельной работы, входящих в энергообъединение ЕЭС/ОЭС.

2. Термины и определения

В Основных принципах применены термины в соответствии с Методическими указаниями по устойчивости параллельно работающих энергосистем стран СНГ, Балтии и Грузии, утвержденными решением 53-го заседания Электроэнергетического Совета СНГ от 02.11.2018 (далее – Методические указания), а также следующие термины с соответствующими определениями:

Система мониторинга запасов устойчивости – программный комплекс, выполняющий расчет в режиме реального времени значений ДП в контролируемом сечении на основании фактических значений параметров электроэнергетического режима.

3. Обозначения и сокращения

АДП	–	аварийно допустимый переток активной мощности;
ДП	–	максимально допустимый и аварийно допустимый перетоки активной мощности;
ДЦ	–	диспетчерский центр;
КС	–	контролируемое сечение;
КИТ	–	контроль изменения топологии электрической сети;
МДП	–	максимально допустимый переток активной мощности;
Модель ДЦ	–	модель, используемая ДЦ для проведения расчетов допустимых перетоков активной мощности в контролируемом сечении;
ОИК	–	оперативно-информационный комплекс;
ПА	–	противоаварийная автоматика;
ПК	–	программный комплекс;
СМЗУ	–	система мониторинга запасов устойчивости;
субъект ОДУ	–	субъект оперативно-диспетчерского управления.

4. Основные положения.

4.1. СМЗУ позволяет осуществлять управление электроэнергетическим режимом с максимальным использованием пропускной способности электрической сети в текущих схемно-режимных и режимно-балансовых условиях функционирования энергосистемы.

4.2. При расчёте ДП СМЗУ обеспечивает учет текущей топологии электрической сети, а также информации об уровнях напряжения в прилегающей электрической сети, составе и режиме работы генерирующего оборудования электрических станций и средств компенсации реактивной мощности.

4.3. Приведенные в Основных принципах требования распространяются на КС, ДП в которых рассчитываются с использованием СМЗУ.

5. Требования к расчету ДП в КС

5.1. Расчет ДП в КС должен осуществляться СМЗУ в соответствии с требованиями Методических указаний.

5.2. Нормально для управления режимом ДЦ должен использоваться допустимый переток активной мощности в КС, рассчитанный СМЗУ. Переход на использование ДП в КС, предварительно рассчитанных ДЦ вручную, должен осуществляться при выводе СМЗУ из работы.

6. Состав программных средств СМЗУ и принципы их взаимодействия с внешними информационными системами.

6.1. СМЗУ должна включать себя следующие основные компоненты:

– модуль импорта телеметрической информации, предназначенный для импорта заданного в СМЗУ перечня телеметрической информации из ОИК ДЦ;

– модуль оценивания состояния, предназначенный для оценивания состояния расчетной модели СМЗУ на основе заранее заданной модели электрической сети и телеметрической информации, получаемой от ОИК ДЦ;

– модуль технологического алгоритма, предназначенный для определения ДП (МДП, АДП и МДП с учетом действия ПА) в КС в соответствии с требованиями Методических указаний для заданных нормативных возмущений с использованием модели, полученной от модуля оценивания состояния;

– модуль верификации рассчитанных СМЗУ ДП в КС, осуществляющий проверку полученных от технологического алгоритма СМЗУ ДП в КС и при успешном прохождении проверки разрешающий передачу указанных значений в иные ПК, используемые ДЦ при управлении электроэнергетическим режимом (далее – модуль верификации);

– модуль КИТ, предназначенный для исключения после импорта СМЗУ телеметрической информации из ОИК ДЦ возможности расчета СМЗУ неактуальных значений ДП в КС в связи с изменением топологии электрической сети или иных факторов, влияющих на величину ДП в КС (далее – влияющие факторы). Модуль КИТ должен обеспечивать контроль изменения влияющих факторов и выдавать команду на останов текущего расчетного цикла СМЗУ при изменении влияющего фактора. Перечень влияющих факторов должен определяться ДЦ.

6.2. СМЗУ должна обеспечивать взаимодействие с ОИК ДЦ для получения телеметрической информации (импорт телеизмерений активной и реактивных мощностей, напряжений, состояния элементов электроэнергетической системы и коммутационного оборудования) и иными ПК ДЦ, использующими сведения о ДП КС для управления электроэнергетическим режимом.

7. Требования к формированию расчетной модели СМЗУ.

7.1. Расчетную модель СМЗУ необходимо формировать на основании используемой ДЦ расчетной модели электроэнергетической системы для проведения расчетов ДП в КС.

7.2. Расчетная модель СМЗУ должна соответствовать следующим требованиям:

- объем и детализация расчетной модели должны обеспечивать возможность выполнения корректного расчета ДП в каждом КС;
- объем и детализация расчетной модели СМЗУ должны обеспечивать устойчивую работу модуля оценивания состояния с учетом имеющегося объема и качества телеметрической информации;
- расчетная модель СМЗУ должна обеспечивать возможность выполнения корректного утяжеления электроэнергетического режима и моделирования нормативных возмущений;
- параметры элементов расчетной модели СМЗУ должны соответствовать информации, предоставленной собственниками оборудования;
- расчетная модель СМЗУ должна включать параметры для проведения расчета переходных режимов (при наличии необходимости таких расчетов) в объеме, достаточном для обеспечения возможности выполнения корректных расчётов;
- алгоритмы и параметры настройки устройств противоаварийной автоматики в расчетной модели СМЗУ должны соответствовать фактическим.

8. Требования к функционированию и точности работы модуля оценивания состояния в СМЗУ.

8.1. Для подтверждения корректной работы модуля оценивания состояния СМЗУ при первичном внедрении СМЗУ или при увеличении числа КС, допустимые перетоки в которых определяются СМЗУ, сопровождающимся расширением расчетной модели СМЗУ, необходимо проводить испытания по проверке выполнения оценивания состояния.

8.2. Целью испытаний по проверке выполнения оценивания состояния является подтверждение достаточности объема и качества телеметрической информации для корректного выполнения оценивания состояния расчетной модели СМЗУ.

8.3. При проверке выполнения оценивания состояния должна выполняться последовательная проверка:

- привязки телеметрической информации к расчетной модели СМЗУ;

- выполнения оценивания состояния отдельных срезов телеметрической информации (не менее пяти срезов);
- выполнения оценивания состояния в циклическом режиме (не менее трех суток);
- устойчивости и надежности выполнения оценивания состояния в циклическом режиме (не менее десяти суток).

8.4. Для определения корректности привязки телеметрической информации к расчетной модели СМЗУ необходимо провести анализ соответствия загруженной в расчетную модель СМЗУ телеметрической информации измеренным параметрам электроэнергетического режима в ОИК.

8.5. Проверка выполнения оценивания состояния отдельных срезов телеметрической информации должна выполняться для режимов, зафиксированных за последний месяц, соответствующих:

- режиму минимальных нагрузок;
- режиму максимальных нагрузок;
- трем иным характерным режимам с максимальной загрузкой КС.

Проверка выполнения оценивания состояния отдельных срезов телеметрической информации должна выполняться для каждого элемента расчетной модели, заданного в явном виде (без эквивалентирования) за исключением сетевых элементов, отходящих от примыкающих к эквивалентам объектов, к которым привязано телеизмерение соответствующего параметра электроэнергетического режима из ОИК.

Для каждого среза телеметрической информации, для которого выявлены отличия оцененных параметров электроэнергетического режима от измеренных параметров электроэнергетического режима, превышающие допустимые отклонения, приведенные в Таблице 1, необходимо выявить и при наличии возможности устранить причину указанного отличия посредством, в том числе:

- повышения качества телеметрической информации;
- замены недостоверной телеметрической информации;
- исключения недостоверной телеметрической информации из модели СМЗУ, если она не оказывает значительного влияния на оценивание состояния;
- уменьшения значений доверительных коэффициентов для недостоверной телеметрической информации в СМЗУ с целью уменьшения ее влияния на формирование оцененного режима.

Выполнение оценивания состояния отдельных срезов телеметрической информации признается корректным при отсутствии отличий оцененных параметров электроэнергетического режима от измеренных параметров электроэнергетического режима (не связанных с некорректным учетом телеметрической информации) для всех указанных срезов телеметрической информации.

8.6. Проверка выполнения оценивания состояния в циклическом режиме должна выполняться путем проверки среднеквадратичных отклонений оцененных параметров электроэнергетического режима от измеренных

параметров электроэнергетического режима не менее 1 раза в сутки для всех режимов, оцененных с момента предыдущей проверки.

Для каждой совокупности расчетных точек, для которой выявлены отличия оцененных параметров электроэнергетического режима от измеренных параметров электроэнергетического режима, превышающие допустимые отклонения, приведенные в Таблице 1, необходимо выявить и при наличии возможности устранить причину указанного отличия посредством выполнения мероприятий, указанных в пункте 8.5.

Выполнение оценивания состояния в циклическом режиме признается корректным при отсутствии отличий оцененных параметров электроэнергетического режима от измеренных параметров электроэнергетического режима (не связанных с некорректным учетом телеметрической информации) в течение 3 последних суток технологической проверки функционирования СМЗУ.

Таблица 1. Допустимые отклонения параметров электроэнергетического режима при проверке функционирования СМЗУ в части корректности выполнения оценивания состояния

Параметр	Допустимые отклонения при номинальном напряжении, не более**		
	220 кВ и ниже	330–500 кВ	750 кВ
Генерация активной мощности	2 % или 10 МВт		
Генерация реактивной мощности	5 % или 25 Мвар		
Потребление и сальдо активной (реактивной) мощности	5 % или 15 МВт	5 % или 25 МВт	5 % или 30 МВт
Перетоки активной (реактивной) мощности по сетевым элементам*	(15 Мвар)	(25 Мвар)	(30 Мвар)
Уровни напряжения в узлах*	2 кВ	3 кВ	4 кВ

* - При выявлении в отдельных узлах систематических несоответствий параметров электроэнергетического режима в расчетной модели СМЗУ и в ОИК необходимо провести анализ корректности параметров электроэнергетического режима в ОИК. При выявлении в ОИК отдельных параметров электроэнергетического режима, систематически не соответствующих фактическому режиму, их учет при оценке выполнения оценивания состояния не выполняется.

** - Принимается большая величина.

8.7. Проверка устойчивости и надежности выполнения оценивания состояния в циклическом режиме должна выполняться после подтверждения корректности выполнения оценивания состояния в соответствии с пунктом 8.6.

Проверка устойчивости и надежности выполнения оценивания состояния в циклическом режиме проводится посредством непрерывного выполнения оценивания состояния в циклическом режиме в течение не менее 10 дней.

Выполнение оценивания состояния в циклическом режиме признается устойчивым и надежным при отсутствии ошибок и остановов программного обеспечения (формирования соответствующих кодов ошибок, за исключением

внешних причин) при непрерывном выполнении оценивания состояния СМЗУ в циклическом режиме в течение не менее 99 % расчетных циклов СМЗУ.

9. Критерии оценки и требования к точности расчета максимально допустимых и аварийно допустимых перетоков активной мощности

9.1. Для подтверждения корректного расчета ДП в КС при первичном внедрении СМЗУ, увеличении числа КС или при внесении изменений в расчетную модель СМЗУ (изменение схемы электрической сети, состава и настроек противоаварийной автоматики и т.д.) необходимо проводить:

- проверку корректности функционирования технологического алгоритма СМЗУ;
- проверку корректности расчетной модели;
- проверку корректности функционирования СМЗУ в целом.

Целью проверки функционирования технологического алгоритма СМЗУ является подтверждение корректного определения ДП в КС с учетом всех нормативных возмущений и действия противоаварийной автоматики.

Целью проверки корректности расчетной модели является подтверждение достаточности объема и детализации расчетной модели СМЗУ для корректного определения СМЗУ ДП в КС.

Целью проверки функционирования СМЗУ в целом является проверка взаимодействия отдельных модулей СМЗУ.

9.2. Для проверки корректности функционирования технологического алгоритма СМЗУ должна выполняться проверка:

- определения величин ДП в КС, состоящая из проверок:
 - процесса утяжеления электроэнергетического режима с использованием заданной траектории утяжеления;
 - определения предельных перетоков активной мощности в нормальном режиме и в послеаварийном режиме после нормативного возмущения;
 - определения ДП по всем критериям в послеаварийном режиме после нормативного возмущения;
 - определения МДП без ПА, МДП с ПА и АДП;
 - моделирования действия устройств противоаварийной автоматики;
- устойчивости и надежности функционирования технологического алгоритма СМЗУ в циклическом режиме.

9.3. Проверка определения технологическим алгоритмом СМЗУ величин ДП в КС должна выполняться посредством проведения сравнительных расчетов на расчетной модели СМЗУ.

При проведении сравнительных расчетов должна выполняться проверка определения технологическим алгоритмом СМЗУ ДП в КС с учетом всех нормативных возмущений и действия ПА путем ручного и автоматического утяжеления исходного режима по идентичной траектории утяжеления.

Проверка определения технологическим алгоритмом СМЗУ величин ДП в КС должна выполняться для:

- режима минимальных нагрузок в нормальной схеме;

- режима максимальных нагрузок в нормальной схеме;
- характерных режимов с максимальной загрузкой КС в нормальной и в двух ремонтных схемах.

Для проверки корректности определения технологическим алгоритмом СМЗУ величин ДП необходимо провести:

- автоматический расчет величин ДП на расчетной модели СМЗУ по всем критериям определения ДП для всех нормативных возмущений с учетом действия ПА;
- ручной расчет с использованием ПК, применяемого ДЦ для определения ДП в КС (далее – ручной расчет), величин ДП на расчетной модели СМЗУ с идентичными схемными и режимными условиями по всем критериям определения ДП для всех нормативных возмущений с учетом действия ПА.

Критерием корректности определения технологическим алгоритмом СМЗУ величин ДП является различие величин ДП, полученных автоматическим и ручным расчетом не более 2 % или 5 МВт (принимается большая величина) от величин допустимого перетока активной мощности, полученных ручным расчетом.

9.4. Проверка устойчивости и надежности функционирования технологического алгоритма СМЗУ в циклическом режиме проводится посредством непрерывного определения ДП в КС в циклическом режиме в течение не менее 10 дней.

Функционирование технологического алгоритма СМЗУ в циклическом режиме признается устойчивым и надежным при отсутствии ошибок и остановов программного обеспечения (формирования соответствующих кодов ошибок, за исключением внешних причин) при непрерывном успешном определении ДП в КС в циклическом режиме в течение не менее 99 % расчетных циклов СМЗУ.

9.5. Проверка расчетной модели СМЗУ выполняется путем проведения сравнительных расчетов на расчетной модели СМЗУ и на Модели ДЦ для идентичного исходного режима с использованием идентичной траектории утяжеления.

Проверка расчетной модели СМЗУ должна выполняться для:

- режима минимальных нагрузок в нормальной схеме;
- режима максимальных нагрузок в нормальной схеме;
- характерных режимов с максимальной загрузкой КС в нормальной и в двух ремонтных схемах.

Для проверки расчётной модели СМЗУ необходимо провести:

- автоматический расчет величины допустимого перетока активной мощности на расчетной модели СМЗУ;
- ручной расчет величины допустимого перетока активной мощности на Модели ДЦ по всем критериям определения допустимого перетока активной мощности.

При выполнении сравнительных расчетов:

- должны использоваться расчетные модели с идентичными схемными и режимными условиями в соответствии с критериями;

- должны использоваться идентичные траектории утяжеления (в части используемых нагрузок, генераций и шага утяжеления);

- моделирование действия ПА в ПК, применяемом в ДЦ для определения ДП в КС, необходимо осуществлять аналогично моделированию действия ПА в СМЗУ (в части используемых вида, объемов, узлов и принципов реализации управляющих воздействий).

Критериями идентичности схемных и режимных условий в расчетных моделях являются для каждого элемента расчетной модели, заданного в явном виде (без эквивалентирования):

- одинаковые параметры линий электропередачи, электросетевого и генерирующего оборудования, нагрузок;

- одинаковое состояние линий электропередачи, электросетевого и генерирующего оборудования;

- одинаковая генерация активной мощности;

- одинаковые коэффициенты трансформации;

- одинаковое заданное напряжение на шинах генераторов;

- отличие величин генерации реактивной мощности генераторов не более 10 Мвар;

- отличие напряжения в узлах расчетных моделей не более 1 – 3 кВ (меньшие значения соответствуют узлам 110 – 220 кВ, а также узлам вблизи КС, большие значения соответствуют узлам 330 кВ и выше, а также узлам, удаленным от КС);

- отличие величин перетоков активной мощности в ветвях расчетных моделей не более 10 – 30 МВт (меньшие значения соответствуют ветвям 110 – 220 кВ, а также ветвям вблизи КС, большие значения соответствуют ветвям 330 кВ и выше, а также ветвям, удаленным от КС);

- отличие величин перетоков реактивной мощности в ветвях расчетных моделей не более 10 – 30 Мвар (меньшие значения соответствуют ветвям 110 – 220 кВ, а также ветвям вблизи КС, большие значения соответствуют ветвям 330 кВ и выше, а также ветвям, удаленным от КС).

При проведении ручных расчетов утяжеления режима и достижении параметром траектории утяжеления на очередном шаге утяжеления заданных в СМЗУ ограничений и корректировки траектории утяжеления в СМЗУ на последующих шагах утяжеления, при ручном расчете, необходимо учитывать изменение траектории утяжеления, начиная с указанного шага утяжеления.

Критерием корректности расчетной модели СМЗУ является различие величин ДП, полученных автоматическим и ручным расчетом, не более 5 % или 5 МВт (принимается большая величина) от величин ДП, определенных ручным расчетом.

9.6. Для проверки корректности функционирования СМЗУ в целом должна выполняться проверка:

- оценивания состояния при работе СМЗУ в циклическом режиме;

- определения ДП в КС при работе СМЗУ в циклическом режиме;

– устойчивости и надежности функционирования СМЗУ в циклическом режиме.

Продолжительность проведения корректности функционирования СМЗУ в целом должна быть не менее 10 рабочих дней.

9.6.1. Проверка выполнения оценивания состояния при работе СМЗУ в циклическом режиме должна выполняться в соответствии с порядком и критериями, указанными в разделе 8 ежедневно в период проведения проверки корректности функционирования СМЗУ в целом для всех расчетных циклов СМЗУ.

9.6.2. Проверка определения ДП в КС при работе СМЗУ в циклическом режиме должна выполняться ежедневно в период проведения проверки корректности функционирования СМЗУ в целом для всех расчетных циклов СМЗУ путем проведения анализа каждого отдельного случая:

- останова расчетного цикла СМЗУ;
- изменения величины ДП в КС на величину более 10 % при отсутствии изменения влияющих на ДП в КС факторов;
- работы модуля верификации (переход на допустимые перетоки активной мощности, предварительно рассчитанные ДЦ, блокировка передачи ДП, определенных с использованием СМЗУ в иные ПК, используемые ДЦ при управлении электроэнергетическим режимом, и другие).

Критерием корректности определения ДП при работе СМЗУ в циклическом режиме является отсутствие:

- расчетных циклов СМЗУ с ошибками (за исключением ошибок из-за сбоев поступающей телеметрической информации, перезагрузки серверов СМЗУ или иных внешних факторов);
- изменений величины ДП в КС на величину более 10 % при отсутствии изменения влияющих на ДП в КС факторов;
- случаев неправильной работы модуля верификации.

9.6.3. Проверка устойчивости и надежности функционирования СМЗУ в циклическом режиме должна выполняться посредством непрерывного выполнения расчета ДП в циклическом режиме в период проведения проверки корректности функционирования СМЗУ в целом.

Критерием устойчивости и надежности функционирования СМЗУ в циклическом режиме является отсутствие ошибок и остановов программного обеспечения (формирования соответствующих кодов ошибок, за исключением внешних причин) при непрерывной работе СМЗУ в циклическом режиме в течение не менее 99 % расчетных циклов СМЗУ.

10. Требования к обмену между субъектами ОДУ телеметрической информацией для обеспечения корректного функционирования СМЗУ и значениями максимально допустимых и аварийно допустимых перетоков активной мощности, рассчитанными СМЗУ.

10.1. При использовании СМЗУ для определения ДП в КС субъект ОДУ, осуществляющий регулирование перетока в КС, должен обеспечить

возможность передачи в субъект ОДУ, осуществляющий контроль перетока в КС:

- признака расчета допустимого перетока СМЗУ;
- значений ДП, определяемых СМЗУ.

10.2. Для обеспечения корректного функционирования СМЗУ необходимо осуществлять обмен телеметрической информацией между субъектами ОДУ.

10.3. Согласование вопросов, связанных с обменом указанной в пунктах 10.1 и 10.2 телеметрической информацией, субъекты ОДУ осуществляют путем официальной переписки.

10.4. По итогам реализации пункта 10.3 состав телеметрической информации должен быть включен в соглашение об информационном обмене между соответствующими субъектами ОДУ.

11. Организационные принципы использования максимально допустимых и аварийно допустимых перетоков активной мощности, рассчитанных СМЗУ, при планировании и управлении электроэнергетическим режимом.

11.1. При выполнении функций регулирования (контроля) перетока активной мощности в КС одним субъектом ОДУ, решение об использовании МДП и АДП, рассчитанных СМЗУ, при планировании и управлении электроэнергетическим режимом в таком КС принимается указанным субъектом ОДУ самостоятельно.

11.2. При выполнении функций регулирования (контроля) перетока активной мощности в КС несколькими субъектами ОДУ различных национальных энергосистем, решение об использовании МДП и АДП, рассчитанных СМЗУ, при планировании и управлении электроэнергетическим режимом в таком КС принимается по согласованию со всеми субъектами ОДУ, осуществляющими функции регулирования (контроля) перетоков активной мощности в таком КС, посредством официальной переписки.