

## СТАНДАРТ

### ТРЕБОВАНИЯ К СИСТЕМАМ ВОЗБУЖДЕНИЯ И АВТОМАТИЧЕСКИМ РЕГУЛЯТОРАМ ВОЗБУЖДЕНИЯ СИЛЬНОГО ДЕЙСТВИЯ СИНХРОННЫХ ГЕНЕРАТОРОВ

(с изменениями на 18 июля 2024 года)

Дата введения  
05.09.2019

#### Предисловие

Цели и принципы стандартизации в Российской Федерации установлены Федеральным законом от 29.06.2015 N 162-ФЗ "О стандартизации в Российской Федерации", а правила применения стандарта организации - ГОСТ Р.1.4-2004 "Стандартизация в Российской Федерации. Стандарты организаций. Общие положения".

#### Сведения о Стандарте

1. РАЗРАБОТАН: акционерным обществом "Системный оператор Единой энергетической системы".
2. ВНЕСЕН: акционерным обществом "Системный оператор Единой энергетической системы".
3. УТВЕРЖДЕН и ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ: приказом акционерного общества "Системный оператор Единой энергетической системы" от 05.09.2019 N 259.
4. ВЗАМЕН стандарта ОАО "СО ЕЭС" СТО 59012820.29.160.20.001-2012 "Требования к системам возбуждения и автоматическим регуляторам возбуждения сильного действия синхронных генераторов", утвержденного приказом ОАО "СО ЕЭС" от 03.04.2012 N 139.

Стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен без разрешения акционерного общества "Системный оператор Единой энергетической системы".

#### Введение

Стандарт разработан с учетом положений Правил технологического функционирования электроэнергетических систем [1], Требований к системам возбуждения и автоматическим регуляторам возбуждения сильного действия синхронных генераторов [2], национального стандарта Российской Федерации ГОСТ Р 70609-2022 "Единая энергетическая система и изолированно работающие энергосистемы. Релейная защита и автоматика. Автоматические регуляторы возбуждения сильного действия синхронных генераторов. Испытания и проверка параметров настройки и межгосударственного стандарта ГОСТ 21558-2018 "Системы возбуждения турбогенераторов, гидрогенераторов и синхронных компенсаторов. Общие технические условия".

Стандарт направлен на совершенствование требований к системам возбуждения и автоматическим регуляторам возбуждения сильного действия синхронных генераторов и их добровольной сертификации в Системе добровольной сертификации АО "СО ЕЭС".

#### 1. Область применения

- 1.1. Настоящий стандарт (далее - Стандарт) устанавливает:

- технические требования к системам возбуждения и автоматическим регуляторам возбуждения (далее - АРВ) сильного действия синхронных генераторов;

- порядок взаимодействия АО "СО ЕЭС" и собственников или иных законных владельцев электростанций (генерирующего оборудования) при выборе типа систем возбуждения, типа и параметров настройки АРВ сильного действия синхронных генераторов;

- порядок проведения сертификационных испытаний АРВ сильного действия синхронных генераторов;

- методику выбора кратности форсировки возбуждения по напряжению тиристорных систем возбуждения синхронных генераторов;

- порядок проведения натуральных испытаний систем возбуждения с АРВ сильного действия синхронных генераторов, выполняемых при работе генерирующего оборудования в сети.

1.2. Требования Стандарта распространяются на:

- системы возбуждения и АРВ синхронных генераторов номинальной мощностью 60 МВт и более;

- системы возбуждения и АРВ синхронных генераторов номинальной мощностью менее 60 МВт в случае, если их системы возбуждения имеют в своем составе АРВ с введенным в работу одним или несколькими каналами стабилизации или введенным в работу системным стабилизатором.

1.3. Стандарт предназначен для АО "СО ЕЭС" и организаций, осуществляющих деятельность по разработке, проектированию, внедрению, испытанию, эксплуатации, проверке и настройке систем возбуждения и АРВ синхронных генераторов электростанций.

1.4. Требования Стандарта должны учитываться при разработке схем выдачи мощности электрических станций, при проектировании, строительстве, реконструкции, модернизации и техническом перевооружении электростанций (генерирующего оборудования), подготовке и согласовании технических условий на технологическое присоединение объектов по производству электрической энергии к электрическим сетям, эксплуатации генерирующего оборудования, проведении испытаний систем возбуждения, АРВ сильного действия синхронных генераторов и их алгоритмов функционирования, выборе, проверке параметров настройки АРВ сильного действия синхронных генераторов и их реализации на электростанциях.

Соблюдение требований Стандарта является обязательным в отношении генерирующего оборудования с учетом особенностей, установленных пунктами 3 и 4 Требований [2].

1.5. Стандарт не устанавливает технических требований к технологическим схемам управления, диагностике, сервисному обслуживанию, объему заводских проверок и надежности силовой части, характеристикам и составу защит систем возбуждения синхронных генераторов электростанций.

## **2. Нормативные ссылки**

В Стандарте использованы ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 21558-2018 "Системы возбуждения турбогенераторов, гидрогенераторов и синхронных компенсаторов. Общие технические условия" (далее - ГОСТ 21558-2018);

ГОСТ Р 70609-2022 "Единая энергетическая система и изолированно работающие энергосистемы. Релейная защита и автоматика. Автоматические регуляторы возбуждения сильного действия синхронных генераторов. Испытания и проверка параметров настройки" (далее - ГОСТ Р 70609-2022).

Примечание.

При пользовании Стандартом целесообразно проверить действие ссылочного стандарта. Если стандарт, на который дана ссылка, заменен, то рекомендуется использовать действующую версию этого документа с учетом всех внесенных в данную версию изменений. Если после утверждения Стандарта в ссылочный стандарт внесено изменение, затрагивающее положение, на которое дана

ссылка, то это положение рекомендуется применять с учетом данного изменения. Если ссылочный стандарт отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, рекомендуется применять в части, не затрагивающей эту ссылку.

### 3. Термины, определения и сокращения

3.1. В Стандарте применены термины и определения, используемые в Требованиях [2] и в ГОСТ 21558-2018, а также следующий термин с соответствующим определением:

**номер версии алгоритма функционирования АРВ:** индивидуальный цифровой, или буквенный, или буквенно-цифровой набор (номер), в том числе входящий в состав номера версии программного обеспечения АРВ, отличающий указанную версию алгоритма функционирования АРВ от других версий и подлежащий изменению при внесении изменений в алгоритм функционирования АРВ (включая изменения, вносимые при модификации, иной переработке или адаптации алгоритма функционирования АРВ).

3.2. В Стандарте применены следующие обозначения и сокращения:

АРВ	-	автоматический регулятор возбуждения;
КЗ	-	короткое замыкание;
ОМВ	-	ограничитель минимального возбуждения;
ПА	-	противоаварийная автоматика;
ПАК РВ	-	цифровой программно-аппаратный комплекс моделирования энергосистем в режиме реального времени;
СТН	-	система тиристорного независимого возбуждения;
СТС	-	статическая тиристорная система параллельного самовозбуждения;
УРОВ	-	устройство резервирования при отказе выключателя.

### 4. Технические требования к системам возбуждения и АРВ сильного действия синхронных генераторов

4.1. Синхронные генераторы мощностью 60 МВт и более должны быть оснащены быстродействующими системами возбуждения.

4.2. Системы возбуждения синхронных генераторов мощностью 60 МВт и более, а также системы возбуждения синхронных генераторов мощностью менее 60 МВт в случае, если системы возбуждения таких генераторов имеют в своем составе АРВ сильного действия, должны соответствовать пунктам 7-13 Требований [2], а также соответствовать требованиям ГОСТ 21558-2018.

4.3. Системы возбуждения синхронных генераторов помимо выполнения пункта 11 Требований [2] должны дополнительно обеспечивать передачу в информационные системы электростанции по цифровым каналам связи общей информации о регуляторе возбуждения и системе возбуждения (тип (марка) АРВ, тип (марка) системы возбуждения, номер версии установленного алгоритма функционирования АРВ и номер версии программного обеспечения АРВ). Передача всей требуемой информации должна осуществляться как по запросу с верхнего уровня, включая автоматическую систему управления технологическими процессами объекта электроэнергетики, так и инициативно от АРВ.

4.4. Тип систем возбуждения синхронных генераторов должен определяться в проектной документации на строительство, реконструкцию, модернизацию или техническое перевооружение электростанции (генерирующего оборудования) на основании анализа схемно-режимных условий работы генерирующего оборудования в составе энергосистемы и с учетом необходимости выполнения Методических указаний по устойчивости энергосистем [3], ГОСТ 21558-2018 и

технических условий на технологическое присоединение объекта по производству электрической энергии к электрическим сетям.

4.5. При реконструкции, модернизации или техническом перевооружении систем возбуждения, в том числе выполняемых в рамках реконструкции, модернизации или технического перевооружения существующего генерирующего оборудования, определение конкретной величины кратности форсировки возбуждения по напряжению с целью выполнения требований Методических указаний по устойчивости энергосистем [3] должно осуществляться в соответствии с методикой, приведенной в [приложении А к Стандарту](#).

4.6. В составе систем возбуждения синхронных генераторов мощностью 60 МВт и более должны применяться АРВ сильного действия.

4.7. АРВ сильного действия синхронных генераторов мощностью 60 МВт и более, а также АРВ сильного действия, устанавливаемые в составе систем возбуждения синхронных генераторов мощностью менее 60 МВт, должны соответствовать пунктам 15 и 16 Требований [2].

4.8. АРВ сильного действия синхронных генераторов и алгоритмы их функционирования должны пройти испытания в соответствии с пунктом 18 Требований [2] и ГОСТ Р 70609-2022.

Информация о результатах испытаний АРВ сильного действия синхронных генераторов и алгоритмов их функционирования должна быть представлена в диспетчерский центр АО "СО ЕЭС" в соответствии с пунктом 18 Требований [2].

## **5. Порядок взаимодействия АО "СО ЕЭС" и субъектов электроэнергетики при настройке АРВ сильного действия синхронных генераторов**

5.1. Выбор, проверка, корректировка (при необходимости, выявленной в процессе проверки) и реализация параметров настройки АРВ сильного действия синхронных генераторов на электростанции должны обеспечиваться собственником или иным законным владельцем электростанции (генерирующего оборудования) в соответствии с пунктами 19-23 Требований [2], с привлечением представителей заводов - изготовителей АРВ сильного действия синхронных генераторов, сервисных служб поставщиков АРВ сильного действия синхронных генераторов или специализированных организаций, имеющих опыт по настройке каналов регулирования и стабилизации и (или) системных стабилизаторов.

5.2. Проверка и корректировка (при необходимости, выявленной в процессе проверки) выбранных параметров настройки АРВ сильного действия синхронных генераторов, указанных в таблице 1 приложения N 2 к Требованиям [2], должны осуществляться на модели энергосистемы в соответствии с пунктами 20, 22 и 23 Требований [2].

Тип модели энергосистемы, на которой должны осуществляться проверка и корректировка выбранных параметров настройки АРВ сильного действия синхронных генераторов, должен определяться в соответствии с таблицей 1 приложения N 2 к Требованиям [2].

Проверка и корректировка выбранных параметров настройки АРВ сильного действия синхронных генераторов должны осуществляться с соблюдением требований ГОСТ Р 70609-2022.

5.3. Проверка и корректировка (при необходимости, выявленной в процессе проверки) выбранных параметров настройки АРВ сильного действия синхронных генераторов должны быть выполнены до начала комплексного опробования генерирующего оборудования на электростанции.

В период с момента первого включения синхронного генератора в сеть до завершения проверки и корректировки выбранных параметров настройки АРВ сильного действия синхронных генераторов ограничение выдаваемой электрической мощности электростанции или нагрузки отдельного синхронного генератора определяется диспетчерскими центрами АО "СО ЕЭС" на основе расчетов переходных режимов и динамической устойчивости.

5.4. В целях оценки эффективности выбранных (скорректированных) параметров настройки АРВ сильного действия синхронных генераторов для выявления в соответствии с пунктом 21 Требований [2] наличия (отсутствия) отклонений работы АРВ сильного действия синхронных генераторов от установленных Требованиями [2] параметров диспетчерскими центрами АО "СО ЕЭС" проводятся расчеты переходных режимов и динамической устойчивости, анализ фактических параметров электрического режима по данным регистраторов аварийных событий и процессов с осуществлением оценки эффективности выбранных (скорректированных) параметров настройки АРВ

сильного действия синхронных генераторов на цифровой модели энергосистемы в установленном АО "СО ЕЭС" порядке.

В случае если по результатам вышеуказанных расчетов, анализа фактических параметров электрического режима или оценки эффективности выбранных (скорректированных) параметров настройки АРВ диспетчерским центром АО "СО ЕЭС" выявлено отклонение работы АРВ сильного действия синхронного генератора от Требований [2], между ним и собственником или иным законным владельцем электростанции (генерирующего оборудования) должно быть организовано взаимодействие в соответствии с пунктами 21-23 Требований [2].

5.5. В случае если по результатам расчетов переходных режимов, анализа фактических параметров электрического режима и оценки эффективности выбранных (скорректированных) параметров настройки АРВ выявлено отклонение работы АРВ сильного действия синхронного генератора или группы синхронных генераторов от Требований [2], до корректировки параметров настройки АРВ сильного действия и их реализации на электростанции должно осуществляться ограничение выдаваемой электрической мощности электростанции или нагрузки отдельного синхронного генератора.

Определение допустимой нагрузки электростанции по активной мощности и величины ограничения выдаваемой электрической мощности электростанции или нагрузки отдельного синхронного генератора в указанном случае осуществляется соответствующим диспетчерским центром АО "СО ЕЭС" в установленном АО "СО ЕЭС" порядке.

5.6. Передача в соответствующий диспетчерский центр АО "СО ЕЭС" параметров настройки АРВ сильного действия синхронных генераторов, выбранных (скорректированных) в соответствии с [пунктами 5.1-5.4 Стандарта](#), должна осуществляться собственником или иным законным владельцем электростанции (генерирующего оборудования) в порядке, установленном пунктом 24 Требований [2].

## **6. Натурные испытания систем возбуждения с АРВ сильного действия, выполняемые при работе генерирующего оборудования в сети**

6.1. При проведении комплексного опробования вновь вводимого генерирующего оборудования электростанций после осуществления строительства, реконструкции, модернизации и технического перевооружения электростанции, капитального ремонта оборудования электростанции, предусматривающих установку (замену, модернизацию) генерирующего оборудования, систем возбуждения и (или) АРВ сильного действия синхронных генераторов, при изменении установленной мощности генерирующего оборудования или изменении схемы выдачи мощности электростанции должны проводиться натурные испытания системы возбуждения синхронного генератора с АРВ сильного действия при работе генератора в сети (далее - натурные испытания) с целью проверки корректности работы основных функций систем возбуждения, влияющих на устойчивость параллельной работы синхронного генератора в энергосистеме.

6.2. Натурные испытания проводятся собственником или иным законным владельцем электростанции (генерирующего оборудования).

К проведению натурных испытаний рекомендуется привлекать представителей заводов-изготовителей либо сервисных служб поставщиков системы возбуждения с АРВ сильного действия синхронного генератора или специализированных организаций.

6.3. Натурные испытания должны проводиться в соответствии с пунктами 25-27 Требований [2] по методике проведения натурных испытаний систем возбуждения с АРВ сильного действия, выполняемых при работе генерирующего оборудования в сети, установленной [приложением Б к Стандарту](#).

Программа натурных испытаний разрабатывается в соответствии с пунктом 26 Требований [2] и [приложением Б к Стандарту](#).

6.4. По результатам натурных испытаний должен быть оформлен отчет с соблюдением требований, указанных в [приложении Б к Стандарту](#).

Отчет по испытаниям не позднее 30 календарных дней после окончания натурных испытаний должен направляться собственником или иным законным владельцем электростанции (генерирующего оборудования) в соответствующий диспетчерский центр АО "СО ЕЭС".

## 7. Подтверждение соответствия АРВ сильного действия синхронных генераторов и алгоритмов их функционирования

7.1. Подтверждение соответствия АРВ сильного действия синхронных генераторов Требованиям [2] должно осуществляться одним из следующих способов:

- путем добровольной сертификации АРВ в Системе добровольной сертификации АО "СО ЕЭС" (далее - СДС "СО ЕЭС"), созданной АО "СО ЕЭС" и зарегистрированной в едином реестре систем добровольной сертификации 21.03.2013 под N РОСС RU.31034.04ЕЭ01;

- путем добровольной сертификации АРВ в иных системах добровольной сертификации, зарегистрированных в установленном порядке в едином реестре систем добровольной сертификации, при условии соблюдения требований, предусмотренных настоящим разделом Стандарта;

- путем проведения испытаний АРВ сильного действия синхронных генераторов и алгоритмов их функционирования организациями (испытательными лабораториями, испытательными центрами), оснащенными соответствующей производственно-технической базой (техническими средствами), необходимой для проведения испытаний, включая физическую модель энергосистемы или математическую модель энергосистемы, созданную с применением ПАК РВ в составе тестовой схемы с характеристиками, требуемыми для проведения испытаний АРВ сильного действия синхронных генераторов.

7.2. Испытания АРВ сильного действия синхронных генераторов и алгоритмов их функционирования (в том числе сертификационные испытания АРВ) должны проводиться на физической модели энергосистемы или на математической модели энергосистемы с использованием ПАК РВ в соответствии с ГОСТ Р 70609-2022.

7.3. Объектом сертификации (испытаний) является АРВ сильного действия синхронного генератора с заложенным в него алгоритмом функционирования. Сертификация может проводиться в отношении типовых (серийных) экземпляров АРВ.

7.4. Действие сертификата соответствия (результатов испытаний) распространяется на тип (марку) и алгоритм функционирования (версию алгоритма функционирования) АРВ сильного действия синхронных генераторов с учетом типа системы возбуждения, для применения в составе которой предназначен такой АРВ (бесщеточная или статическая).

В случае идентичности типа (марки) АРВ сильного действия синхронных генераторов с учетом типа системы возбуждения, для применения в составе которой предназначен такой АРВ (бесщеточная или статическая) действие сертификата соответствия (результатов испытаний) не распространяется на АРВ сильного действия синхронных генераторов с учетом типа системы возбуждения, для применения в составе которой предназначен такой АРВ (бесщеточная или статическая), номер версии алгоритма функционирования которых отличен от номера версии, соответствующего сертифицированному (испытанному) алгоритму функционирования АРВ сильного действия синхронных генераторов с учетом типа системы возбуждения, для применения в составе которой предназначен такой АРВ (бесщеточная или статическая).

В случае идентичности типа (марки) и номера версии алгоритма функционирования АРВ сильного действия синхронных генераторов действие сертификата соответствия (результатов испытаний) АРВ сильного действия синхронных генераторов, прошедшего испытания для применения в составе системы возбуждения одного типа, не распространяется на такой АРВ сильного действия синхронных генераторов в случае его применения в составе систем возбуждения другого типа.

7.5. Сертификация АРВ сильного действия синхронных генераторов осуществляется в соответствии с правилами функционирования соответствующей системы добровольной сертификации с обязательным соблюдением следующих требований:

7.5.1. Применяемая схема сертификации АРВ сильного действия синхронных генераторов в обязательном порядке должна включать выполнение мероприятий по анализу документов и информации, представленных заявителем, и проведению сертификационных испытаний АРВ сильного действия синхронных генераторов (согласно схеме 3 Правил функционирования системы добровольной сертификации ОАО "СО ЕЭС", утвержденных [приказом ОАО "СО ЕЭС" от 05.12.2012 N 475](#)).

7.5.2. Анализ документов и информации, представленных заявителем, проводится органом по добровольной сертификации перед проведением сертификационных испытаний с целью предварительной оценки основных технических характеристик АРВ сильного действия синхронных генераторов.

Минимальный перечень документов и информации по АРВ сильного действия синхронных генераторов, подлежащих представлению заявителем на рассмотрение органу по добровольной сертификации, приведен в [приложении В к Стандарту](#).

Орган по добровольной сертификации вправе дополнительно затребовать от заявителя иные документы и информацию в объеме, необходимом для проведения сертификации и оценки соответствия АРВ сильного действия синхронных генераторов положениям Стандарта и Требований [2].

7.5.3. Сертификационные испытания АРВ сильного действия синхронных генераторов (далее - сертификационные испытания) должны проводиться с соблюдением [пункта 7.2 Стандарта](#).

7.5.4. Сертификационные испытания должны проводиться по программе испытаний, разработанной органом по добровольной сертификации.

7.5.5. Сертификационные испытания должны проводиться на производственно-технической базе органа по добровольной сертификации.

7.5.6. Сертификационные испытания должны проводиться в присутствии представителей заявителя или уполномоченного им лица.

7.5.7. Сертификационные испытания должны проводиться в следующем порядке:

7.5.7.1. Заявитель подготавливает и передает органу по добровольной сертификации для проведения испытаний два образца АРВ сильного действия синхронных генераторов и согласовывает с органом по добровольной сертификации схемы их подключения к тестовой модели энергосистемы (к интерфейсным блокам ПАК РВ).

7.5.7.2. Производится сборка тестовой модели энергосистемы (формирование математической модели энергосистемы) и подключение к ней испытываемых АРВ сильного действия синхронных генераторов.

7.5.7.3. В АРВ сильного действия синхронных генераторов устанавливаются представленные заявителем параметры настройки АРВ сильного действия синхронных генераторов для тестовой модели энергосистемы (математической модели энергосистемы).

7.5.7.4. Органом по добровольной сертификации проводятся испытания АРВ сильного действия синхронных генераторов в соответствии с программой сертификационных испытаний с регистрацией всех опытов для дальнейшей обработки данных и анализа работы АРВ сильного действия синхронных генераторов.

7.5.8. Результаты сертификационных испытаний должны оформляться протоколом сертификационных испытаний.

Протокол сертификационных испытаний должен соответствовать требованиям, указанным в Правилах функционирования системы добровольной сертификации ОАО "СО ЕЭС", утвержденных [приказом ОАО "СО ЕЭС" от 05.12.2012 N 475](#).

Дополнительно в протоколе сертификационных испытаний должны быть приведены:

- описание сертифицируемого АРВ сильного действия синхронных генераторов (наименование, тип (марка), организация-изготовитель, номинальные параметры, частотные характеристики, область применения (тип системы возбуждения, для применения в составе которой предназначен АРВ), номер версии алгоритма функционирования данного АРВ, структурная схема алгоритма функционирования АРВ сильного действия синхронных генераторов и ее описание);

- описание тестовой модели энергосистемы (математической модели энергосистемы), на которой проводились испытания;

- результаты проведенных испытаний, содержащие материалы, иллюстрирующие работу сертифицируемого АРВ в каждом из проведенных экспериментов;

- анализ результатов испытаний и оценка сертифицируемого АРВ в каждом из проведенных экспериментов.

7.5.9. Срок оформления протокола сертификационных испытаний не должен превышать 10 рабочих дней с даты проведения сертификационных испытаний.

7.5.10. В течение 10 календарных дней с даты оформления протокола сертификационных испытаний орган по добровольной сертификации обязан:

7.5.10.1. Передать АО "СО ЕЭС":

- копию протокола сертификационных испытаний;

- письменное обязательство завода - изготовителя АРВ по использованию номера версии алгоритма функционирования АРВ, представленное заявителем в соответствии с [приложением В к Стандарту](#).

7.5.10.2. Создать и передать АО "СО ЕЭС" верифицированную цифровую модель АРВ сильного действия синхронных генераторов в формате программного комплекса, используемого АО "СО ЕЭС" для проведения расчетов переходных режимов и динамической устойчивости, - в случае положительного результата сертификационных испытаний.

Создание цифровой модели испытанного АРВ сильного действия синхронных генераторов должно осуществляться с соблюдением требований, указанных в [приложении Г к Стандарту](#).

7.5.11. Сертификат соответствия АРВ положениям Требований [2] должен выдаваться заявителю только при положительных результатах сертификационных испытаний.

В сертификате соответствия обязательно указываются тип (марка) и номер версии алгоритма функционирования АРВ сильного действия синхронных генераторов.

7.5.12. Действие сертификата соответствия АРВ сильного действия синхронных генераторов положениям Требований [2] является бессрочным.

7.5.13. Допуск юридических лиц к проведению в СДС "СО ЕЭС" добровольной сертификации АРВ сильного действия синхронных генераторов на соответствие положениям Требований [2] должен осуществляться отдельно в части проведения добровольной сертификации с использованием физической модели энергосистемы и с использованием математической модели энергосистемы.

В случае если допуск юридического лица к проведению в СДС "СО ЕЭС" добровольной сертификации АРВ сильного действия синхронных генераторов осуществляется одновременно в части проведения добровольной сертификации с использованием физической и математической моделей энергосистемы, юридическому лицу должны выдаваться отдельные свидетельства о допуске к проведению добровольной сертификации на каждую из указанных областей допуска.

**Приложение А**  
(обязательное)

## **МЕТОДИКА**

### **выбора кратности форсировки возбуждения по напряжению тиристорных систем возбуждения синхронных генераторов**

(с изменениями на 18 июля 2024 года)

#### **А.1. Область применения**

Настоящая Методика устанавливает правила выбора кратности форсировки возбуждения по напряжению для тиристорной системы возбуждения при реконструкции, модернизации или техническом перевооружении систем возбуждения синхронных генераторов, в том числе выполняемых в рамках реконструкции, модернизации или технического перевооружения существующего генерирующего оборудования.

Настоящая Методика также должна применяться при замене системы тиристорного независимого возбуждения (СТН) на статическую тиристорную систему параллельного самовозбуждения (СТС).

Настоящая Методика не распространяется на бесщеточные системы возбуждения, кратность форсировки возбуждения по напряжению которых должна соответствовать требованиям ГОСТ 21558-2018.

## **А.2. Этапы определения кратности форсировки возбуждения по напряжению**

Определение кратности форсировки возбуждения по напряжению должно включать следующие этапы:

- подготовка цифровой модели энергосистемы и электрических режимов;
- выбор расчетных условий;
- выбор кратности форсировки возбуждения по напряжению.

## **А.3. Подготовка цифровой модели энергосистемы и электрических режимов**

А.3.1. Для проведения расчетов электромеханических переходных процессов с целью определения кратности форсировки возбуждения по напряжению должна применяться цифровая модель энергосистемы, актуализированная на момент завершения реконструкции, модернизации или технического перевооружения систем возбуждения синхронных генераторов, в том числе выполняемых в рамках реконструкции, модернизации или технического перевооружения существующего генерирующего оборудования.

А.3.2. При проведении расчетов с целью определения кратности форсировки возбуждения по напряжению должны рассматриваться режимы зимнего и летнего максимума нагрузки для нормальной и ремонтных схем выдачи мощности электростанции, на которой установлен синхронный генератор с модернизируемой или реконструируемой системой возбуждения.

При проведении расчетов указанных режимов должна моделироваться в том числе полная нагрузка электростанции, на которой установлен синхронный генератор с модернизируемой или реконструируемой системой возбуждения, а также максимальный по балансовым условиям переток активной мощности в контролируемом сечении (но не более максимально допустимого значения), по которому осуществляется выдача мощности группы электростанций, в состав которой входит электростанция, на которой установлен синхронный генератор с модернизируемой или реконструируемой системой возбуждения.

## **А.4. Выбор расчетных условий**

А.4.1. Расчеты должны проводиться для нормативных возмущений, предусмотренных в Методических указаниях по устойчивости энергосистем [3], для каждого из режимов, указанных в [пункте А.3.2 настоящей Методики](#). Моделирование нормативных возмущений должно осуществляться с учетом фактической длительности короткого замыкания (с учетом времени отключения выключателя), пауз автоматического повторного включения (АПВ), действия УРОВ (с учетом однофазного или трехфазного исполнения привода выключателя).

А.4.2. Расчетным условием для определения кратности форсировки возбуждения по напряжению является режим и расчетное возмущение, характеризующиеся наименьшим пределом динамической устойчивости без учета действия устройств и комплексов ПА.

А.4.3. В качестве контролируемого должно приниматься сечение, переток активной мощности в котором определяет динамическую устойчивость электростанции, на которой установлен вновь вводимый или реконструируемый синхронный генератор (как правило, сечение выдачи мощности с шин электростанции).

А.4.4. При моделировании расчетного возмущения по [пункту А.4.2 настоящей Методики](#) должны быть заданы фактические параметры настройки релейной форсировки возбуждения. При отсутствии информации о фактических параметрах настройки должны быть заданы типовые значения уставки срабатывания релейной форсировки (85% от текущего значения напряжения), уставки снятия релейной форсировки (95% от исходного значения напряжения) и временной задержки на снятие релейной форсировки (0,1 с).

А.4.5. Определение уровня остаточного напряжения в месте КЗ должно выполняться в

трехфазной модели энергосистемы по программе расчета токов короткого замыкания путем моделирования начальной фазы электромеханического переходного процесса.

А.4.6. Величина шунта КЗ для расчета нормативного возмущения в программах расчета переходных режимов и динамической устойчивости должна определяться путем вариантных расчетов. Выбранное значение шунта КЗ при моделировании нормативного возмущения должно обеспечить в точке КЗ в момент подключения шунта КЗ остаточное напряжение, равное остаточному напряжению, определенному согласно [пункту А.4.5 настоящей Методики](#).

А.4.7. Значение напряжения на статоре синхронного генератора следует фиксировать в момент подключения шунта КЗ.

## **А.5. Выбор кратности форсировки возбуждения по напряжению**

А.5.1. Выбор кратности форсировки возбуждения по напряжению должен выполняться по условиям обеспечения динамической устойчивости для расчетного возмущения, определенного с учетом [пункта А.4.4 настоящей Методики](#).

А.5.2. Для расчетных условий должны быть проведены расчеты электромеханических переходных процессов при разных кратностях форсировки возбуждения по напряжению. По результатам расчетов должна быть определена зона достаточной кратности форсировки возбуждения по напряжению, обеспечивающая сохранение динамической устойчивости синхронных генераторов электростанций, но не менее кратности форсировки возбуждения, указанной в пунктах 8, 9 Требований [2].

Пример определения зоны достаточной кратности форсировки возбуждения по напряжению приведен на графике (рисунок А.1), на котором показаны зависимости предельного по условиям обеспечения динамической устойчивости перетока активной мощности в контролируемом сечении в относительных единицах от кратности форсировки для систем возбуждения типа СТС и СТН и линия, соответствующая полной нагрузке электростанции или максимальному перетоку активной мощности в контролируемом сечении в относительных единицах.

$$P_* = P / P_{МП},$$

где:

$P_*$  - максимальный переток активной мощности в контролируемом сечении в относительных единицах;

$P$  - предельный по условиям обеспечения динамической устойчивости переток активной мощности в контролируемом сечении;

$P_{МП}$  - максимальный по балансовым условиям переток активной мощности в контролируемом сечении, но не более максимально допустимого значения.

Зона достаточной кратности форсировки возбуждения по напряжению на графике для каждого типа системы возбуждения расположена выше линии, соответствующей полной нагрузке электростанции или максимальному по балансовым условиям перетоку активной мощности в контролируемом сечении (на рисунке А.1 зона достаточной кратности форсировки возбуждения по напряжению при полной мощности электростанции (1 о.е.) для СТН составляет 2 о.е. и более, а для СТС - 3 о.е. и более без учета действия устройств и комплексов ПА).

В качестве кратности форсировки возбуждения по напряжению следует выбирать максимально возможное значение (по условиям допустимой перегрузки генерирующего оборудования) из зоны достаточной кратности форсировки возбуждения по напряжению.

А.5.3. В случае если динамическая устойчивость электростанции обеспечивается за счет применения устройств и комплексов ПА, достаточность выбранной согласно [пункту А.5.2 настоящей Методики](#) кратности форсировки возбуждения по напряжению должна быть проверена путем моделирования расчетных условий в доаварийном режиме, характеризующемся наибольшей загрузкой электростанции и максимальным по балансовым условиям перетоком активной мощности в контролируемом сечении (но не более максимально допустимого значения), с учетом действия устройств и комплексов ПА. Если при моделировании выбранная кратность форсировки возбуждения

по напряжению не обеспечивает сохранение динамической устойчивости, кратность форсировки возбуждения по напряжению должна быть увеличена до значения, обеспечивающего устойчивый динамический переход к послеаварийному режиму.

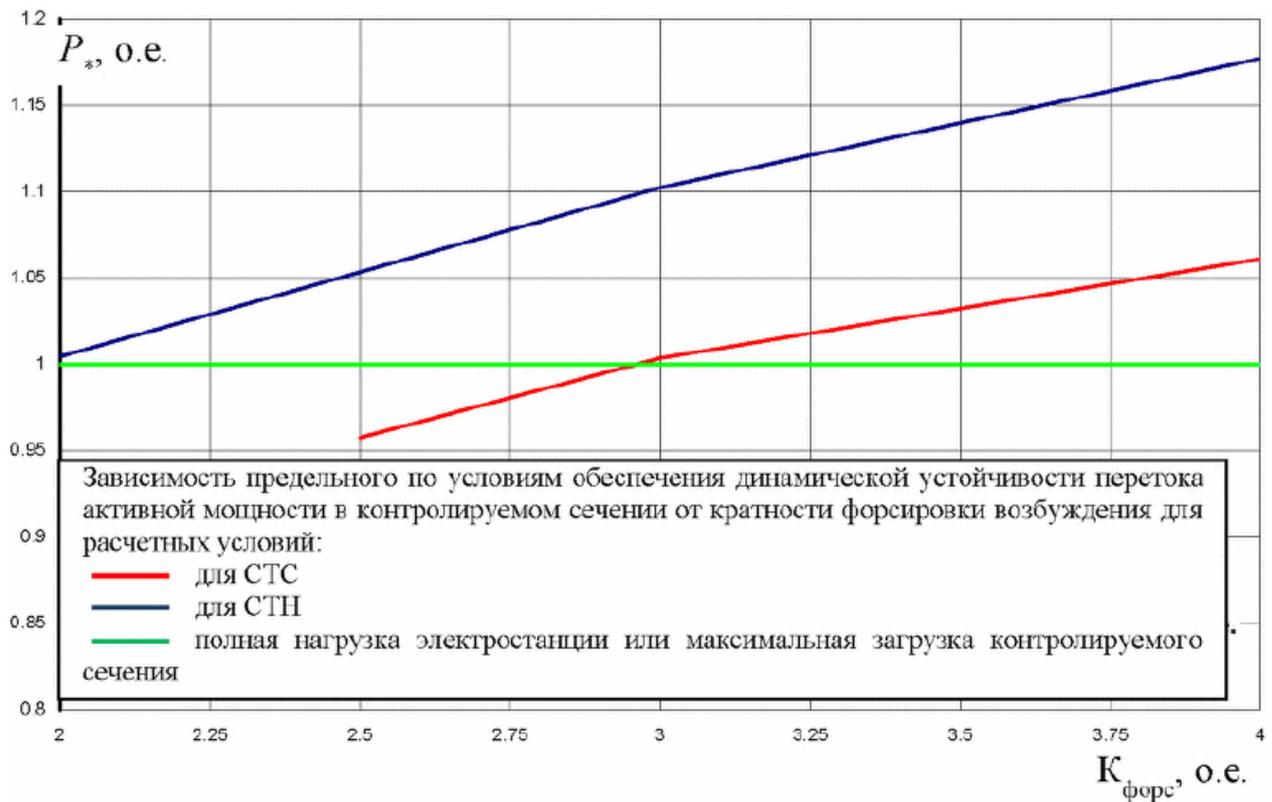


Рисунок А.1. Выбор требуемой кратности форсировки возбуждения

Приложение Б  
(обязательное)

**Методика**  
**проведения натурных испытаний систем возбуждения с АРВ сильного действия,**  
**выполняемых при работе генерирующего оборудования в сети**  
(с изменениями на 18 июля 2024 года)

Б.1. Натурные испытания системы возбуждения синхронного генератора с АРВ сильного действия при работе генератора в сети (далее - натурные испытания) необходимо проводить не менее чем для трех уровней нагрузок генератора по активной мощности: при номинальной мощности, при минимально допустимой по условиям работы технологического оборудования нагрузке и, как минимум, на одной промежуточной нагрузке генерирующего оборудования.

Б.2. Программа натурных испытаний должна включать следующий минимальный состав проверок для каждого из каналов регулирования АРВ сильного действия:

а) проверка устойчивости регулирования возбуждения генератора и эффективности работы каналов системной стабилизации при скачкообразном изменении уставки напряжения генератора на величину, соответствующую изменению напряжения статора на 2-5% от номинального значения, с дальнейшим наблюдением за переходным процессом в течение не менее 15 секунд<sup>1</sup>, с последующим таким же скачкообразным возвращением новой уставки к исходной уставке напряжения генератора и аналогичным наблюдением за новым переходным процессом в течение не менее 15

секунд<sup>2</sup>;

---

<sup>1</sup> В случае возникновения незатухающих колебаний увеличивающейся амплитуды проверку следует прекратить, не дожидаясь окончания 15 секунд.

<sup>2</sup> В случае возникновения незатухающих колебаний увеличивающейся амплитуды проверку следует прекратить, не дожидаясь окончания 15 секунд.

б) проверка устойчивости работы и определение границ вступления и выхода из режима ограничителя минимального возбуждения плавным входением в зону работы ограничителя и выхода из нее путем управления уставкой АРВ;

в) проверка устойчивости работы ограничителя минимального возбуждения скачкообразным изменением уставки напряжения генератора на 3-10% с предварительной установкой режима генератора вблизи границ указанного ограничителя; для оценки влияния каналов системной стабилизации (системного стабилизатора) на работу ограничителя минимального возбуждения данный опыт необходимо проводить как с введенными, так и с выведенными каналами системной стабилизации (с включенным и отключенным системным стабилизатором);

г) проверка работоспособности релейной форсировки возбуждения с определением быстродействия системы возбуждения синхронного генератора; длительность самой форсировки при проведении эксперимента должна обеспечивать достижение установленной кратности тока возбуждения.

Б.3. Указанную в [подпункте "а" пункта Б.2](#) проверку необходимо проводить для двух случаев: при введенных в работу каналах системной стабилизации (при включенном системном стабилизаторе) и при выведенных из работы каналах системной стабилизации (при отключенном системном стабилизаторе).

В случае если в режиме с отключенными каналами системной стабилизации (с отключенным системным стабилизатором) не обеспечивается устойчивость параллельной работы генерирующего оборудования, то опыты по проверке устойчивости регулирования возбуждения генератора следует проводить только с введенными в работу каналами системной стабилизации (с включенным системным стабилизатором).

Б.4. Опыты по проверке работоспособности релейной форсировки возбуждения и определению быстродействия системы возбуждения необходимо проводить при номинальном или близком к номинальному (не отличающемся более чем на  $\pm 5\%$  от номинального) режиме синхронного генератора.

Б.5. Перед началом проведения натуральных испытаний должна быть обеспечена реализация в АРВ сильного действия синхронного генератора алгоритма функционирования и настроек регулятора возбуждения в соответствии с пунктами 19-23 Требований [2], а также требованиями Стандарта. Для обеспечения выполнения данного мероприятия в разделах программы натуральных испытаний, содержащих описание подготовительных мероприятий, необходимо указать:

- полное наименование типа (марки) АРВ сильного действия с указанием типа регулятора напряжения, системного стабилизатора и производителя, а также типа системы возбуждения, в которой он установлен;

- версию алгоритма функционирования (программного обеспечения), установленную в соответствующем АРВ;

- полный перечень исходных параметров настройки АРВ сильного действия;

- информацию о том, что каналы системной стабилизации (системный стабилизатор) АРВ сильного действия введены в работу.

Б.6. Для случая, когда в соответствии с [пунктом 5.2 Стандарта](#) проверка и корректировка выбранных параметров настройки АРВ сильного действия синхронного генератора осуществлена на модели энергосистемы, при натуральных испытаниях в регуляторе возбуждения в качестве исходных следует использовать параметры настройки АРВ сильного действия, полученные при указанной проверке на модели энергосистемы.

Если в процессе натуральных испытаний выявлено, что выбранные на модели энергосистемы параметры настройки АРВ сильного действия не обеспечивают устойчивость параллельной работы генерирующего оборудования (например, при проведении опытов возникают низкочастотные незатухающие синхронные колебания параметров электрического режима или недопустимый уровень высокочастотных пульсаций в системе возбуждения генератора), то изменение указанных параметров настройки АРВ сильного действия должно осуществляться в порядке, аналогичном установленному в пунктах 20-22 Требований [2].

Б.7. Результаты натуральных испытаний систем возбуждения с АРВ сильного действия должны оформляться в виде отчета о результатах натуральных испытаний (далее - Отчет по испытаниям).

Б.8. Отчет по испытаниям должен включать в себя результаты выполненных проверок, указанных в [пункте Б.2](#), а именно:

- оценку устойчивости регулирования возбуждения генератора и эффективности работы каналов системной стабилизации (системного стабилизатора) (критерии оценки: при проведении опытов обеспечивается демпфирование колебаний роторов синхронных генераторов, исключающее самораскачивание или возникновение незатухающих колебаний в энергосистеме; время затухания электромеханического переходного процесса (время демпфирования параметров переходного процесса после тестового возмущения) при введенных каналах стабилизации (включенном системном стабилизаторе) меньше времени затухания электромеханического переходного процесса при выведенных каналах стабилизации (отключенном системном стабилизаторе));

- оценку устойчивости и корректности работы ограничителя минимального возбуждения при плавном/скачкообразном вхождении и выходе из режима ограничителя (критерии оценки: штатная работа ОМВ в соответствии с заданной характеристикой с обеспечением устойчивости параллельной работы генерирующего оборудования с энергосистемой);

- оценку влияния каналов системной стабилизации (системного стабилизатора) на работу ограничителя минимального возбуждения (критерии оценки: при введенных в работу каналах системной стабилизации (включенном системном стабилизаторе) в режиме ОМВ должны отсутствовать незатухающие низкочастотные колебания режимных параметров генератора; при необеспечении первого критерия и отсутствии незатухающих низкочастотных колебаний режимных параметров генератора при выведенных из работы каналах системной стабилизации (отключенном системном стабилизаторе) должна быть обеспечена блокировка каналов системной стабилизации (системного стабилизатора) при переходе генератора в режим ОМВ);

- экспериментально полученные параметры оборудования: величина быстродействия системы возбуждения при форсировке и характеристика ограничителя минимального возбуждения;

- оценку работы функции релейной форсировки возбуждения (критерии оценки: при работе релейной форсировки обеспечивается увеличение напряжения возбуждения синхронной машины с максимально возможной скоростью (но не более времени, соответствующего нормируемому значению быстродействия системы возбуждения) до своего потолочного значения в соответствии с настраиваемыми параметрами: напряжением ввода релейной форсировки возбуждения, напряжением снятия релейной форсировки возбуждения и временем задержки на снятие релейной форсировки возбуждения);

- установленные на регуляторе возбуждения по результатам натуральных испытаний параметры настройки АРВ сильного действия.

Отчет по испытаниям должен содержать однозначные выводы об успешности (неуспешности) проведенных натуральных испытаний системы возбуждения.

## Приложение В (обязательное)

### Минимальный перечень документов и информации по АРВ сильного действия синхронных генераторов, подлежащих представлению заявителем на рассмотрение органу по добровольной сертификации

В.1. Общее техническое описание АРВ сильного действия синхронных генераторов, включающее тип, номинальные параметры, частотные характеристики, область применения (для каких типов систем возбуждения и электростанций предполагается применение), структурную схему алгоритма функционирования АРВ сильного действия синхронных генераторов и ее описание.

В.2. Протоколы и методика заводских испытаний АРВ сильного действия синхронных генераторов с приведением данных о характеристиках испытательного стенда, на котором проводились указанные испытания.

В.3. Номер версии алгоритма функционирования АРВ, применяемого на сертифицируемом АРВ сильного действия синхронных генераторов, подтвержденный письмом или иным официальным документом завода - изготовителя АРВ.

В.4. Письменное обязательство завода - изготовителя АРВ сильного действия синхронных генераторов по:

- использованию соответствующего номера версии исключительно в отношении сертифицируемого алгоритма функционирования АРВ;

- обязательному указанию номера версии алгоритма функционирования АРВ на выпускаемых АРВ, в доступной пользователям информации о программном обеспечении АРВ и в документации на АРВ (установленное на нем программное обеспечение) в целях идентификации применяемой версии алгоритма функционирования АРВ;

- уведомлению органа по добровольной сертификации о внесении в программное обеспечение сертифицируемого типа (модели) АРВ изменений, влияющих на алгоритм функционирования АРВ, с указанием номеров, присвоенных измененным (новым) версиям алгоритма функционирования АРВ.

В.5. Параметры настройки АРВ сильного действия синхронных генераторов для тестовой модели энергосистемы (математической модели энергосистемы).

#### Примечание.

1. Полный комплект документов представляется на бумажном и электронном носителе в формате pdf и doc.

2. Все документы должны представляться на русском языке.

## Приложение Г (обязательное)

### Требования

#### к созданию цифровой модели испытанного АРВ сильного действия синхронных генераторов

Г.1. Цифровая модель АРВ создается после окончания испытаний на основе данных об АРВ, полученных от владельца АРВ, и его частотных характеристик, полученных экспериментальным путем в ходе проведения сертификационных испытаний.

Г.2. Экспериментальные частотные характеристики АРВ должны быть получены в диапазоне частот от 0,1 до 10 Гц с шагом по частоте не более 0,1 Гц в диапазоне частот от 0,1 до 2 Гц и не более 0,5 Гц в диапазоне частот от 2 до 10 Гц.

Г.3. Частотные характеристики для АРВ сильного действия синхронных генераторов с каналами стабилизации должны определяться отдельно для каждого канала регулирования и стабилизации с учетом измерительных преобразователей каналов регулирования и стабилизации.

Г.4. Частотные характеристики АРВ сильного действия синхронных генераторов с системным стабилизатором должны определяться отдельно для регулятора напряжения и для каждого из каналов системного стабилизатора с учетом измерительных преобразователей каналов регулирования и стабилизации.

Г.5. Верификация цифровой модели АРВ сильного действия синхронных генераторов должна выполняться путем сравнения экспериментальных частотных характеристик испытанного АРВ с частотными характеристиками, рассчитанными на цифровой модели АРВ.

Г.6. Погрешность определения частотных характеристик, рассчитанных на цифровой модели АРВ, относительно экспериментальных частотных характеристик испытанного АРВ должна определяться по формуле:

$$\rho_i = \frac{|\Delta r_i| + |r_i \cdot \Delta \varphi_i|}{r_{max}} \times 100\%$$

где:

$i$  - точка экспериментальной частотной характеристики;

$\rho_i$  - погрешность частотной характеристики цифровой модели в каждой  $i$ -той точке;

$r_i$  - значение амплитуды амплитудно-частотной характеристики в каждой  $i$ -той точке;

$\Delta r_i$  - отклонение значения амплитуды амплитудно-частотной характеристики цифровой модели от соответствующего значения амплитуды экспериментальной амплитудно-частотной характеристики в каждой  $i$ -той точке;

$\Delta \varphi_i$  - отклонение значения фазы фазочастотной характеристики цифровой модели от соответствующего значения фазы экспериментальной фазочастотной характеристики в каждой  $i$ -той точке (в радианах);

$r_{max}$  - максимальное значение амплитуды экспериментальной амплитудно-частотной характеристики.

Г.7. Верифицированной цифровой моделью АРВ сильного действия синхронных генераторов является цифровая модель, у которой погрешность определения частотных характеристик для каждой точки в диапазоне частот от 0,1 до 10 Гц не превышает 10%.

### Библиография

[1] Правила технологического функционирования электроэнергетических систем (утверждены постановлением Правительства Российской Федерации от 13.08.2018 N 937).

[2] Требования к системам возбуждения и автоматическим регуляторам возбуждения сильного действия синхронных генераторов (утверждены приказом Минэнерго России от 13.02.2019 N 98).

[3] Требования к обеспечению надежности электроэнергетических систем, надежности и безопасности объектов электроэнергетики и энергопринимающих установок "Методические указания по устойчивости энергосистем" (утверждены приказом Минэнерго России от 03.08.2018 N 630).