

Типовая программа испытаний по определению величины допустимого небаланса активной мощности при выделении генерирующего оборудования тепловых электростанций с поперечными связями на изолированную нагрузку

1. Цель испытаний

Целью испытаний является определение максимально допустимого небаланса активной мощности при выделении генерирующего оборудования ТЭС с поперечными связями на изолированную нагрузку.

2. Объект испытаний

В данном разделе должны быть представлены:

- краткая характеристика основного и вспомогательного генерирующего оборудования ТЭС (котлов и турбин, участвующих в испытаниях и др.);
- краткое описание режимов работы ТЭС;
- описание испытываемой ЧДА;
- краткая характеристика систем регулирования и информационных систем котлов, турбин, описание системы управления нагрузкой ТЭС;
- регулировочный диапазон нагрузок и диапазон автоматического регулирования ТЭС, наличие ограничений.

3. Общие положения

В данном разделе должны быть указаны:

- руководитель испытаний;
- ответственные за проведение испытаний;
- лица, выполняющие операции по управлению оборудованием во время испытаний;
- лица, осуществляющие контроль за работой оборудования во время испытаний;
- необходимость наличия разрешенной диспетчерской заявки на проведение испытаний.

4. Подготовительные мероприятия перед проведением испытаний

Предварительно (до начала испытаний) должны быть выполнены следующие организационные мероприятия по подготовке испытаний:

- оформлена и подана диспетчерская заявка в субъект оперативно-диспетчерского управления в электроэнергетике, содержащая время начала и окончания испытаний, требуемые для проведения испытаний значения нагрузки ТЭС и испытываемого генерирующего оборудования, а также другого генерирующего оборудования ТЭС, работающего во время испытаний. В заявке должна быть указана возможность аварийного отключения испытываемых турбин ТЭС;
- проведен целевой инструктаж дежурного и оперативного персонала ТЭС, в процессе которого персонал должен быть ознакомлен с целями и порядком

проведения испытаний, своими обязанностями во время испытаний, действиями в случаях нештатных ситуаций.

5. Условия проведения испытаний

5.1. Во время испытаний не должны выполняться другие работы на испытываемом энергоблоке.

5.2. Все основные автоматические регуляторы, технологические защиты и сигнализации, соответствующие согласно инструкциям по эксплуатации энергоблока его исходному режиму (исходной нагрузке), должны быть введены в действие. Настройки регуляторов и уставки срабатывания защит и сигнализаций во время испытаний должны соответствовать значениям, принятым при эксплуатации энергоблока.

5.3. Испытания должны проводиться при параллельной работе генераторов ТЭС с энергосистемой.

5.4. Во время испытаний возможно аварийное отключение испытываемого энергоблока.

5.5. Испытания проводятся при работе испытываемого энергоблока на основном топливе¹.

6. Порядок проведения испытаний

6.1 Общие положения

6.1.1 Испытания проводятся по настоящей программе. Общая продолжительность испытаний на ТЭС с общим паровым коллектором острого пара составляет примерно 4 ч.

6.1.2 Исходная нагрузка испытываемого генерирующего оборудования во время испытаний должна соответствовать (для электростанций, входящих в состав ЕЭС России) его максимальной фактической нагрузке с учетом нагрузки теплофикационных и производственных отборов на момент проведения испытаний/(для электростанций, входящих в состав технологически изолированных территориальных электроэнергетических систем) указывается величина, определенная субъектом оперативно-диспетчерского управления в электроэнергетике.

6.1.3 Для ТЭС с гидравлическими или механогидравлическими системами регулирования турбин перед испытаниями должны быть определены с учетом люфтов ориентировочные значения необходимых изменений положений регулирующих клапанов турбин (РКТ), участвующих в испытаниях (см. таблицу 1).

Величина минимального отклонения мощности ТЭС во время испытаний (во время первого опыта) должна быть не менее 10 % установленной мощности испытываемых турбин ТЭС.

Величина максимального отклонения мощности ΔP_{\max} во время испытаний должна быть не более:

$$\Delta P_{\max} = P_{\text{исх}} - P_{\text{min}},$$

¹ Для испытываемого генерирующего оборудования указывается конкретное топливо (газ/ мазут/ уголь/ смешанное сжигание).

где:

$P_{исх}$ – исходная мощность испытываемого генерирующего оборудования во время испытаний,

P_{min} – минимальная мощность испытываемого генерирующего оборудования (должна быть не более технологического минимума ТЭС (нижней границы автоматического регулировочного диапазона с учетом наличия нагрузки теплофикационных и производственных отборов турбин и минимальной паропроизводительности котлов))².

Таблица 1 – Соотношения наносимых возмущений и требуемого изменения мощности

№ опыта, i	Величина возмущения – изменение положения регулирующих клапанов турбины РКТ, мм (% и др.)	Изменение активной мощности ΔP_i , % (для статизма $S = 5\%$)	Отклонение частоты, Δf_i , Гц
1	РКТ ₁₀	10	$\Delta f_i = \frac{S}{200} \cdot \Delta P_i$
2	РКТ ₁₅	15	
3	РКТ ₂₀	20	
...	
k	РКТ _{MAX}	ΔP_{MAX}	$\Delta f_{MAX} = \frac{S}{200} \cdot \Delta P_{MAX}$

6.1.4 В таблице 2 приведены соотношения наносимых возмущений и требуемого изменения активной мощности ТЭС (для ТЭС, системы управления мощностью и поддержания давления острого пара в общем паровом коллекторе которых реализованы на базе программно-технических комплексов, и системы регулирования турбин – электрические / электрогидравлические с управлением от микропроцессорного контроллера).

Таблица 2 – Соотношения наносимых возмущений и требуемого изменения активной мощности

№ опыта, i	Величина возмущения		Требуемое изменение активной мощности ΔP_i , %	
	Δf_i , Гц	Δn_i , об/мин	Расчетная формула	для статизма $S = 5\%$
1	0,25	15	$\Delta P_i = \frac{200}{S} \cdot \Delta f_i$	10
2	0,375	22,5		15
3	0,5	30		20
...
k	Δf_{MAX}	Δn_{MAX}	$\Delta P_{MAX} = \frac{200}{S} \cdot \Delta f_{MAX}$	ΔP_{MAX}

² по решению руководителя испытаний допускается проведение испытаний до достижения технического минимума испытываемого генерирующего оборудования

6.2 Допустимые динамические отклонения параметров во время испытаний

(указываются возможные допустимые динамические отклонения основных технологических параметров испытываемого генерирующего оборудования ТЭС во время испытаний в соответствии с инструкциями по эксплуатации оборудования и уставками срабатывания защит)

6.3 Регистрация и мониторинг параметров во время испытаний

6.3.1 Во время испытаний оперативным персоналом станции должен осуществляться мониторинг основных параметров режима работы генерирующего оборудования и положений его регулирующих органов, минимальный перечень которых представлен в таблице 3. Мониторинг должен осуществляться с помощью:

- (для ТЭС с информационными системами, реализованными на базе локальных показывающих приборов, установленных на щитах управления и по месту и гидравлическими или механогидравлическими системами регулирования турбин) имеющихся информационных систем и показывающих приборов, установленных на щитах управления и по месту;

- (для ТЭС, системы управления мощностью и поддержания давления острого пара в общем паровом коллекторе которых реализованы на базе программно-технических комплексов/ системы регулирования турбин – электрические (электروهидравлические) с управлением от микропроцессорного контроллера) графиков – мнемокадров, представленных на мониторах операторских станций системы управления ТЭС.

Таблица 3 – Перечень контролируемых параметров режима работы испытываемого генерирующего оборудования и положений его регулирующих органов

Наименование параметра
Электрическая мощность генераторов активная
Частота вращения ротора турбины
Положение регулирующих клапанов турбин (высокого давления)
Давление пара в общем паровом коллекторе
Давление пара за котлами
Температуры пара за котлами
Уровни в барабанах котлов
Примечание – Указанный перечень может быть уточнен при разработке программы испытаний для конкретного генерирующего оборудования.

6.3.2 Во время испытаний с целью последующего анализа должна осуществляться регистрация основных параметров режима работы генерирующего оборудования и положений его регулирующих органов.

- (для ТЭС с информационными системами, реализованными на базе локальных показывающих приборов, установленных на щитах управления и по месту и гидравлическими или механогидравлическими системами регулирования турбин) перечень указанных параметров приведён в таблице 4. Регистрация должна

осуществляться с помощью информационно-вычислительных комплексов, имеющих на ТЭС, либо фиксироваться по показаниям приборов, размещенных на щитах управления или по месту. Дискретность регистрации параметров должна быть минимально возможной.

- (для ТЭС, системы управления мощностью и поддержания давления острого пара в общем паровом коллекторе которых реализованы на базе программно-технических комплексов/ системы регулирования турбин – электрические (электروهидравлические) с управлением от микропроцессорного контроллера) перечень указанных параметров приведён в таблице 5. Регистрация должна осуществляться автоматически. Дискретность регистрации указанных параметров должна быть не более 1 с.

Таблица 4.1 – Перечень регистрируемых параметров режима работы и положений регулирующих органов

Наименование параметров	Максимальная дискретность регистрации, с
Электрическая мощность генераторов	5
Расход топлива	5
Положение регулирующих клапанов турбин	5
Давление пара в общем паровом коллекторе	5
Давление пара за котлами	5
Температуры пара за котлами	15
Уровни в барабанах	5
Давление пара в барабанах котлов	5
Положение регулирующих диафрагм турбин	15
Тепловая нагрузка (давление пара в отборах турбин)	15
Примечание – Указанный перечень может быть уточнен при разработке программы испытаний для конкретного генерирующего оборудования.	

Таблица 4.2 – Перечень регистрируемых параметров режима работы и положений регулирующих органов

Наименование параметра
Электрическая активная мощность генераторов турбин
Заданное значение по мощности турбинам
Расход топлива
Положение регулирующих клапанов турбины (высокого давления) турбин
Расход питательной воды
Давление острого пара в общем паровом коллекторе
Давление пара в барабанах котлов
Давление питательной воды перед котлами
Уровень в барабанах котлов
Температура острого пара за котлами

Наименование параметра
Частота вращения ротора турбины
Сигнал имитатора отклонений частоты (общестанционной системы управления мощностью или систем регулирования турбин)
Положение регулирующих питательных клапанов котлов
Положение регулирующей диафрагмы турбин
Тепловая нагрузка (давление пара в отборах) турбин
Примечание – Указанный перечень может быть уточнен при разработке программы испытаний для конкретного генерирующего оборудования.

6.3.3 Должно фиксироваться время нанесения (начало и конец) возмущения. Должна осуществляться регистрация (фиксироваться факт и время) срабатывания сигнализаций, блокировок, возникновения ограничений на действия регуляторов.

6.4 Описание опытов

6.4.1 Описание опытов для ТЭС с гидравлическими или механогидравлическими системами регулирования турбин

Во время опытов возмущение должно наноситься однократным воздействием на изменение положения регулирующих клапанов паровых турбин, работающих в режиме регулирования нагрузки ТЭС, с помощью дистанционного воздействия на ключи управления МУТ с щита управления. Воздействия должны осуществляться одновременно на все испытываемые турбины ТЭС по команде руководителя испытаний.

Опыт 1.

- действие 1: по команде руководителя испытаний одновременно осуществить дистанционные однократные воздействия на регулирующие клапаны испытываемых турбин на величину, соответствующую изменению активной мощности испытываемого генерирующего оборудования на 10 % (см. таблицу 1). Через 5–15 мин мощность испытываемого генерирующего оборудования должна уменьшиться на (10 ± 1) % и стабилизироваться на данном уровне;

- действие 2: после стабилизации всех основных параметров режима работы испытываемого генерирующего оборудования (примерно 20 мин после выполнения предыдущего действия) по команде руководителя испытаний необходимо однократным воздействием вернуть регулирующие клапаны турбин в исходное положение. После введения имитирующего сигнала активная мощность испытываемого генерирующего оборудования должна увеличиться на (10 ± 2) % и стабилизироваться на данном уровне в течение 5–15 мин.

Дальнейшее проведение испытаний – переход к следующему опыту – осуществляется в случае, если в процессе первого опыта не происходило срабатывания аварийной сигнализации, блокировок³.

³ При наличии возможности устранения причин срабатывания аварийной сигнализации, блокировок (путем изменения настройки системы автоматического управления генерирующего оборудования и т.п.) соответствующий опыт должен быть проведен повторно. Мероприятия, выполненные для устранения причин срабатывания аварийной сигнализации, должны быть указаны в отчете по испытаниям.

В случае прекращения испытаний по причине срабатывания аварийной сигнализации, блокировок значение изменения активной мощности испытываемого генерирующего оборудования в первом опыте принимается за значение максимально допустимого небаланса при выделении испытываемого генерирующего оборудования на изолированную нагрузку.

Следующий опыт проводится после стабилизации нагрузки ТЭС и всех основных параметров режима работы испытываемого генерирующего оборудования.

Опыт 2.

- действие 1: по команде руководителя испытаний одновременно осуществить дистанционные однократные воздействия на регулирующие клапаны испытываемых турбин на величину, соответствующую изменению активной мощности испытываемого генерирующего оборудования на 15 % (см. таблицу 1). Через 10–20 мин мощность испытываемого генерирующего оборудования должна уменьшиться на (15 ± 2) % и стабилизироваться на данном уровне;

- действие 2: после стабилизации всех технологических параметров (примерно 20 мин после выполнения предыдущего действия) по команде руководителя испытаний необходимо однократным воздействием вернуть регулирующие клапаны турбин в исходное положение. После введения имитирующего сигнала активная мощность испытываемого генерирующего оборудования должна увеличиться на (15 ± 2) % и стабилизироваться на данном уровне в течение 10–20 мин.

Дальнейшее проведение испытаний – переход к следующему опыту – осуществляется в случае, если в процессе второго опыта не происходило срабатывания аварийной сигнализации, блокировок³.

В случае прекращения испытаний по причине срабатывания аварийной сигнализации, блокировок значение изменения активной мощности испытываемого генерирующего оборудования во втором опыте принимается за значение максимально допустимого небаланса при выделении испытываемого генерирующего оборудования на изолированную нагрузку.

Следующий опыт проводится после стабилизации нагрузки ТЭС и всех основных параметров режима работы испытываемого генерирующего оборудования.

Опыт 3.

- действие 1: по команде руководителя испытаний одновременно осуществить дистанционные однократные воздействия на регулирующие клапаны испытываемых турбин на величину, соответствующую изменению активной мощности испытываемого генерирующего оборудования на 20 % (см. таблицу 1). Через 10–25 мин мощность испытываемого генерирующего оборудования должна уменьшиться на (20 ± 2) % и стабилизироваться на данном уровне;

- действие 2: после стабилизации всех основных параметров режима работы испытываемого генерирующего оборудования (примерно 30 мин после выполнения предыдущего действия) по команде руководителя испытаний необходимо однократным воздействием вернуть регулирующие клапаны турбин в исходное положение. После введения имитирующего сигнала активная мощность

испытываемого генерирующего оборудования должна увеличиться на (20 ± 2) % и стабилизироваться на данном уровне в течение 10–25 мин.

Дальнейшее проведение испытаний – переход к следующему опыту – осуществляется в случае, если в процессе третьего опыта не происходило срабатывания аварийной сигнализации, блокировок³.

В случае прекращения испытаний по причине срабатывания аварийной сигнализации, блокировок значение изменения активной мощности испытываемого генерирующего оборудования в третьем опыте принимается за значение максимально допустимого небаланса при выделении испытываемого генерирующего оборудования на изолированную нагрузку.

Следующий опыт проводится после стабилизации нагрузки ТЭС и всех основных параметров режима работы испытываемого генерирующего оборудования.

Опыт к.

- действие 1: по команде руководителя испытаний одновременно осуществить дистанционные однократные воздействия на регулирующие клапаны испытываемых турбин на величину, соответствующую изменению мощности ТЭС на $\Delta P_{\text{МАХ}}$ % (см. таблицу 1). Через 10–30 мин активная мощность испытываемого генерирующего оборудования должна уменьшиться на $(\Delta P_{\text{МАХ}}\pm 2)$ % и стабилизироваться на данном уровне;

- действие 2: после стабилизации всех основных параметров режима работы испытываемого генерирующего оборудования (примерно 30–40 мин после выполнения предыдущего действия) по команде руководителя испытаний необходимо однократным воздействием вернуть регулирующие клапаны турбины в исходное положение. После введения имитирующего сигнала мощность испытываемого генерирующего оборудования должна увеличиться на $(\Delta P_{\text{МАХ}}\pm 2)$ % и стабилизироваться на данном уровне в течение 10–30 мин.

Значение изменения активной мощности в данном опыте принимается за значение максимального допустимого небаланса при выделении испытываемого генерирующего оборудования на изолированную нагрузку.

6.4.2 Описание опытов для ТЭС, системы управления мощностью и поддержания давления острого пара в общем паровом коллекторе которых реализованы на базе программно-технических комплексов/ системы регулирования турбин – электрические (электрогидравлические) с управлением от микропроцессорного контроллера.

Опыт 1.

- действие 1: по команде руководителя испытаний произвести ввод скачкообразного имитирующего сигнала изменения частоты, равного 250 мГц (15 об/мин), на имитаторе отклонений частоты сети в системе управления мощностью ТЭС или на имитаторах отклонений частоты сети в системах регулирования турбин (одновременно). После введения имитирующего сигнала активная мощность испытываемого генерирующего оборудования должна уменьшиться на (10 ± 1) % и стабилизироваться на данном уровне в течение 5–15 мин;

- действие 2: после стабилизации всех основных параметров режима работы испытываемого генерирующего оборудования (примерно 20 мин после выполнения предыдущего действия) по команде руководителя испытаний производится ввод скачкообразного имитирующего сигнала изменения частоты, равного 0 МГц (0 об/мин). После введения имитирующего сигнала активная мощность испытываемого генерирующего оборудования должна увеличиться на (10 ± 1) % и стабилизироваться на данном уровне в течение 5–15 мин.

Дальнейшее проведение испытаний – переход к следующему опыту – осуществляется в случае, если в процессе первого опыта не происходило срабатывания аварийной сигнализации, блокировок³.

В случае прекращения испытаний по причине срабатывания аварийной сигнализации, блокировок значение изменения активной мощности испытываемого генерирующего оборудования в первом опыте принимается за значение максимально допустимого небаланса при выделении испытываемого генерирующего оборудования на изолированную нагрузку.

Следующий опыт проводится после стабилизации нагрузки ТЭС и всех основных параметров режима работы испытываемого генерирующего оборудования.

Опыт 2.

- действие 1: по команде руководителя испытаний произвести ввод скачкообразного имитирующего сигнала изменения частоты, равного 375 МГц (22,5 об/мин), на имитаторе отклонений частоты сети в системе управления мощностью ТЭС или на имитаторах отклонений частоты сети в системах регулирования турбин (одновременно). После введения имитирующего сигнала активная мощность испытываемого генерирующего оборудования должна уменьшиться на (15 ± 1) % и стабилизироваться на данном уровне в течение 10–15 мин;

- действие 2: после стабилизации всех технологических параметров (примерно 30 мин после выполнения предыдущего действия) по команде руководителя испытаний производится ввод скачкообразного имитирующего сигнала изменения частоты, равного 0 МГц (0 об/мин). После введения имитирующего сигнала мощность испытываемого генерирующего оборудования должна увеличиться на (15 ± 1) % и стабилизироваться на данном уровне в течение 10–15 мин.

Дальнейшее проведение испытаний – переход к следующему опыту – осуществляется в случае, если в процессе второго опыта не происходило срабатывания аварийной сигнализации, блокировок.

В случае прекращения испытаний по причине срабатывания аварийной сигнализации, блокировок значение изменения активной мощности испытываемого генерирующего оборудования во втором опыте принимается за значение максимально допустимого небаланса при выделении испытываемого генерирующего оборудования на изолированную нагрузку.

Следующий опыт проводится после стабилизации нагрузки ТЭС и всех основных параметров режима работы испытываемого генерирующего оборудования.

Опыт 3.

- действие 1: по команде руководителя испытаний произвести ввод скачкообразного имитирующего сигнала изменения частоты, равного 500 мГц (30 об/мин), на имитаторе отклонений частоты сети в системе управления мощностью ТЭС или на имитаторах отклонений частоты сети в системах регулирования турбин (одновременно). После введения имитирующего сигнала активная мощность испытываемого генерирующего оборудования должна уменьшиться на (20 ± 2) % и стабилизироваться на данном уровне в течение 10–20 мин;

- действие 2: после стабилизации всех основных параметров режима работы испытываемого генерирующего оборудования (примерно 30 мин после выполнения предыдущего действия) по команде руководителя испытаний производится ввод скачкообразного имитирующего сигнала изменения частоты, равного 0 мГц (0 об/мин). После введения имитирующего сигнала активная мощность испытываемого генерирующего оборудования должна увеличиться на (20 ± 2) % и стабилизироваться на данном уровне в течение 10–20 мин.

Дальнейшее проведение испытаний – переход к следующему опыту – осуществляется в случае, если в процессе третьего опыта не происходило срабатывания аварийной сигнализации, блокировок³.

В случае прекращения испытаний по причине срабатывания аварийной сигнализации, блокировок значение изменения активной мощности испытываемого генерирующего оборудования в третьем опыте принимается за значение максимально допустимого небаланса при выделении испытываемого генерирующего оборудования на изолированную нагрузку.

Следующий опыт проводится после стабилизации нагрузки ТЭС и всех основных параметров режима работы испытываемого генерирующего оборудования.

Опыт к.

- действие 1: по команде руководителя испытаний произвести ввод скачкообразного имитирующего сигнала изменения частоты, равного Δf_{MAX} , мГц (Δn_{MAX} об/мин), на имитаторе отклонений частоты сети в системе управления мощностью ТЭС или на имитаторах отклонений частоты сети в системах регулирования турбин (одновременно). После введения имитирующего сигнала активная мощность испытываемого генерирующего оборудования должна уменьшиться на $(\Delta P_{\text{MAX}} \pm 2)$ % и стабилизироваться на данном уровне в течение 15–30 мин;

- действие 2: после стабилизации всех параметров режима работы испытываемого генерирующего оборудования (примерно 30 мин после выполнения предыдущего действия) по команде руководителя испытаний производится ввод скачкообразного имитирующего сигнала изменения частоты, равного 0 мГц (0 об/мин). После введения имитирующего сигнала активная мощность испытываемого генерирующего оборудования должна увеличиться на $(\Delta P_{\text{MAX}} \pm 2)$ % и стабилизироваться на данном уровне в течение 15–30 мин.

Значение изменения активной мощности испытываемого генерирующего оборудования в данном опыте принимается за значение максимального допустимого небаланса активной мощности при выделении испытываемого генерирующего

оборудования на изолированную нагрузку.

7. Состояние оборудования после испытаний

После завершения испытаний оборудование приводится в состояние, соответствующее нагрузке ТЭС, необходимой по диспетчерскому графику. При этом работа оборудования ТЭС осуществляется согласно действующим режимным картам.

8. Требования безопасности при проведении испытаний

8.1 При проведении испытаний необходимо соблюдать правила техники безопасности, установленные действующими нормативными документами.

8.2 Испытания должны проводиться по утвержденной программе и разрешенной диспетчерской заявке с указанием возможности отключения испытываемого энергоблока.

8.3 При возникновении нестандартных и аварийных ситуаций испытания должны быть прекращены. Оперативный персонал должен провести соответствующие операции и переключения согласно действующим инструкциям по эксплуатации энергоблока. Возобновление испытаний возможно после стабилизации режима работы оборудования по решению руководителя испытаний.

9. Оформление результатов испытаний

Результаты испытаний оформляются в виде протокола, который согласовывается с соответствующим диспетчерским центром субъекта оперативно-диспетчерского управления в электроэнергетике.