

Методика проверки соответствия энергоблоков АЭС требованиям, предъявляемым к ним для участия в НПРЧ

1. Общие положения

1.1. Сертификационные испытания энергоблока на соответствие требованиям стандарта организации ОАО «СО ЕЭС» СТО 59012820.27.120.20.004-2013 «Нормы участия энергоблоков атомных электростанций в нормированном первичном регулировании частоты» (далее – Стандарт) для участия в НПРЧ должны включать в себя проведение проверок согласно пунктам 2–8.

1.2. Проверка участия энергоблока в НПРЧ должна производиться путем имитации отклонений частоты в САУМ энергоблока параллельно с действующим трактом общего первичного регулирования частоты.

1.3. Во время проведения сертификационных испытаний должно сохраняться участие энергоблока в ОПРЧ.

1.4. При проведении сертификационных испытаний энергоблока на соответствие требованиям Стандарта, предъявляемым для участия в НПРЧ, динамика изменения первичной мощности энергоблока при максимальной требуемой первичной мощности $\Delta P_{\Pi} = 2 \% P_{\text{ном}}$ должна быть не хуже: $1 \% P_{\text{ном}}$ – за 10 с, $2 \% P_{\text{ном}}$ – за 30 с; при максимальной требуемой первичной мощности на разгрузку $\Delta P_{\Pi} = -8 \% P_{\text{ном}}$ динамика изменения первичной мощности энергоблока должна быть не хуже: $-4 \% P_{\text{ном}}$ – за 10 с, $-8 \% P_{\text{ном}}$ – за 120 с. Допустимая область изменения первичной мощности энергоблока приведена соответственно на рис. 1, 2.

1.5. Сертификационные испытания энергоблоков с двумя турбоагрегатами должны проводиться при полном составе оборудования в полном объеме.

В случае, если предполагается участие энергоблока в НПРЧ при работе и с одним турбоагрегатом, проверки с одним турбоагрегатом должны проводиться согласно пунктам 3, 5–8. При этом величины требуемых изменений мощности при проверке участия энергоблока в НПРЧ должны определяться как доля от номинальной мощности при данном составе оборудования.

1.5. Во время сертификационных испытаний не должны выполняться какие-либо работы на энергоблоке, которые могут повлиять на результаты испытаний или нарушать их проведение. Не разрешается проводить изменений структуры или параметров САУМ энергоблока. Все штатные системы автоматического регулирования и технологической автоматики энергоблока должны быть введены в работу.

1.6. Во время сертификационных испытаний технологические параметры турбин(ы) и реактора не должны выходить за допустимые пределы, определенные действующими руководящими документами по эксплуатации.

1.7. В случае возникновения условий для участия энергоблока в ОПРЧ и противоаварийном управлении испытания должны быть приостановлены. Возобновление испытаний допускается только с разрешения диспетчера ОАО «СО ЕЭС».

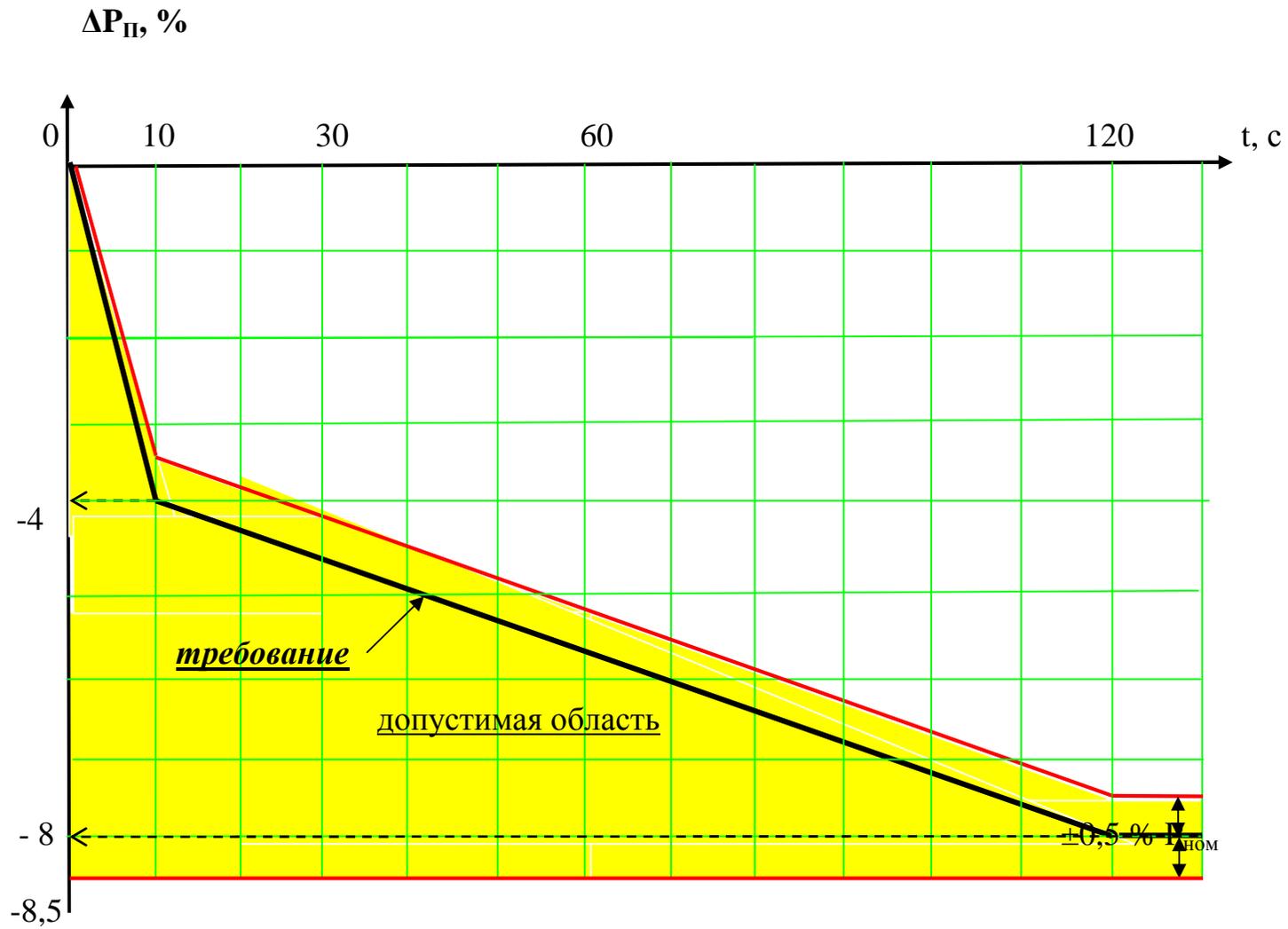


Рис. 1. Допустимая область изменения первичной мощности энергоблока при $\Delta P_{II} = -8\% P_{ном}$ при скачкообразном повышении частоты

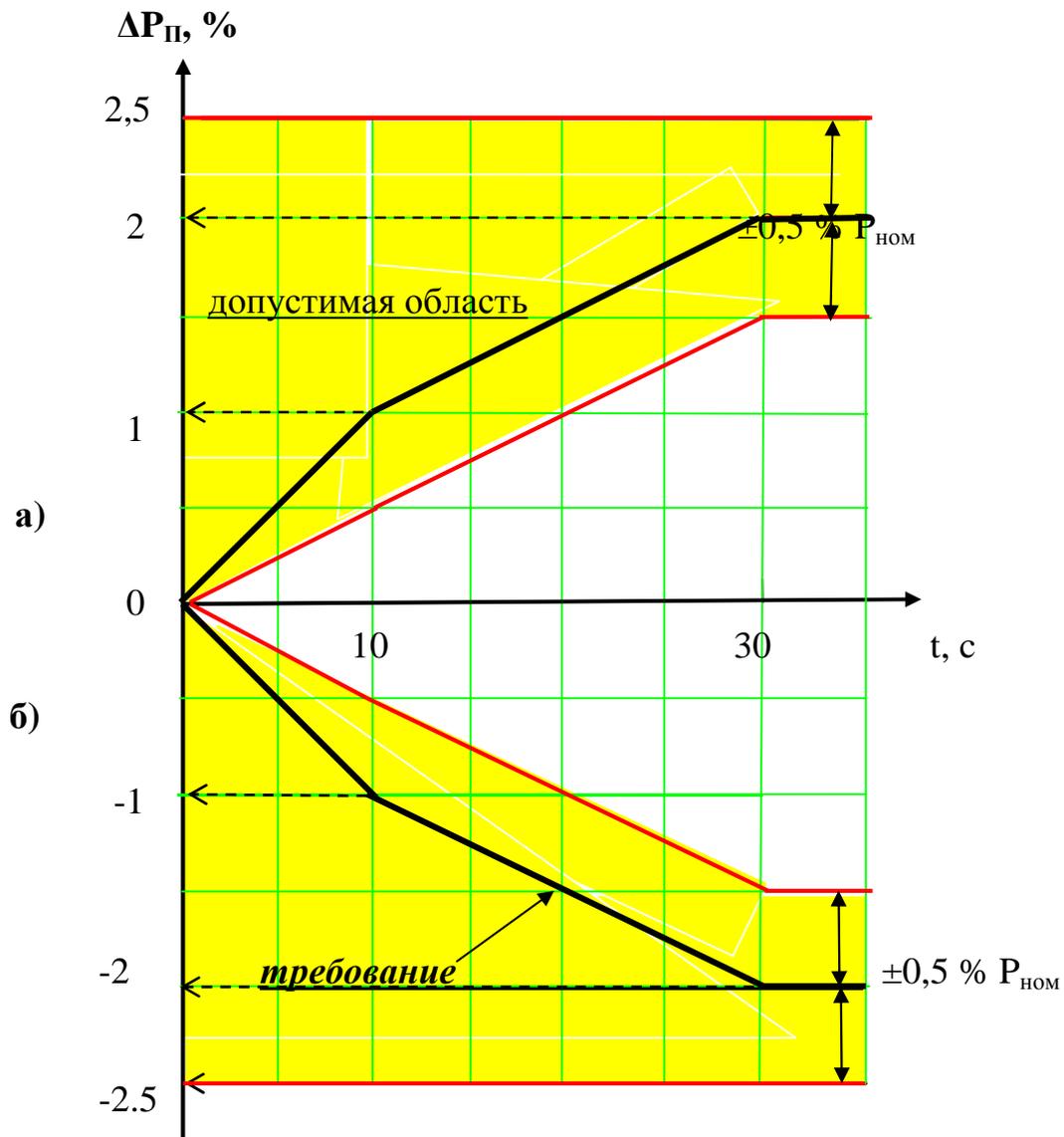


Рис. 2. Допустимая область изменения первичной мощности энергоблока при $\Delta P_{\text{П}} = \pm 2\% P_{\text{НОМ}}$ при скачкообразных снижении (а) и повышении (б) частоты

2. Проверка выполнения требований к устройствам системы мониторинга

В процессе испытаний сертифицируемого энергоблока должны быть проверены устройства системы мониторинга, регистрирующие параметры энергоблока в соответствии с требованиями раздела 6 Стандарта.

Критерии оценки:

- количество регистрируемых параметров энергоблока должно соответствовать пункту 6.2 Стандарта, шаг регистрации параметров – не более 1 с;
- дискретность регистрации измерений и заданий мощности, измерений частоты вращения турбины, соответственно, должна быть не более 0,1 % $P_{ном}$ и 0,001 Гц;
- аппаратные средства устройств системы мониторинга позволяют хранить весь объем регистрируемых параметров энергоблока не менее 12 месяцев;
- существует возможность копирования на внешний электронный носитель части архива за заданный промежуток времени всех или части регистрируемых параметров энергоблока;
- реализована возможность мониторинга персоналом электростанции участия энергоблока в НПРЧ путем представления параметров в соответствии с требованиями пунктов 6.7–6.8 Стандарта.

3. Проверка точности поддержания САУМ энергоблока заданной мощности

В процессе испытаний должна быть выполнена проверка точности поддержания САУМ энергоблока задания мощности путем сравнения текущего задания и фактической мощности энергоблока в течение минимум одного часа.

Критерии оценки:

максимальное отклонение фактической мощности энергоблока от задания мощности в САУМ не должно превышать $\pm 0,5$ % $P_{ном}$.

4. Проверка возможности изменения величин «мертвой полосы» и статизма первичного регулирования

При проверке в САУМ энергоблока должно быть выполнено изменение величины «мертвой полосы» первичного регулирования в соответствии с требованиями пункта 5.15 Стандарта.

При проверке в САУМ энергоблока должна быть подтверждена возможность изменения статизма первичного регулирования в соответствии с требованиями пункта 5.17 Стандарта.

Критерии оценки:

- в САУМ энергоблока существует возможность изменения величины «мертвой полосы» первичного регулирования с требуемой дискретностью при сохранении штатного режима функционирования энергоблока, без прекращения участия энергоблока в первичном регулировании;
- в САУМ энергоблока существует возможность изменения величины статизма первичного регулирования с требуемой дискретностью.

5. Проверка нечувствительности первичных регуляторов

Проверка нечувствительности первичных регуляторов проводится при установленном статизме первичного регулирования $S = 6\%$ на РЧВ и ЧК энергоблока при плановой нагрузке энергоблока ($P_{пл}$) вверху регулировочного диапазона энергоблока

$$P_{пл} = P_{МАКС} - 2\% P_{НОМ},$$

где $P_{МАКС}$ – верхняя граница регулировочного диапазона, МВт.

На входах РЧВ и ЧК с периодичностью 3 мин имитируются отклонения частоты на величину $\Delta f = \pm 20$ мГц в соответствии с графиком на рис. 3.

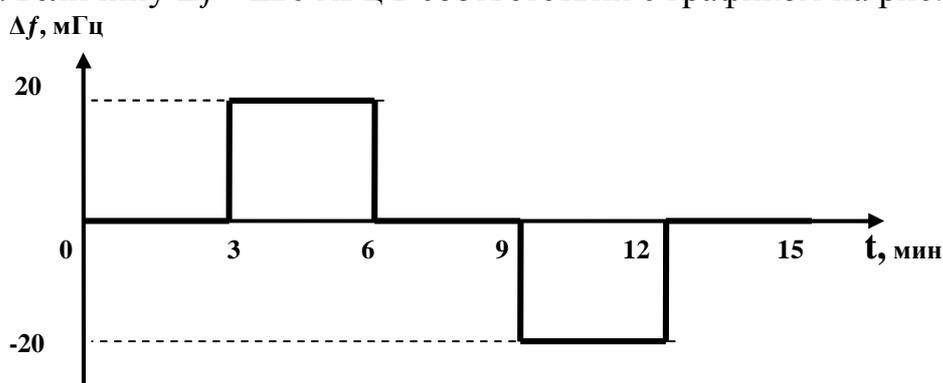


Рис. 3. Имитация отклонений частоты при проверке нечувствительности первичных регуляторов энергоблока

По величине изменения мощности энергоблока при имитации отклонений частоты должны быть определены величины фактической нечувствительности первичных регуляторов энергоблока.

Критерии оценки:

- при имитации отклонений частоты на $\Delta f = \pm 20$ мГц должны фиксироваться противоположные по знаку каждому изменению частоты изменения мощности энергоблока в пределах $0,33 \div 0,67\% P_{НОМ}$. Изменение мощности менее $0,33\% P_{НОМ}$ означает превышение максимальной допустимой нечувствительности первичных регуляторов ± 10 мГц.

6. Проверка следящего режима первичного регулирования частоты

Проверка следящего режима первичного регулирования проводится при статизме первичного регулирования $S = 6\%$ при уровне плановой нагрузки энергоблока ($P_{пл}$) вверху регулировочного диапазона:

$$P_{пл} = P_{МАКС} - 2\% P_{НОМ.}$$

Проверка производится путем последовательной имитации отклонений частоты в сторону снижения и в сторону увеличения, состоящих из двух ступеней величиной по 30 мГц с последующим снятием имитации отклонения частоты в соответствии с графиками на рис. 4.

Переходные процессы требуемого изменения первичной мощности энергоблока показаны на рис. 4

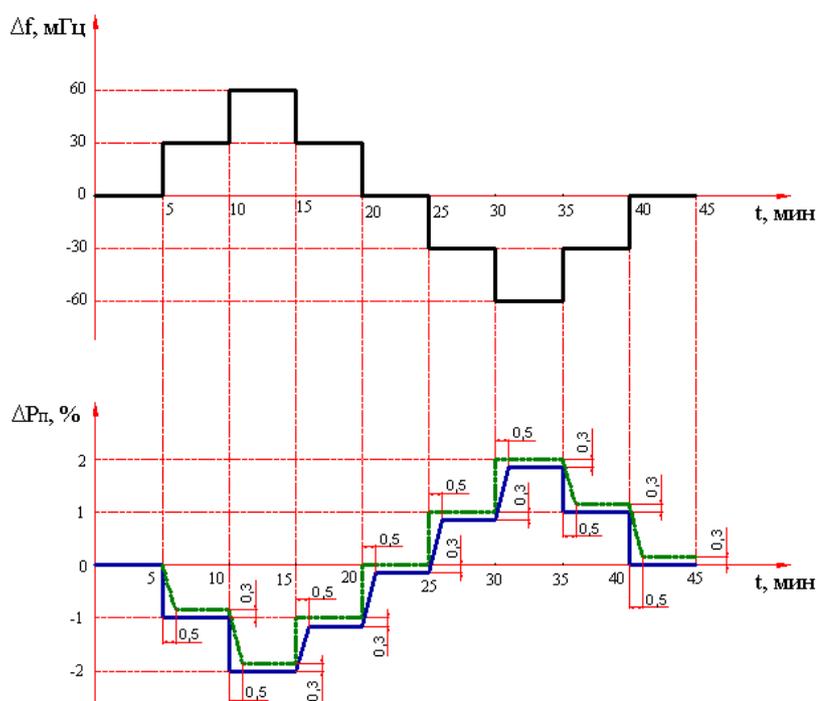


Рис. 4. Имитация отклонений частоты и требуемые изменения первичной мощности энергоблока в следящем режиме

Критерии оценки:

– при имитации отклонений частоты должны фиксироваться противоположные по знаку изменения фактической мощности энергоблока с требуемой динамикой, с точностью поддержания каждого нового задания мощности $\pm 0,5\% P_{НОМ.}$

7. Проверка динамики первичного регулирования

Проверка динамики первичного регулирования энергоблока включает в себя опыты по проверке соответствия требованиям Стандарта при имитации

отклонений частоты, требующих изменения мощности энергоблока в пределах $\pm 2\% P_{\text{НОМ}}$, $-8\% P_{\text{НОМ}}$.

7.1. Проверка динамики первичного регулирования энергоблока при $\Delta P_{\text{П}} = \pm 2\% P_{\text{НОМ}}$

Проверка производится при статизме первичного регулирования $S=6\%$ вверху регулировочного диапазона энергоблока:

$$P_{\text{пл}} = P_{\text{МАКС}} - 2\% P_{\text{НОМ}}$$

путем имитации отклонений частоты $\Delta f = \pm 60$ мГц.

На заданном уровне плановой нагрузки выполняется четыре последовательных опыта снижения и увеличения частоты с интервалами 10 мин в соответствии с графиком на рис. 5.

Переходные процессы требуемого изменения первичной мощности энергоблока показаны на рис. 5.

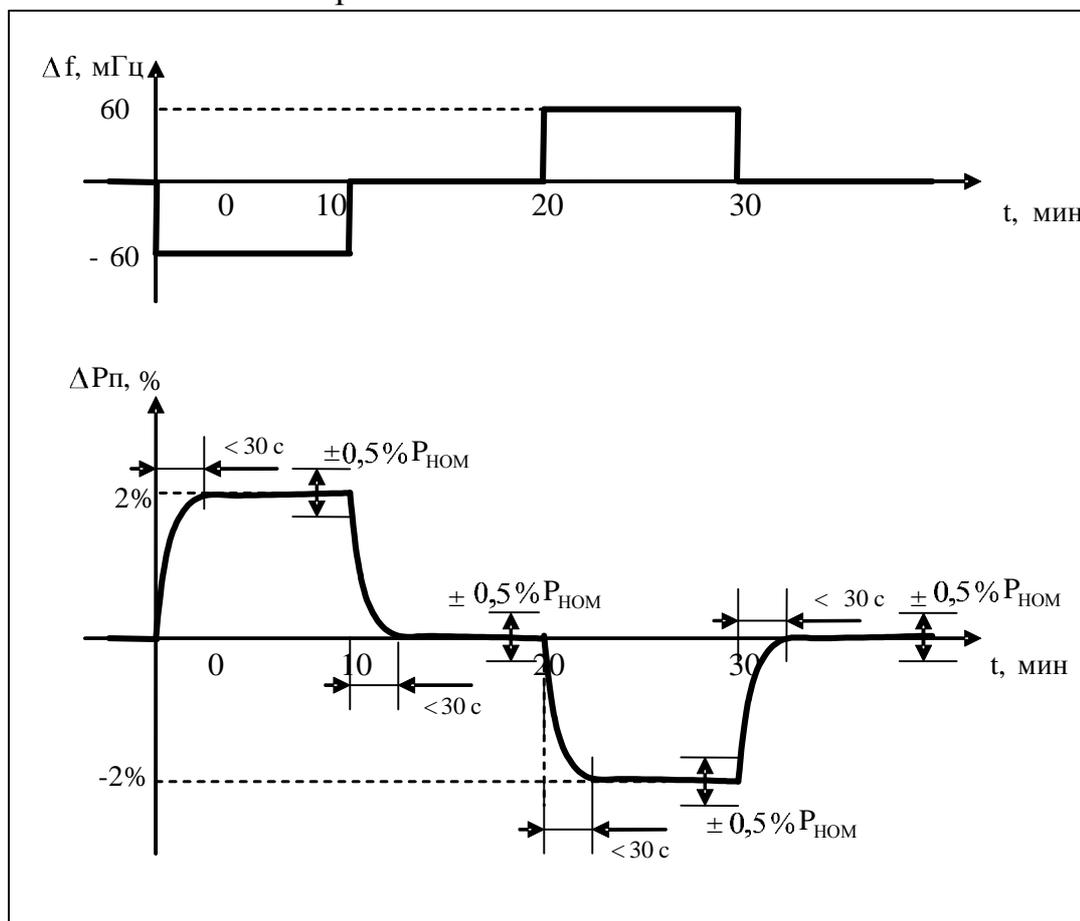


Рис. 5. Имитация отклонений частоты и требуемые изменения первичной мощности энергоблока при $\Delta P_{\text{П}} = \pm 2\% P_{\text{НОМ}}$

Критерии оценки:

- при имитации отклонений частоты должны фиксироваться противоположные по знаку изменения фактической мощности энергоблока с требуемой динамикой и точностью поддержания каждого нового задания мощности $\pm 0,5\% P_{\text{НОМ}}$;

– при имитации отклонений частоты на $\Delta f=60$ мГц должно происходить аperiодическое изменение мощности энергоблока на $1\% P_{\text{НОМ}}$ за время $t \leq 10$ с и за время $t \leq 30$ с – на $2\% P_{\text{НОМ}}$.

7.2. Проверка динамики первичного регулирования энергоблока при $\Delta P_{\text{П}} = -8\% P_{\text{НОМ}}$

Проверка производится при статизме первичного регулирования $S=6\%$ вверху регулировочного диапазона:

$$P_{\text{пл}} = P_{\text{МАКС}} - 2\% P_{\text{НОМ}}$$

путем имитации отклонения частоты на $\Delta f=240$ мГц.

На заданном уровне плановой нагрузки выполняется два последовательных опыта по увеличению и снижению частоты с интервалами 10 мин в соответствии с графиками на рис. 6.

Переходные процессы требуемого изменения первичной мощности энергоблока показаны на рис. 6.

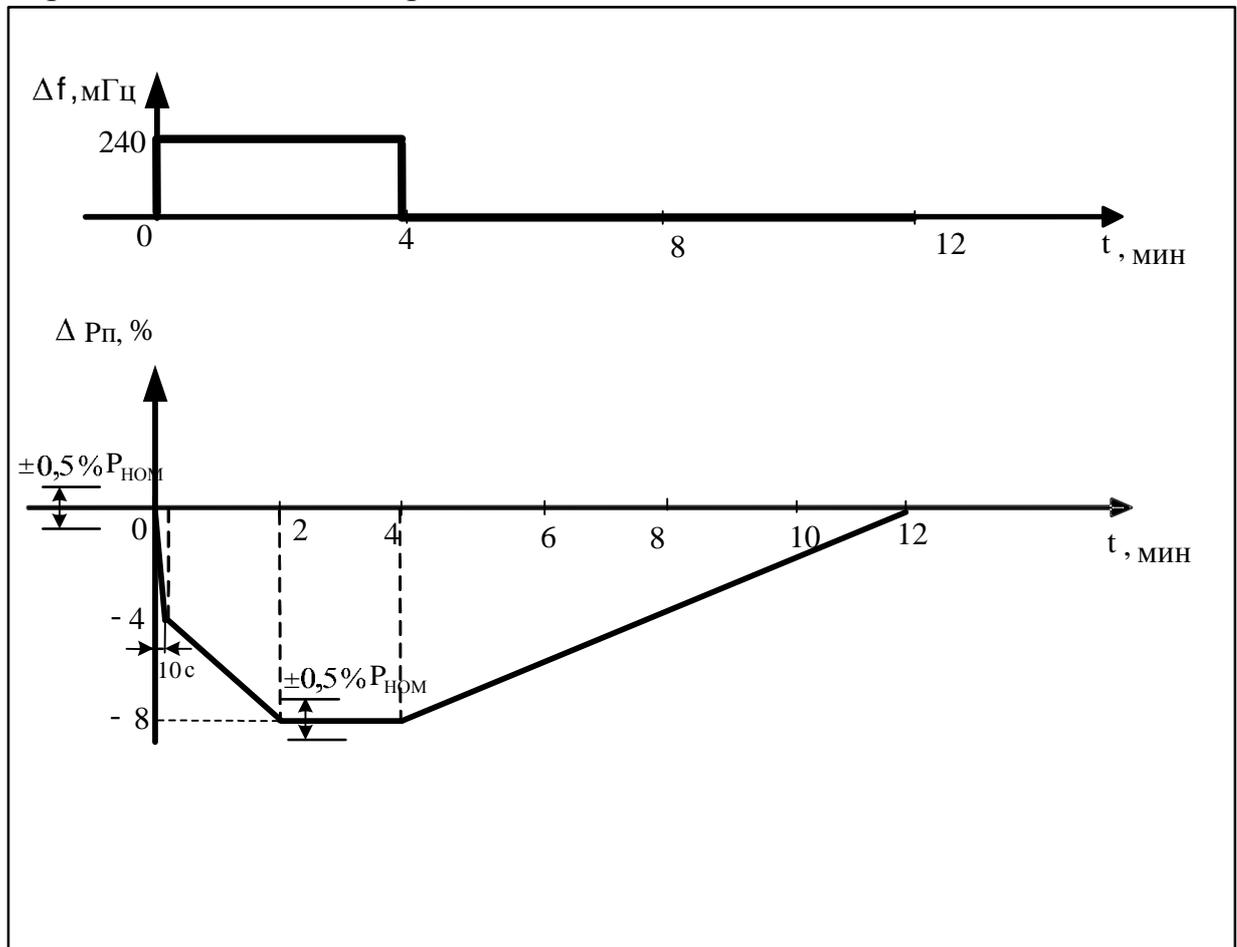


Рис. 6 Имитация отклонений частоты и требуемые изменения первичной мощности энергоблока при $\Delta P_{\text{П}} = -8\% P_{\text{НОМ}}$

Критерии оценки:

– при имитации повышения частоты должно фиксироваться противоположное по знаку изменение фактической мощности

энергоблока с требуемой динамикой и точностью поддержания нового задания мощности $\pm 0,5 \% P_{\text{ном}}$;

- при имитации повышения частоты на $\Delta f = 240$ мГц должно происходить аperiodическое снижение мощности энергоблока на $4 \% P_{\text{ном}}$ за время $t \leq 10$ с и на $8 \% P_{\text{ном}}$ за время $t \leq 2$ мин;

- при снятии имитации повышения частоты на $\Delta f = 240$ мГц должно происходить аperiodическое увеличение мощности энергоблока к исходному значению с допустимой по условиям эксплуатации реактора скоростью ($1 \% P_{\text{ном}}/\text{мин}$).

8. Проверка работы энергоблока в режиме НПРЧ

8.1. После завершения проверок участия энергоблока в НПРЧ с имитацией отклонений частоты должна быть проведена проверка работы энергоблока в режиме НПРЧ.

Проверка работы энергоблока в режиме НПРЧ производится с минимальной «мертвой полосой» первичного регулирования (не более $50 \pm 0,02$ Гц) при установленном статизме первичного регулирования $S = 5 \%$.

В начале проверки дополнительного расширения «мертвой полосы» первичного регулирования в САУМ энергоблока не производится.

8.2. Проверка работы энергоблока в режиме НПРЧ проводится вверху регулировочного диапазона при условии обеспечения резерва первичного регулирования не менее $\pm 2\% P_{\text{ном}}$ энергоблока.

При проверке работы энергоблока в режиме НПРЧ при минимальной «мертвой полосе» первичного регулирования в течение 6 ч должна быть произведена оценка реальной зоны нечувствительности первичного регулирования энергоблока для ее учета при последующем задании расширения «мертвой полосы» в САУМ энергоблока.

8.3. После оценки реальной зоны нечувствительности первичного регулирования энергоблока в последующем должно быть произведено:

- расширение «мертвой полосы» первичного регулирования до $50 \pm 0,02$ Гц в случае, если реальная зона нечувствительности первичного регулирования энергоблока окажется менее $\pm 0,02$ Гц;

- оперативное отключение и включение режима НПРЧ путем расширения «мертвой полосы» первичного регулирования до $50 \pm 0,075$ Гц (отключение режима НПРЧ) и последующего восстановления «мертвой полосы» до $50 \pm 0,02$ Гц (включение режима НПРЧ) через 1 ч. Время отключения и включения режима НПРЧ должно фиксироваться.

Задание величины расширения «мертвой полосы» первичного регулирования должно выполняться с учетом реальной зоны нечувствительности первичного регулирования энергоблока, определенной по пункту 8.2.

Общая продолжительность проверки энергоблока в режиме НПРЧ должна составлять не менее 12 ч.

8.4. Предварительная оценка результатов проверки энергоблока в режиме НПРЧ проводится на основании данных текущего мониторинга (в присутствии участников испытаний), а окончательная оценка – на основе данных архива мониторинга специалистами органа по добровольной сертификации, участвовавшими в испытаниях.

Критерии оценки:

– при отклонениях частоты в пределах $50 \pm 0,02$ Гц и постоянной плановой нагрузке фактическая мощность энергоблока должна оставаться в пределах $\pm 0,5 \% P_{\text{ном}}$ относительно заданной мощности;

– при отклонении частоты за пределы $50 \pm 0,02$ Гц должно происходить заметное изменение мощности энергоблока;

– знак величины изменения мощности энергоблока должен быть противоположен знаку величины изменения частоты;

– при отклонениях частоты на величину более $50 \pm 0,03$ Гц продолжительностью более 1 мин должно четко фиксироваться соответствующее изменение первичной мощности энергоблока на величину

$0,5 \% P_{\text{ном}}$ или более, пропорционально отклонению частоты;

– при возврате частоты в пределы $50 \pm 0,02$ Гц продолжительностью более 1 мин должен фиксироваться четкий возврат мощности энергоблока к исходной нагрузке, соответствующей плановому заданию;

– в случае скачкообразного изменения частоты на величину ± 30 мГц и более должно четко фиксироваться соответствующее изменение мощности энергоблока с требуемой динамикой первичного регулирования и последующее пропорциональное отклонению частоты изменение мощности до возврата частоты в пределы $50 \pm 0,02$ Гц;

– должно быть обеспечено устойчивое удержание средней за час нагрузки энергоблока на уровне $\pm 0,5 \% P_{\text{ном}}$ заданной плановой мощности, если среднее значение частоты за час находилось в пределах $50 \pm 0,01$ Гц;

– в период отключения режима НПРЧ и при отклонениях частоты до $50 \pm 0,075$ Гц не должно происходить заметного изменения первичной мощности энергоблока.