

Методика проверки соответствия ГТУ требованиям, предъявляемым к ним для участия в НПРЧ и (или) АВРЧМ

1. Общие положения

1.1. Сертификационные испытания ГТУ на соответствие требованиям стандарта организации АО «СО ЕЭС» СТО 59012820.27.100.004-2016 «Нормы участия парогазовых и газотурбинных установок в нормированном первичном регулировании частоты и автоматическом вторичном регулировании частоты и перетоков активной мощности» (далее – Стандарт) для участия в НПРЧ и в АВРЧМ должны включать в себя предварительную проверку выполнения всех общих требований разделов 5, 6 и (или) 7 Стандарта по представленной заявителем документации, и проведение испытаний по пп. 2–8 настоящей Методики.

1.2. Сертификационные испытания ГТУ на соответствие требованиям Стандарта для участия только в НПРЧ должны включать в себя проведение испытаний по пп. 2–5, 8 настоящей Методики.

1.3. Сертификационные испытания ГТУ на соответствие требованиям Стандарта для участия только в АВРЧМ должны включать в себя проведение испытаний по пп. 2, 3, 6 настоящей Методики.

1.4. При наличии действующего сертификата соответствия ГТУ требованиям Стандарта для участия в НПРЧ сертификационные испытания ГТУ на соответствие требованиям Стандарта для участия в АВРЧМ должны включать проведение проверок согласно разделам 6, 7 настоящей Методики.

При наличии действующего сертификата соответствия ГТУ требованиям Стандарта для участия в АВРЧМ сертификационные испытания ГТУ на соответствие требованиям Стандарта для участия в НПРЧ должны включать проведение проверок согласно пп. 4, 5, 7 и 8 Методики.

1.5. Сертификационные испытания ГТУ на соответствие требованиям Стандарта должны проводиться только при условии, когда фактический регулировочный диапазон ГТУ при текущих параметрах окружающей среды (температура окружающего воздуха, атмосферное давление, влажность) не менее регулировочного диапазона, указанного в паспортных данных для номинальных параметров окружающей среды.

1.6. При сертификационных испытаниях ГТУ проверки по пп. 5–8 должны проводиться на основном топливе в полном объеме. Необходимость проведения указанных проверок на резервном виде топлива определяется органом по добровольной сертификации и согласовывается с АО «СО ЕЭС» в рамках согласования им программы сертификационных испытаний.

1.7. Имитация участия ГТУ в НПРЧ должна производиться путем имитации отклонений частоты в САУМ ГТУ параллельно с действующими трактами общего первичного регулирования частоты.

Имитация участия ГТУ в АВРЧМ должна производиться путем имитации поступления в САУМ ГТУ заданий вторичной мощности от УВК

ЦКС/ЦС АРЧМ параллельно с действующим трактом задания плановой мощности.

1.8. Имитация отклонений частоты и имитация заданий вторичной мощности должны производиться по отдельным каналам.

1.9. Во время проведения сертификационных испытаний должно сохраняться участие ГТУ в ОПРЧ.

1.10. При проведении сертификационных испытаний ГТУ на соответствие требованиям Стандарта, предъявляемым для участия в НПРЧ, динамика изменения первичной мощности должна быть не хуже: 2,5 % $P_{ном}$ – за 15 с, 5 % $P_{ном}$ – за 30 с, 10 % $P_{ном}$ – за 120 с.

Допустимая область изменения первичной мощности ГТУ при максимальной требуемой первичной мощности $\Delta P_{п} = 10\% P_{ном}$ приведена на рис. 1.

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

1.12. Во время сертификационных испытаний технологические параметры оборудования ГТУ не должны выходить за допустимые пределы, определенные действующими руководящими документами по эксплуатации.

1.13. В случае возникновения условий для участия ГТУ в ОПРЧ и противоаварийном управлении, испытания должны быть прекращены. Возобновление испытаний допускается только с разрешения диспетчера АО «СО ЕЭС».

1.14. Во время сертификационных испытаний с целью последующего анализа должна осуществляться регистрация основных технологических параметров и положений регулирующих органов и регистрация (фиксация времени) срабатывания сигнализации, возникновения ограничений и других событий. Регистрация должна осуществляться либо с помощью архивных станций программно-технических комплексов или информационных систем, установленных на оборудовании ГТУ, либо фиксироваться по показаниям приборов, размещенных на щитах управления или по месту.

Обобщенный перечень регистрируемых параметров приведен в таблице 8.1 Стандарта.

Дискретность регистрации основных параметров, фиксируемых с помощью архивных станций (информационных систем) программно-технических комплексов, во время испытаний должна быть не более 1 с. Дискретность регистрации параметров, фиксируемых по показаниям приборов, размещенных на щитах управления или по месту, должна быть минимально возможной.

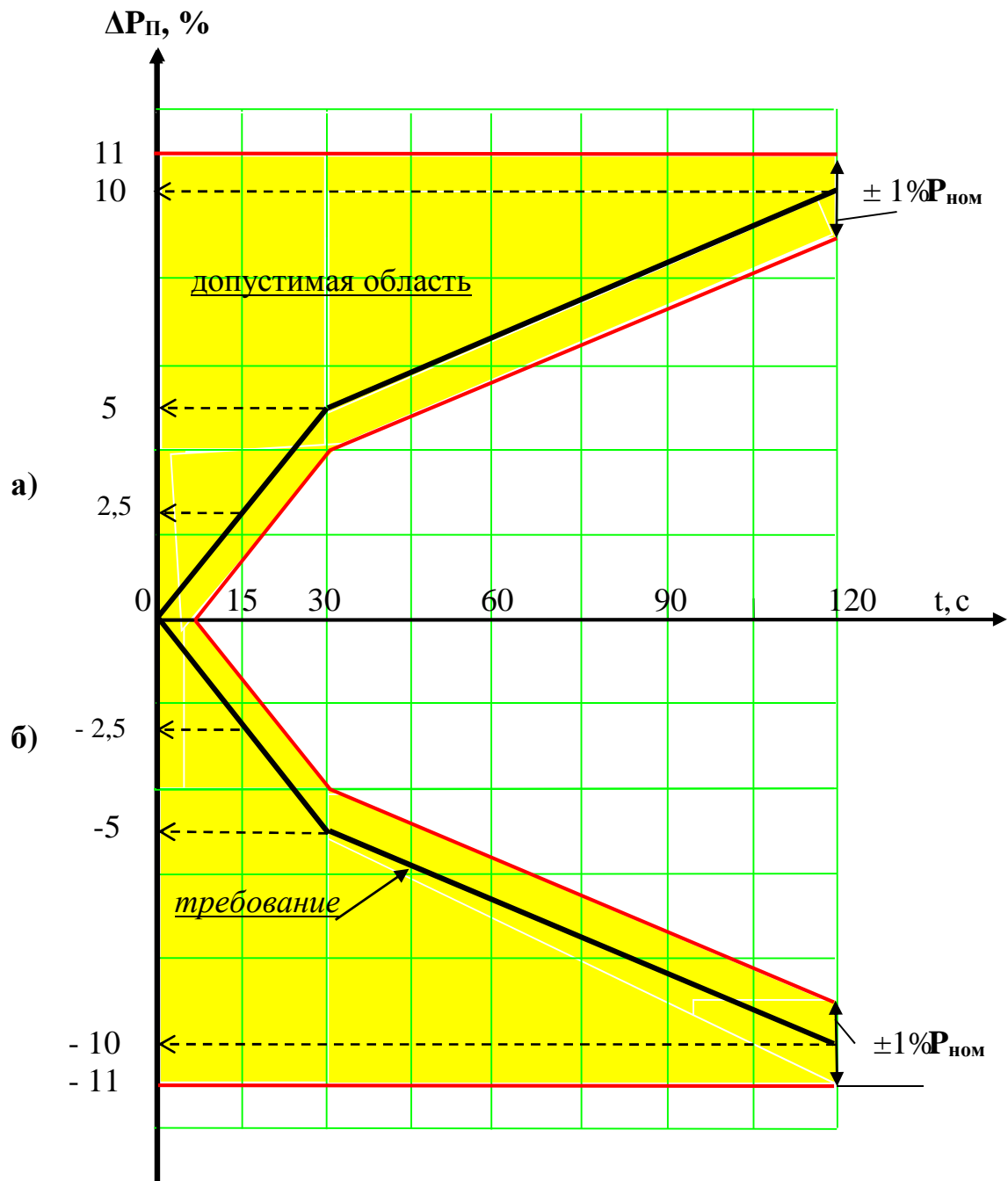


Рис. 1. Допустимая область изменения первичной мощности ГТУ при снижении (а) и повышении (б) частоты

2. Проверка выполнения требований к устройствам системы мониторинга

В процессе испытаний сертифицируемой ГТУ должны быть проверены устройства системы мониторинга в соответствии с требованиями раздела 8 Стандарта.

Критерии оценки:

- дискретность регистрации измерений и заданий мощности, измерений частоты вращения турбин должна быть не более указанной в п. 8.4 Стандарта, шаг регистрации данных параметров – не более 1 с;
- аппаратные средства устройств системы мониторинга позволяют хранить весь объем регистрируемых параметров ГТУ не менее 12 месяцев;
- существует возможность копирования на внешний электронный носитель части архива за заданный промежуток времени всех или части регистрируемых параметров ГТУ;
- реализована возможность мониторинга персоналом электростанции участия ГТУ в НПРЧ и (или) АВРЧМ путем представления параметров в соответствии с требованиями пп. 8.7–8.9 Стандарта.

3. Проверка корректности измерений частоты

В процессе испытаний должна быть выполнена проверка корректности измерений частоты путем сравнения на интервале не менее одного часа измерений частоты вращения турбин, используемых в РЧВ и ЧК регуляторов мощности ГТУ, и частоты электрического тока сети.

Критерии оценки:

максимальная разность измерений частоты вращения турбин не должна превышать 10 мГц.

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

При проверке в САУМ ГТУ должно быть выполнено изменение величины «мертвой полосы» первичного регулирования в соответствии с требованиями п. 6.5 Стандарта.

При проверке в САУМ ГТУ должна быть подтверждена возможность изменения статизма первичного регулирования в соответствии с требованиями п. 6.7 Стандарта.

Критерии оценки:

- в САУМ ГТУ существует возможность изменения величины «мертвой полосы» первичного регулирования с требуемой дискретностью при сохранении штатного режима функционирования ГТУ;
- в САУМ ГТУ существует возможность изменения величины статизма первичного регулирования с требуемой дискретностью.

5. Имитация участия ГТУ в НПРЧ

Для имитации участия ГТУ в НПРЧ производится имитация отклонений частоты для проверки:

- нечувствительности первичных регуляторов;
- следящего режима первичного регулирования;
- динамики первичного регулирования.

5.1. Проверка нечувствительности первичных регуляторов

Проверка нечувствительности первичных регуляторов проводится при плановой нагрузке ГТУ, соответствующей середине регулировочного диапазона ГТУ и установленном статизме первичного регулирования ГТУ $S = 5\%$. 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. 2.

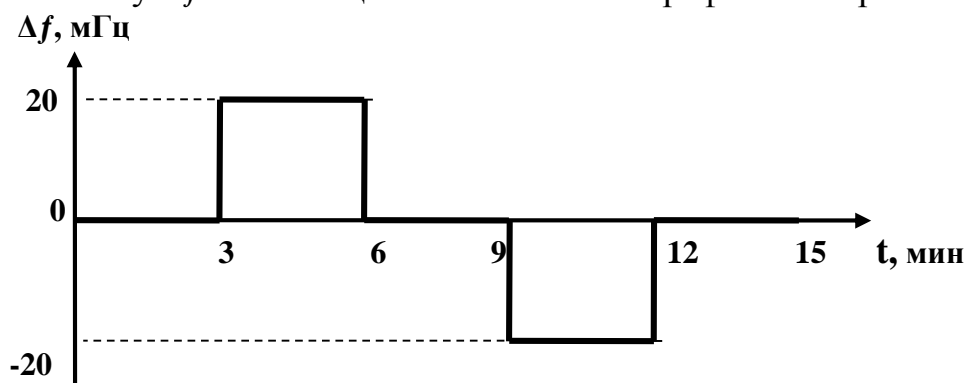


Рис. 2. Имитация отклонений частоты при проверке нечувствительности первичных регуляторов ГТУ

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

Критерии оценки:

при имитации отклонений частоты на $\Delta f = \pm 20$ мГц должны фиксироваться противоположные по знаку каждому изменению частоты изменения мощности ГТУ в пределах $(0,4 \div 0,8) \% P_{\text{НОМ}}$. Изменение мощности менее $0,4 \% P_{\text{НОМ}}$ означает превышение максимальной допустимой нечувствительности первичных регуляторов ± 10 мГц.

5.2. Проверка следящего режима первичного регулирования частоты

Проверка следящего режима первичного регулирования проводится при статизме первичного регулирования $S = 5\%$ при двух уровнях плановой нагрузки ГТУ ($P_{\text{пл}}$):

- внизу регулировочного диапазона: $P_{\text{пл}} = P_{\text{МИН}} + 6 \% P_{\text{НОМ}}$;
- вверху регулировочного диапазона: $P_{\text{пл}} = P_{\text{МАКС}} - 6 \% P_{\text{НОМ}}$.

Проверка производится путем последовательной имитации отклонений частоты в сторону снижения и в сторону увеличения, состоящих из трех ступеней величиной по 50 мГц с последующим полным снятием имитации отклонения частоты в соответствии с графиками на рис. 3 и 4.

Переходные процессы требуемого изменения первичной мощности ГТУ

показаны на рис. 3 и 4.

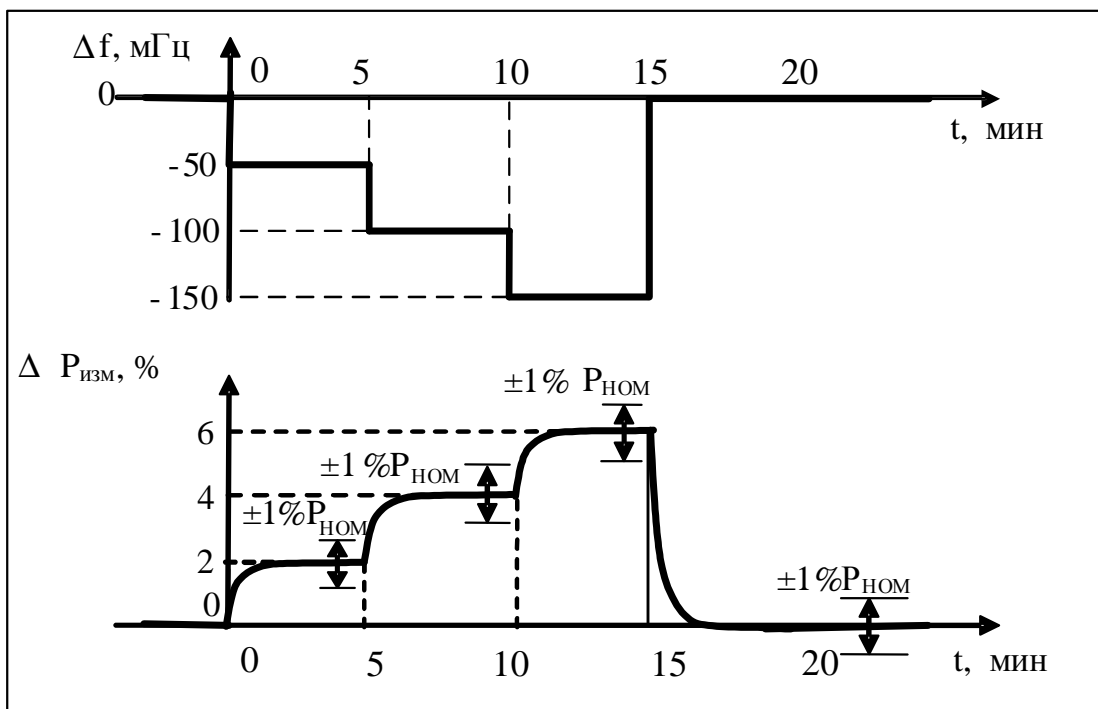


Рис. 3. Имитация снижения частоты и требуемые изменения первичной мощности ГТУ в следящем режиме

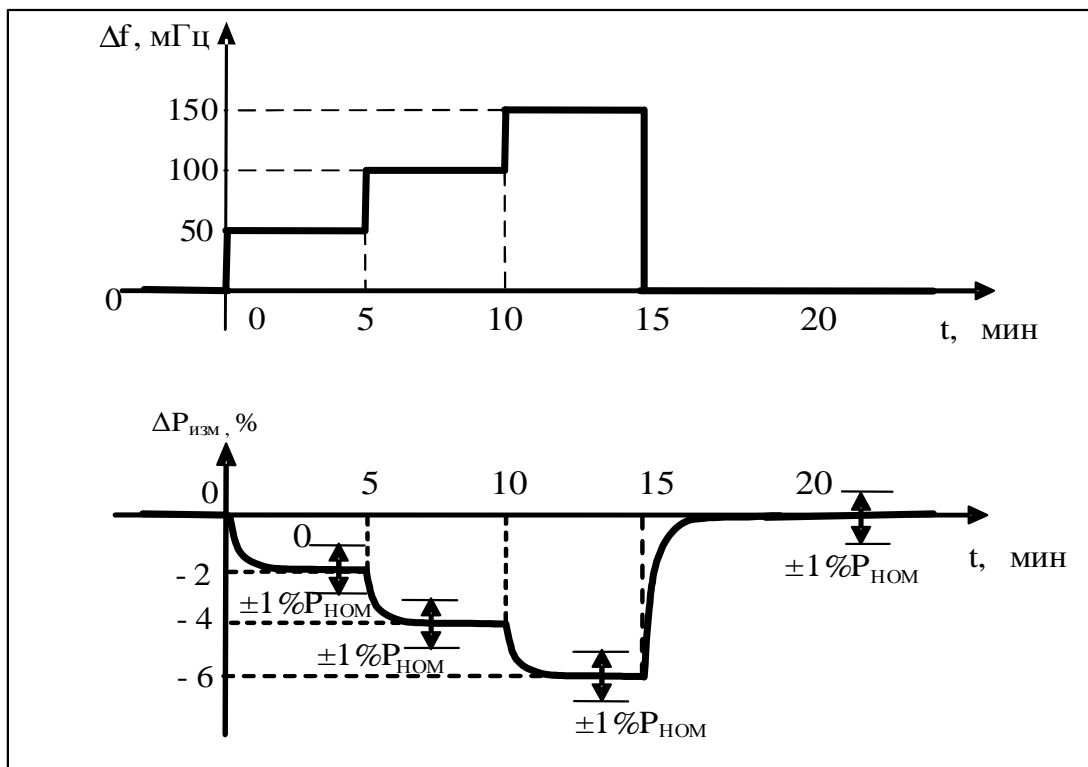


Рис. 4. Имитация повышения частоты и требуемые изменения первичной мощности ГТУ в следящем режиме

Критерии оценки:

при имитации отклонений частоты должны фиксироваться противоположные по знаку изменения фактической мощности ГТУ с

требуемой динамикой, с точностью поддержания каждого нового задания первичной мощности $\pm 1 \% P_{\text{НОМ}}$.

5.3. Проверка динамики первичного регулирования

Проверка динамики первичного регулирования ГТУ включает в себя опыты по проверке соответствия требованиям Стандарта при имитации отклонений частоты, требующих изменения мощности в пределах $\pm 5 \% P_{\text{НОМ}}$ и в пределах $\pm 10 \% P_{\text{НОМ}}$.

5.3.1. Проверка динамики первичного регулирования при $\Delta P_{\text{П}} = \pm 5 \% P_{\text{НОМ}}$

Проверка производится при статизме первичного регулирования $S=5 \%$ на двух уровнях плановой нагрузки ГТУ:

- вверху регулировочного диапазона: $P_{\text{пл}} = P_{\text{МАКС}} - 5 \% P_{\text{НОМ}}$;
- внизу регулировочного диапазона: $P_{\text{пл}} = P_{\text{МИН}} + 5 \% P_{\text{НОМ}}$

путем имитации отклонений частоты $\Delta f = \pm 125 \text{ мГц}$.

На каждом 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 ГТУ показаны на рис. 5.

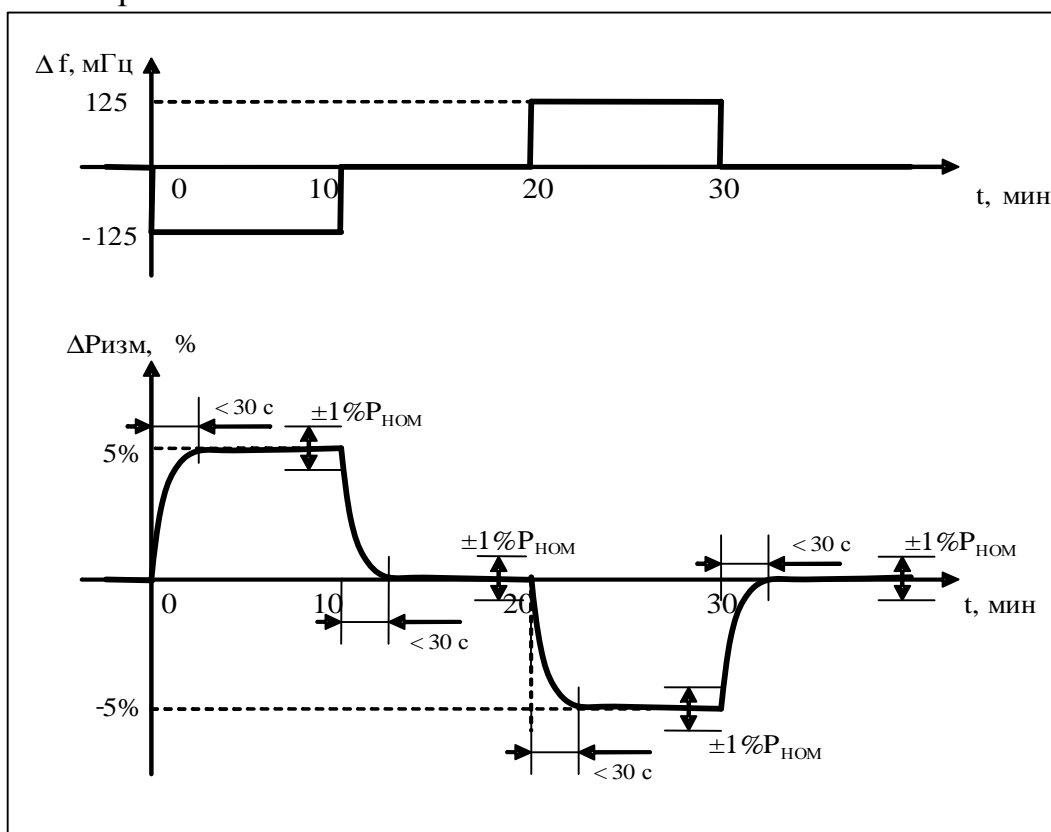


Рис. 5. Имитация отклонений частоты и требуемые изменения первичной мощности ГТУ при $\Delta P_{\text{П}} = \pm 5 \% P_{\text{НОМ}}$

Критерии оценки:

- при имитации отклонений частоты должны фиксироваться

противоположные по знаку изменения фактической мощности ГТУ с требуемой динамикой и точностью поддержания каждого нового задания первичной мощности $\pm 1\% P_{\text{НОМ}}$;

- при имитации отклонений частоты на $\Delta f = 125$ мГц должно происходить аperiodическое изменение мощности ГТУ на $2,5\% P_{\text{НОМ}}$ за время $t \leq 15$ с и за время $t \leq 30$ с – на $5\% P_{\text{НОМ}}$.

5.3.2. Проверка динамики первичного регулирования при $\Delta P_{\text{П}} = \pm 10\% P_{\text{НОМ}}$

Проверка производится при статизме первичного регулирования $S = 5\%$ на двух уровнях плановой нагрузки ГТУ:

- вверху регулировочного диапазона: $P_{\text{пл}} = P_{\text{МАКС}} - 10\% P_{\text{НОМ}}$;
- внизу регулировочного диапазона: $P_{\text{пл}} = P_{\text{МИН}} + 10\% P_{\text{НОМ}}$

путем имитации отклонений частоты $\Delta f = \pm 250$ мГц.

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

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

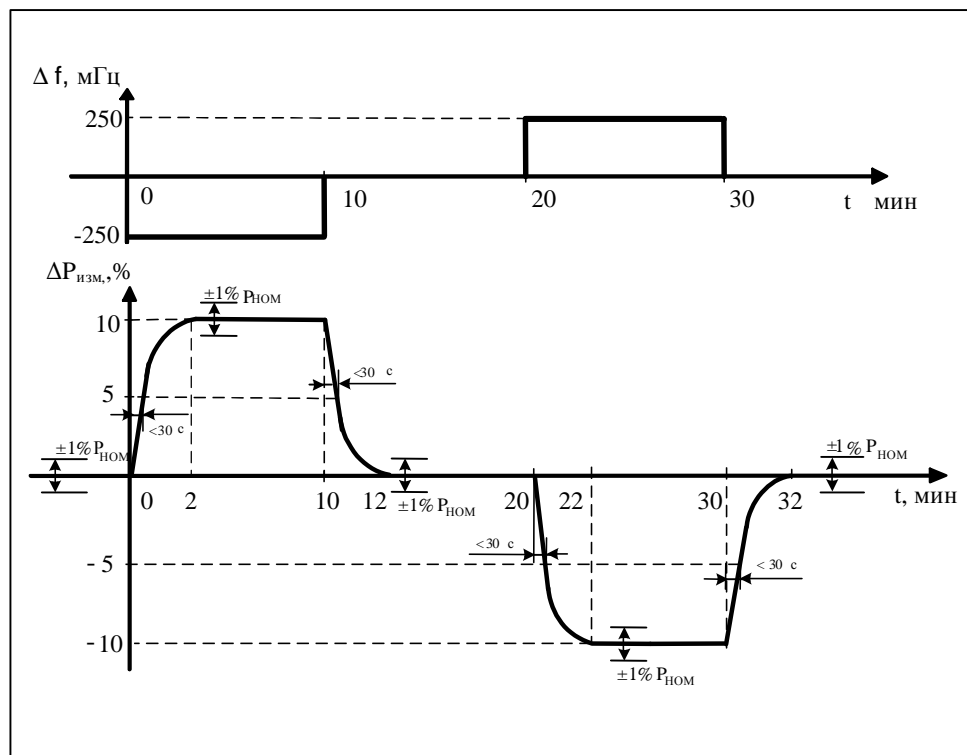


Рис. 6 Имитация отклонений частоты и требуемые изменения первичной мощности ГТУ при $\Delta P_{\text{П}} = \pm 10\% P_{\text{НОМ}}$

Критерии оценки:

- при имитации отклонений частоты должны фиксироваться противоположные по знаку изменения фактической мощности ГТУ с требуемой динамикой и точностью поддержания каждого нового задания первичной мощности $\pm 1\% P_{\text{НОМ}}$;

– при имитации отклонений частоты на $\Delta f = 250$ мГц должно происходить апериодическое изменение мощности ГТУ на 2,5 % $P_{ном}$ за время $t \leq 15$ с, за время $t \leq 30$ с – на 5 % $P_{ном}$. и на 10 % $P_{ном}$ за время $t \leq 2$ мин (ранее 120 с).

6. Имитация участия ГТУ в АВРЧМ

Перед началом имитации участия ГТУ в АВРЧМ в САУМ задаются ограничения максимальной и минимальной величины задания вторичной мощности величиной $\pm 5\%$ $P_{ном}$ соответственно и ограничение скорости задания вторичной мощности величиной 3 % $P_{ном}/мин$.

Имитация участия ГТУ в АВРЧМ производится на двух уровнях плановой нагрузки ГТУ:

– вверху регулировочного диапазона: $P_{пл} = P_{макс} - 5\% P_{ном}$;

– внизу регулировочного диапазона: $P_{пл} = P_{мин} + 5\% P_{ном}$

путем имитации периодических изменений задания вторичной мощности на величину $\Delta P_{вт} = \pm 5\%$ $P_{ном}$ со скоростью 1 % $P_{ном}/мин$ и со скоростью 3 % $P_{ном}/мин$ как показано на рис. 7.

Переходные процессы требуемого изменения вторичной мощности ГТУ показаны на рис. 7.

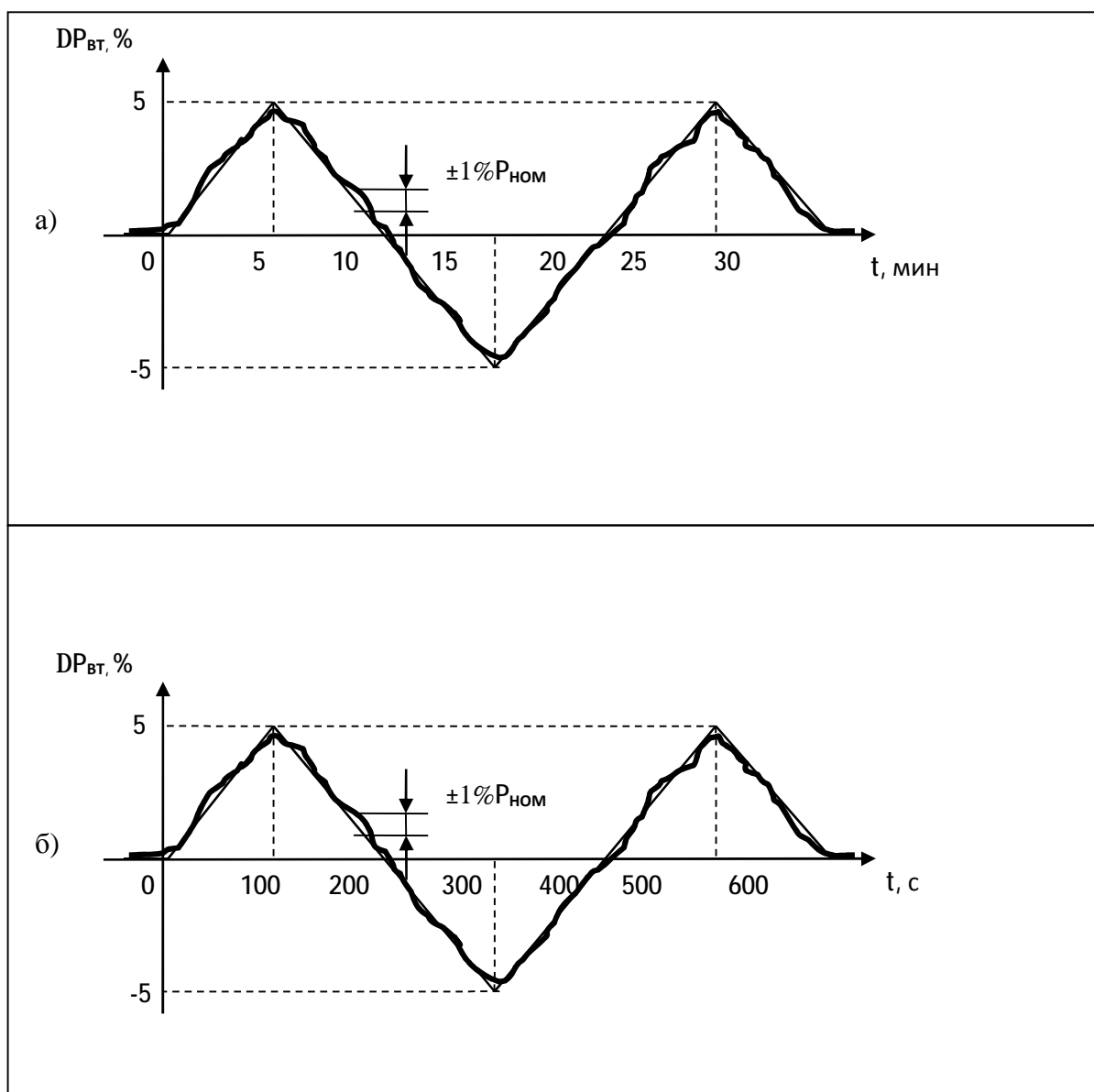


Рис.7. Имитация изменений задания и требуемые изменения вторичной мощности ГТУ при скорости задания изменения мощности 1 % $P_{ном}/мин$ (а) и 3 % $P_{ном}/мин$ (б)

Для проверки правильности действия САУМ ГТУ при установленных ограничениях скорости и величин задания вторичной мощности производится имитация участия ГТУ в АВРЧМ на уровне плановой нагрузки, соответствующей середине регулировочного диапазона, путем имитации периодических изменений задания вторичной мощности на величину $\Delta P_{BT} = \pm 8\% P_{ном}$ со скоростью 4 % $P_{ном}/мин$ как показано на рис. 8(а). При этом фактические изменения мощности ГТУ по заданию САУМ должны быть со скоростью не более 3 % $P_{ном}/мин$ величиной не более $\Delta P_{BT} = \pm 5\% P_{ном}$ как показано на рис. 8(б).

После завершения проверки необходимо в САУМ выполнить обнуление остатка задания вторичной мощности с перезаписью его в плановое задание.

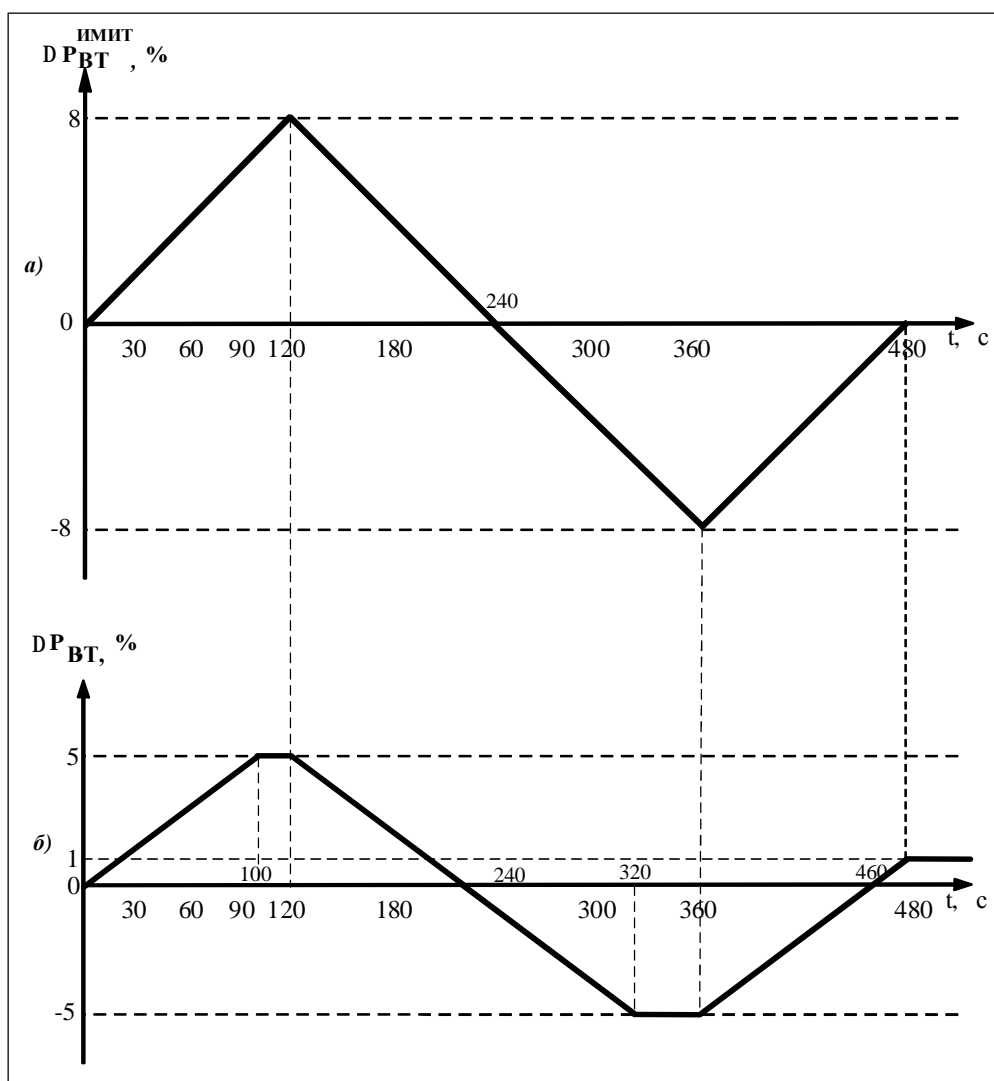


Рис. 8. Имитация изменений задания $\Delta P_{вт} = \pm 8 \% P_{ном}$ со скоростью $4 \% P_{ном}/мин$ (а) и требуемые изменения мощности ГТУ при установленных в САУМ ограничениях скорости и величин задания вторичной мощности соответственно $3 \% P_{ном}/мин$ и $\Delta P_{вт} = \pm 5 \% P_{ном}$ (б)

Критерии оценки:

- изменения фактической мощности ГТУ должны соответствовать изменениям задания вторичной мощности, формируемым САУМ, с учетом установленных ограничений скорости и величин задания вторичной мощности, с отклонением не более $\pm 1 \% P_{ном}$.

7. Имитация одновременного участия ГТУ в НПРЧ и АВРЧМ

Для имитации одновременного участия ГТУ в НПРЧ и АВРЧМ производится имитация отклонений частоты с имитацией задания вторичной мощности при неизменном плановом задании и при изменении планового задания.

7.1. Проверка одновременного участия ГТУ в НПРЧ и АВРЧМ при неизменном плановом задании

Проверка производится при статизме первичного регулирования $S=5 \%$ на двух уровнях плановой нагрузки ГТУ:

- внизу регулировочного диапазона: $P_{пл} = P_{мин} + 10\% P_{ном}$;
- вверху регулировочного диапазона: $P_{пл} = P_{макс} - 10\% P_{ном}$

путем проведения двух опытов с последовательной имитацией изменений задания вторичной мощности на величину $\Delta P_{вт} = \pm 5\% P_{ном}$ со скоростью $1\% P_{ном}/мин$ и имитацией отклонений частоты $\Delta f = \pm 125$ мГц в соответствии с графиками на рис. 9.

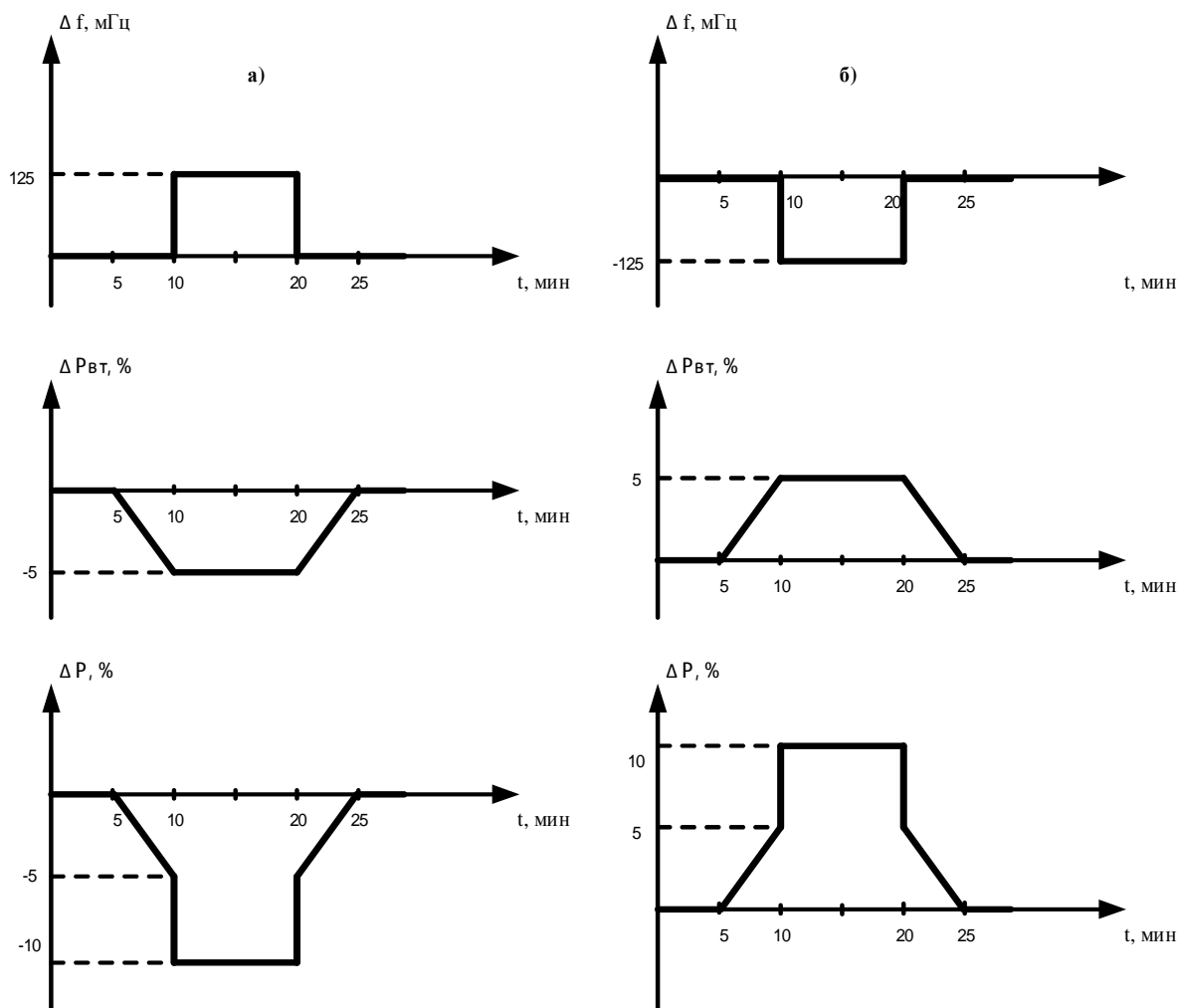


Рис. 9. Имитация изменений задания вторичной мощности и отклонений частоты внизу (а) и вверху (б) регулировочного диапазона ГТУ

Критерии оценки:

- изменения фактической мощности ГТУ должны соответствовать изменениям задания вторичной мощности с отклонением не более $\pm 1\% P_{ном}$;
- при имитации отклонений частоты должны фиксироваться противоположные по знаку изменения фактической мощности ГТУ с требуемой динамикой и точностью поддержания каждого нового задания первичной мощности $\pm 1\% P_{ном}$;
- при имитации отклонений частоты на $\Delta f = 125$ мГц должно происходить аperiodическое изменение мощности ГТУ на $2,5\% P_{ном}$ за время $t \leq 15$ с и за время $t \leq 30$ с – на $5\% P_{ном}$.

7.2. Проверка одновременного участия ГТУ в НПРЧ и АВРЧМ при изменении планового задания

Перед началом проверки в САУМ ГТУ должно быть снято ограничение по максимальной величине задания вторичной мощности, установленное при проведении проверки по п. 6. Проверка производится при статизме первичного регулирования $S=5\%$ при исходной плановой нагрузке ГТУ ниже средней части регулировочного диапазона на $10\% P_{\text{ном}}$ путем последовательного изменения плановой мощности ГТУ со скоростью $0,5\% P_{\text{ном}}/\text{мин}$, имитации изменений задания вторичной мощности на величину $\Delta P_{\text{ВТ}}=10\% P_{\text{ном}}$ и имитацией отклонений частоты $\Delta f=125$ мГц в соответствии с графиками на рис. 10.

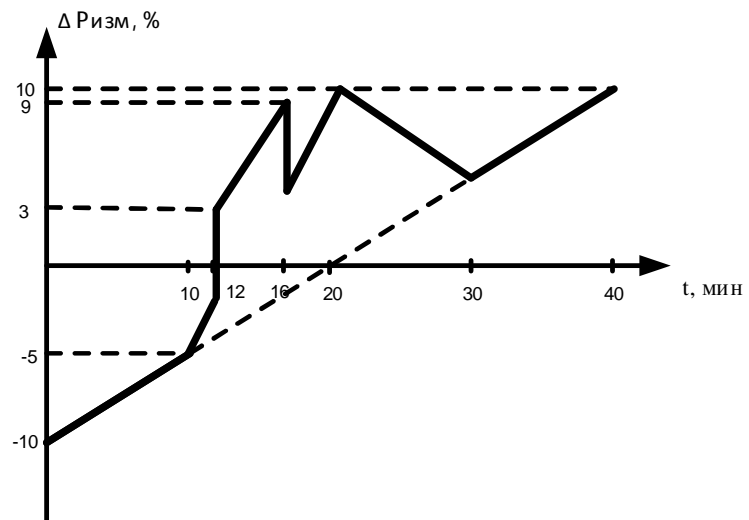
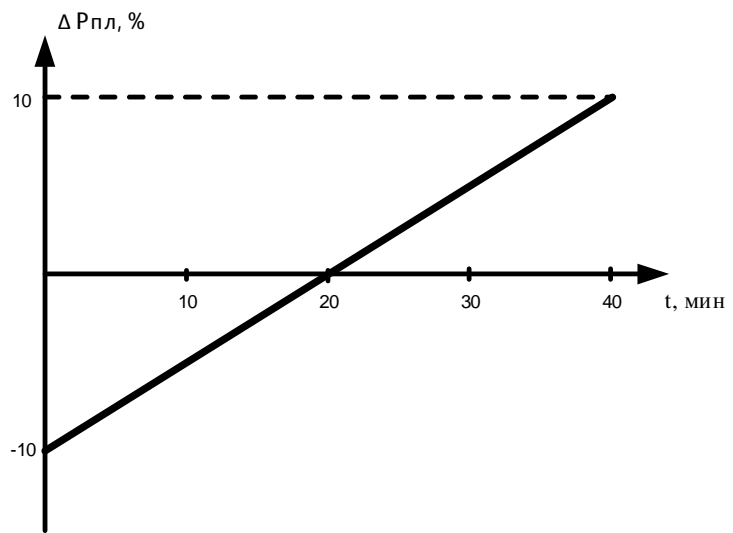
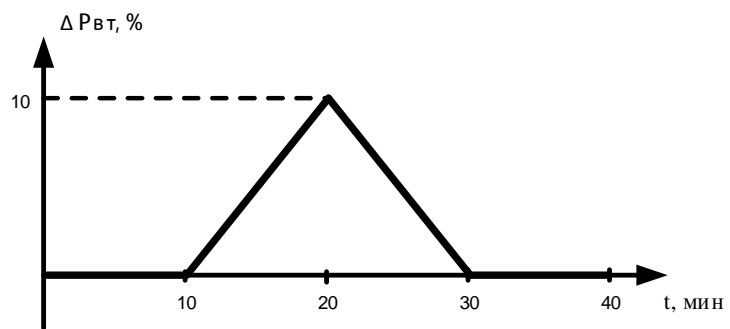
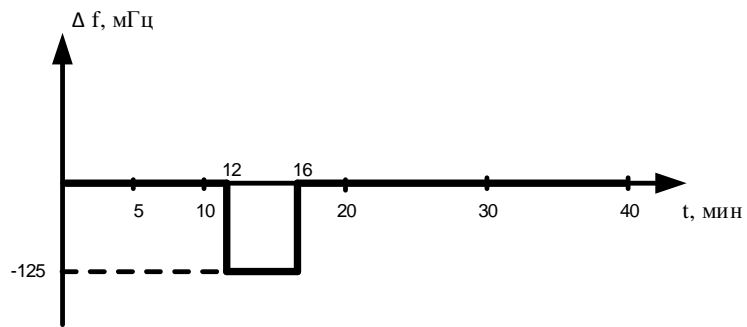


Рис. 10. Имитация изменений заданий вторичной мощности и отклонений частоты при изменении планового задания ГТУ

На рис. 10 также представлен график изменения суммарного задания по мощности $\Delta P_{ГТУ}$, которое должно быть сформировано в САУМ ГТУ.

Критерии оценки:

- изменения фактической мощности ГТУ должны соответствовать изменениям суммарного задания мощности с требуемой динамикой и точностью поддержания каждого нового задания первичной и вторичной мощности суммарно $\pm 1 \% P_{ном}$.

8. Проверка работы ГТУ в режиме НПРЧ

8.1. После завершения испытаний с имитацией отклонений частоты должна быть проведена проверка работы ГТУ в режиме НПРЧ.

Опробование участия ГТУ в НПРЧ производится с минимальной «мертвой полосой» первичного регулирования (не более $50,00 \pm 0,02$ Гц) при установленном статизме первичного регулирования $S = 5 \%$.

Задание величины расширения «мертвой полосы» первичного регулирования при работе ГТУ в НПРЧ должно выполняться с учетом реальной зоны нечувствительности первичного регулирования ГТУ, определенной по п. 8.4.

8.2. Проверка участия ГТУ в НПРЧ при полном составе оборудования проводится при выполнении ГТУ реального суточного графика, включающего 3 уровня планового задания мощности: внизу регулировочного диапазона, в середине регулировочного диапазона и вверху регулировочного диапазона при условии обеспечения резерва первичного регулирования не менее $\pm 5 \% P_{ном}$ как при неизменном плановом задании мощности ГТУ, так и при переходе от одного уровня планового задания на другой.

Время работы при неизменном плановом задании мощности ГТУ должно быть не менее 6 ч. Переход от одного уровня планового задания на другой должен производиться со скоростью, предусмотренной инструкциями по эксплуатации оборудования.

8.3. На одном из постоянных уровней планового задания мощности должно быть произведено оперативное отключение и включение функции НПРЧ путем расширения «мертвой полосы» первичного регулирования до $50 \pm 0,075$ Гц (отключение режима НПРЧ) и последующего восстановления минимальной «мертвой полосы» (включение режима НПРЧ) через 30–40 мин. Время отключения и включения режима НПРЧ должно фиксироваться.

8.4. На одном из постоянных уровней планового задания мощности должна быть произведена оценка реальной зоны нечувствительности первичного регулирования ГТУ для ее учета при последующем задании расширения «мертвой полосы» в САУМ ГТУ. Для этого должно быть установлено нулевое или минимально возможное расширение «мертвой полосы» первичного регулирования на 30–40 мин. Время работы с нулевым расширением «мертвой полосы» должно фиксироваться.

8.5. Общая продолжительность участия в НПРЧ ГТУ при полном составе оборудования должна составлять не менее 24 ч.

8.6. Общая продолжительность опробования участия ГТУ в НПРЧ на резервном топливе определяется собственником ГТУ при согласовании с органом по добровольной сертификации.

8.7. Предварительная оценка результатов опробования участия ГТУ в 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 отклонении частоты за пределы $50,00 \pm 0,02$ Гц должно происходить заметное изменение мощности ГТУ;

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

– при отклонениях частоты на величину более $50,00 \pm 0,03$ Гц продолжительностью более 1 мин должно четко фиксироваться соответствующее изменение первичной мощности ГТУ на величину $0,4\% P_{ном}$ или более, пропорционально отклонению частоты;

– при возврате частоты в пределы $50,00 \pm 0,02$ Гц продолжительностью более 1 мин должен фиксироваться четкий возврат мощности ГТУ к исходной нагрузке, определяемой плановым заданием;

– в случае скачкообразного изменения частоты на величину ± 30 мГц и более должно четко фиксироваться соответствующее изменение мощности ГТУ с требуемой динамикой первичного регулирования и последующее пропорциональное отклонению частоты изменение мощности до возврата частоты в пределы $50,00 \pm 0,02$ Гц;

– в периоды изменения планового задания мощности ГТУ должна отчетливо накладываться выдача первичной мощности при отклонении частоты за пределы $50,00 \pm 0,03$ Гц;

– в период отключения режима НПРЧ и при отклонениях частоты до $50,000 \pm 0,075$ Гц не должно происходить заметного изменения первичной мощности ГТУ.

Окончательная оценка результатов работы ГТУ в НПРЧ должна проводиться специалистами органа по добровольной сертификации, участвовавшими в испытаниях, на основе данных архива мониторинга, в том числе с применением критериев контроля участия ГТУ в НПРЧ. Критерии контроля должны применяться с граничными значениями, указанными в карте граничных мер и параметров алгоритмов.