

Автоматика ограничения снижения частоты АОСЧ

АОСЧ

- Устройства АОСЧ предназначены для предотвращения недопустимого по условиям устойчивой работы генерирующего оборудования и энергопринимающих установок потребителей электрической энергии снижения частоты и полного погашения энергосистемы или ее части при возникновении дефицита активной мощности, в том числе при аварийном выделении энергосистемы или ее части на изолированную работу.
- АОСЧ должна обеспечивать работу энергосистемы:
 - с частотой ниже 49,0 Гц – не более 40 с;
 - с частотой ниже 47,0 Гц – не более 10 с;
 - с частотой ниже 46,0 Гц – не допускается.
- АОСЧ обеспечивает выполнение указанных требований за счет использования резервов генерирующей мощности и отключения нагрузки потребителей. При этом мощность отключаемой нагрузки не должна превышать возникший аварийный дефицит мощности.
- В целом, необходимо проектировать системы АОСЧ таким образом, чтобы минимизировать количество отключаемой нагрузки.

Устройства АОСЧ

- **АОСЧ** подразделяются на устройства:
 - **АЧВР** - автоматический частотный ввод резерва;
 - **АЧР** - автоматическая частотная разгрузка;
 - **ДАР** - дополнительная автоматическая разгрузка;
 - **ЧДА** - частотная делительная автоматика;
 - **ЧАПВ** - частотное автоматическое повторное включение.

Схема работы АОСЧ

Снижение частоты

АРС, АРЧМ (не относится к АОСЧ)

Предотвращение
полного погашения
системы

Минимизация
отключения
потребителей

АЧВР

ДАР

АЧР 1

$f > 47$ Гц?

Нет

ЧДА

Быстрая
ликвидация
глубокого
снижения
частоты

Прекращение
процесса
аварийного
снижения
частоты

Да

АЧР 2

Подъем
частоты до
безопасного
уровня

**Послеаварийный
режим**

ЧАПВ

Восстановление
питания нагрузки

Да

$f > 49,4$ Гц?

Нет

**Активизация
холодного резерва
(по команде – не
относится к АОСЧ)**

Реализация функций АОСЧ

- Для выполнения своих функций устройства, входящие в АОСЧ, контролируют:
 - величину, продолжительность и/или скорость снижения частоты;
 - факторы, характеризующие возникновение местного дефицита активной мощности без контроля изменения частоты (для ДАР): отключение генерирующего оборудования, питающей линии электропередачи или трансформаторного оборудования (с контролем величины и направления мощности в предшествующем режиме) и т. д.
- Очередность работы компонент АОСЧ достигается выбором уставок по частоте и по времени срабатывания устройств.
- Прежде всего на снижение частоты реагируют регуляторы скорости турбин (первичное регулирование) и АРЧМ, но при аварийных дефицитах их работы как правило не достаточно. Дальше, с целью минимизации объемов отключения потребителей вступает в работу АЧВР.

Автоматический частотный ввод резерва (АЧВР)

- Устройства АЧВР предназначены для снижения дефицита активной мощности в целях предотвращения срабатывания устройств АЧР на отключение потребителей электрической энергии.
- Устройства АЧВР должны действовать на АЗГ при снижении частоты в энергосистеме до значений 49,4–49,7 Гц.
- Все гидроагрегаты единичной мощностью 10 МВт и выше и ГЭС и ГАЭС мощностью 50 МВт и выше, кроме ГЭС, не имеющих регулирующего водохранилища, должны быть оснащены устройствами АЧВР.

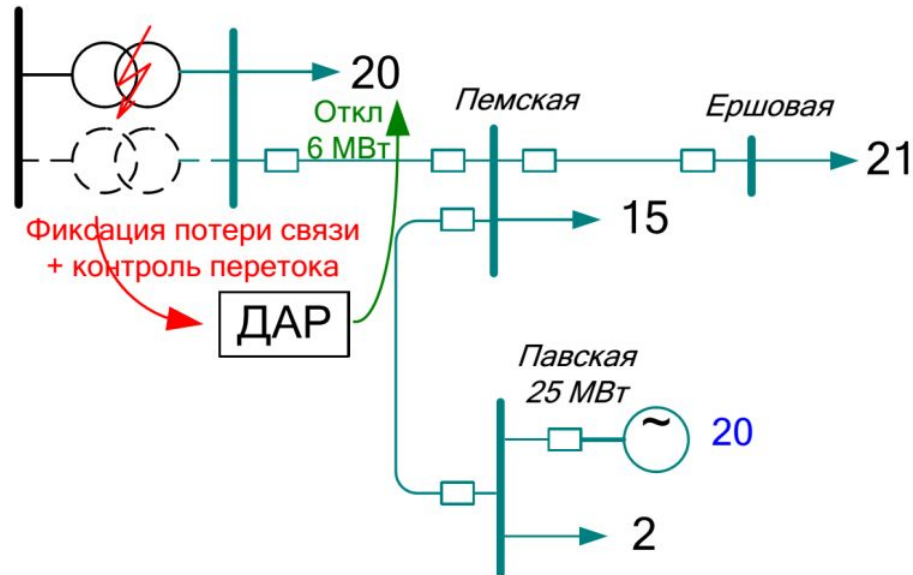
Дополнительная автоматическая разгрузка (ДАР)

- В ряде аварий возможно возникновение больших дефицитов мощности и, как следствие, быстрое снижение частоты. Такие аварийные ситуации в основном характерны для отдельных дефицитных районов или энергосистем и маловероятны в крупных энергообъединениях.
- Если бы отключение нагрузки устройствами АЧР происходило при таких авариях мгновенно (т. е. в момент снижения частоты до уставки срабатывания устройства), можно было бы избежать глубоких снижений частоты. Однако в действительности даже при правильно выбранном объеме, правильной настройке и размещении АЧР большие дефициты мощности приводят, как правило, к глубокому (хотя в отдельных случаях и кратковременному) снижению частоты. Это происходит из-за наличия даже небольших выдержек времени очередей АЧР1 и собственного времени выключателей. Таким образом, может не выполняться одно из основных требований, предъявляемых к АЧР, и возникает опасность нарушения работы электростанций. Кроме того, глубокое снижение частоты, как правило, одновременно сопровождается глубоким снижением напряжения. Что в отдельных случаях может вызвать неправильную работу пусковых органов АЧР.

Дополнительная автоматическая разгрузка (ДАР)

- В случае возникновения больших дефицитов мощности (более 45% потребления) необходимо предусматривать систему ДАР. ДАР должна быть быстродействующей и срабатывать в начале процесса снижения частоты – до начала работы АЧР1 или в процессе срабатывания ее первых очередей. ДАР должна обеспечивать ускоренное отключение заданной мощности энергопринимающих установок потребителей и способствует уменьшению глубины и скорости снижения частоты, чем улучшает условия действия АЧР.
- Основным отличием ДАР от АЧР является то, что в отличие от АЧР, пусковыми органами ДАР не являются реле частоты. Она запускается по косвенным факторам, характеризующим возникновение местного дефицита активной мощности. Отключение генераторов, питающих линий, силовых трансформаторов и т.д. с контролем направления и величины перетоков активной мощности в предшествующем режиме.
- Объем ДАР выбирается таким образом, чтобы оставшийся дефицит мог быть ликвидирован АЧР в штатном порядке. При этом допускается подключение ДАР и АЧР к одним энергопринимающим установкам, но при этом в результате действия АЧР и ДАР должно обеспечиваться сохранение частоты выше 49,0 Гц.

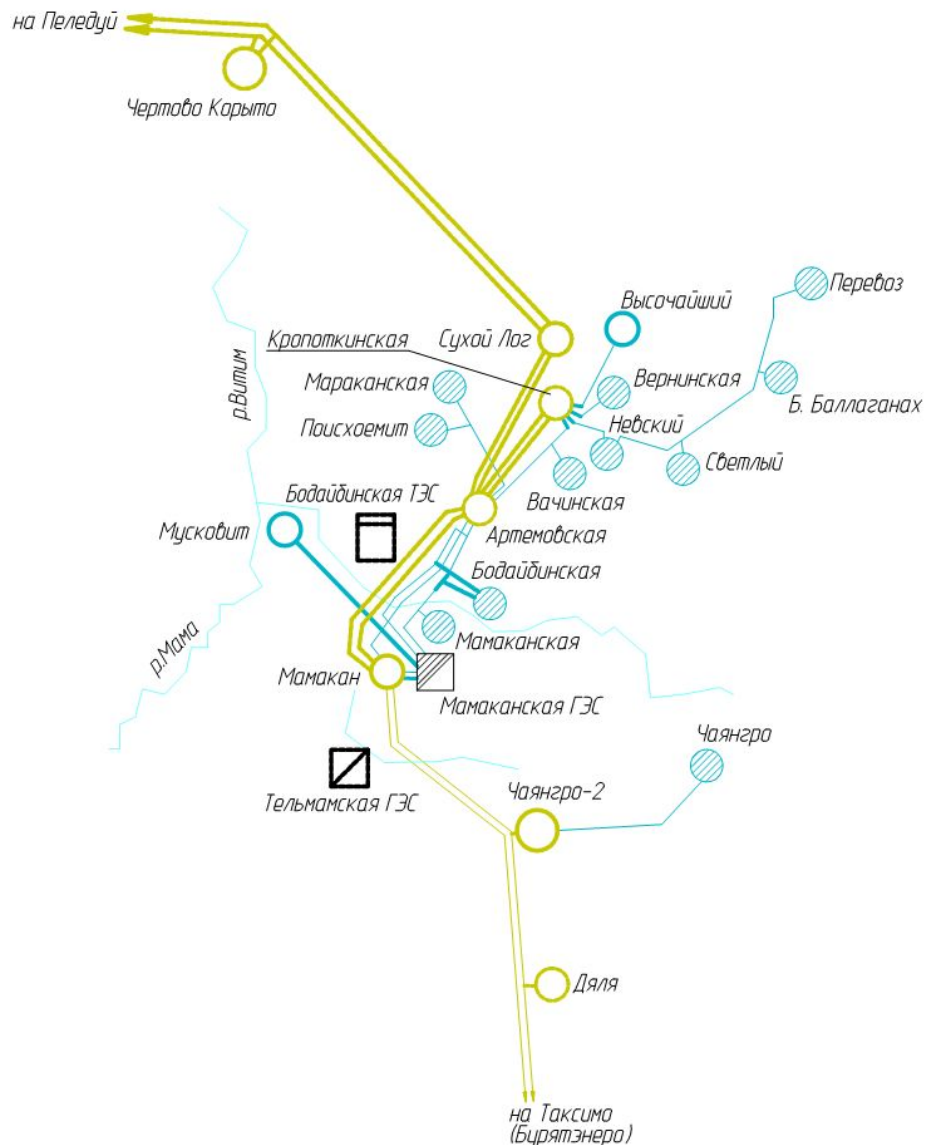
Необходимость установки ДАР



- Ремонт + аварийное отключение АТ.
- Источник 25МВт + 3 центра нагрузки $P_{\text{сум}}=58\text{МВт}$.
- Небаланс нагрузки составляет порядка 59%.
- Необходима ДАР.

Необходимость установки ДАР

Бодайбинский энергорайон



- Технологический минимум МГЭС в зимнем режиме порядка 18МВт.
- Переток по ВЛ 220кВ Таксимо – Мамакан порядка 90МВт
- Необходима ДАР
- В чем разница между ДАР и АПНУ?

Схема работы АОСЧ

Снижение частоты

АРС, АРЧМ (не относится к АОСЧ)

Предотвращение
полного погашения
системы

Минимизация
отключения
потребителей

АЧВР

ДАР

АЧР 1

$f > 47$ Гц?

Нет

ЧДА

Быстрая
ликвидация
глубокого
снижения
частоты

Прекращение
процесса
аварийного
снижения
частоты

Да

АЧР 2

Подъем
частоты до
безопасного
уровня

**Послеаварийный
режим**

Восстановление
питания нагрузки

ЧАПВ

Да

$f > 49,4$ Гц?

Нет

**Активизация
холодного резерва
(по команде – не
относится к АОСЧ)**

Автоматическая частотная разгрузка (АЧР)

- Требования, предъявляемые к АЧР:
- АЧР должна быть способна успешно ликвидировать широкий спектр различных возмущений, быть адаптивной.
- В результате действия АЧР должны быть обеспечены нормы регулирования частоты, обозначенные выше.
- Объем управляющих воздействий АЧР должен быть как можно меньше.
- При отключении потребителей необходимо добиваться минимизации ущерба от отключения.
- АЧР должна быть способна восстановить такую частоту в энергосистеме, при которой данная система сможет работать в установившемся режиме (не обязательно с синхронной частотой), задача АЧР - стабилизировать работу энергорайона.
- АЧР должна различать аварийные изменения контролируемых величин, вызванные дефицитом активной мощности от других возможных нарушений (синхронные качания, асинхронные режимы и др.)

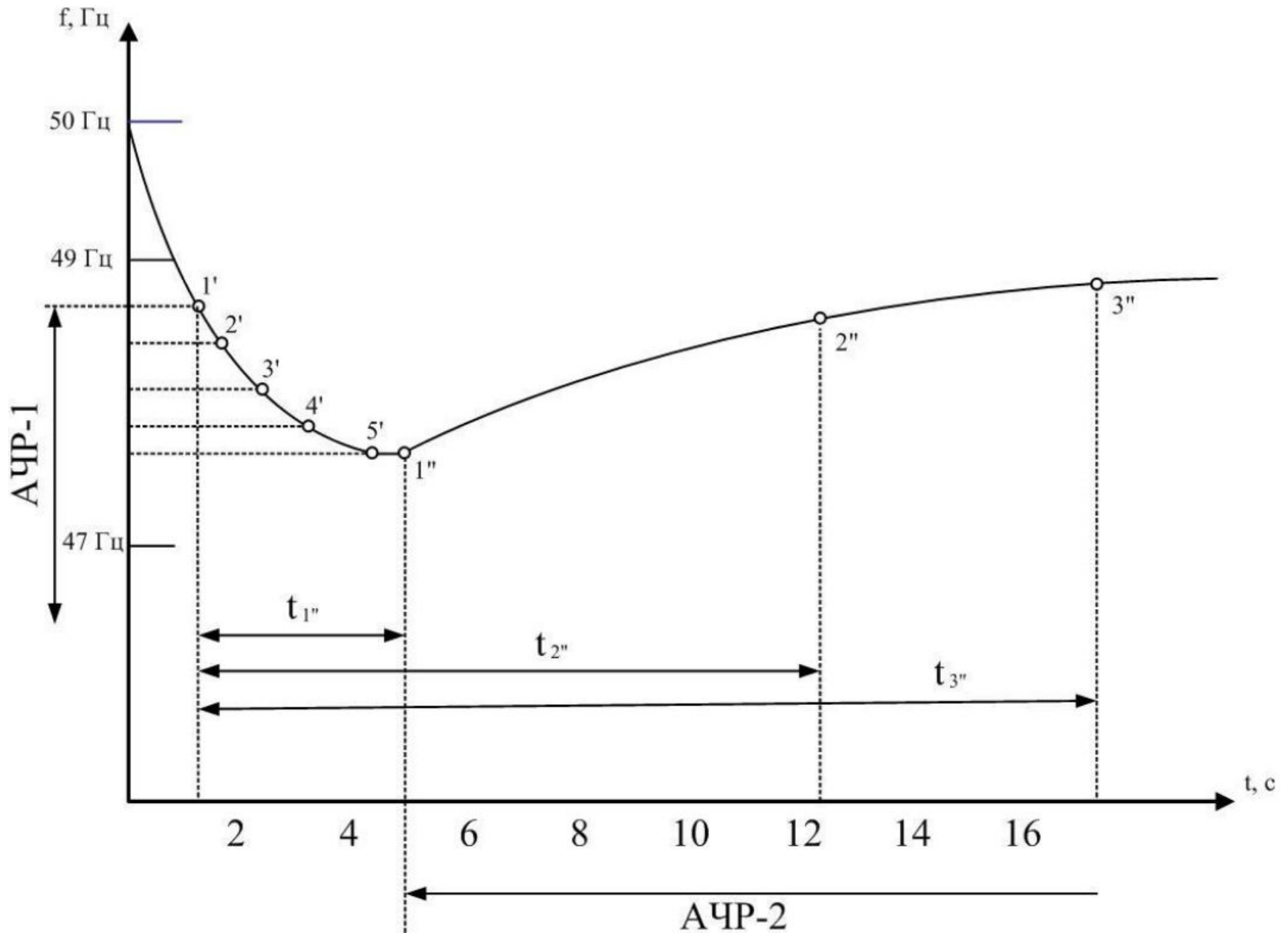
Автоматическая частотная разгрузка (АЧР)

- Управляющее воздействие АЧР – отключение потребителей.
- Основной принцип выполнения АЧР - максимальное увеличение числа очередей, при этом шаг уставок по частоте принимается наименьший. Это позволяет добиться большей адаптивности и экономичности, поскольку отключается ровно столько потребителей, сколько нужно.
- При распределении нагрузки, подключенной к АЧР, необходимо выполнять ее как можно более равномерно, что опять же улучшает адаптивность системы (в части локализации дефицита мощности).

Автоматическая частотная разгрузка (АЧР)

- Поскольку перед АЧР стоит две задачи - ликвидация аварийного снижения частоты и возврат частоты в допустимый диапазон, выделяют два вида АЧР, имеющие разные назначения:
 - **АЧР-1** - быстродействующая разгрузка, имеющая различные уставки по частоте;
 - **АЧР-2** - медленно действующая разгрузка с близкими уставками по частоте и разными уставками по времени.

Автоматическая частотная разгрузка (АЧР)



Автоматическая частотная разгрузка (АЧР)

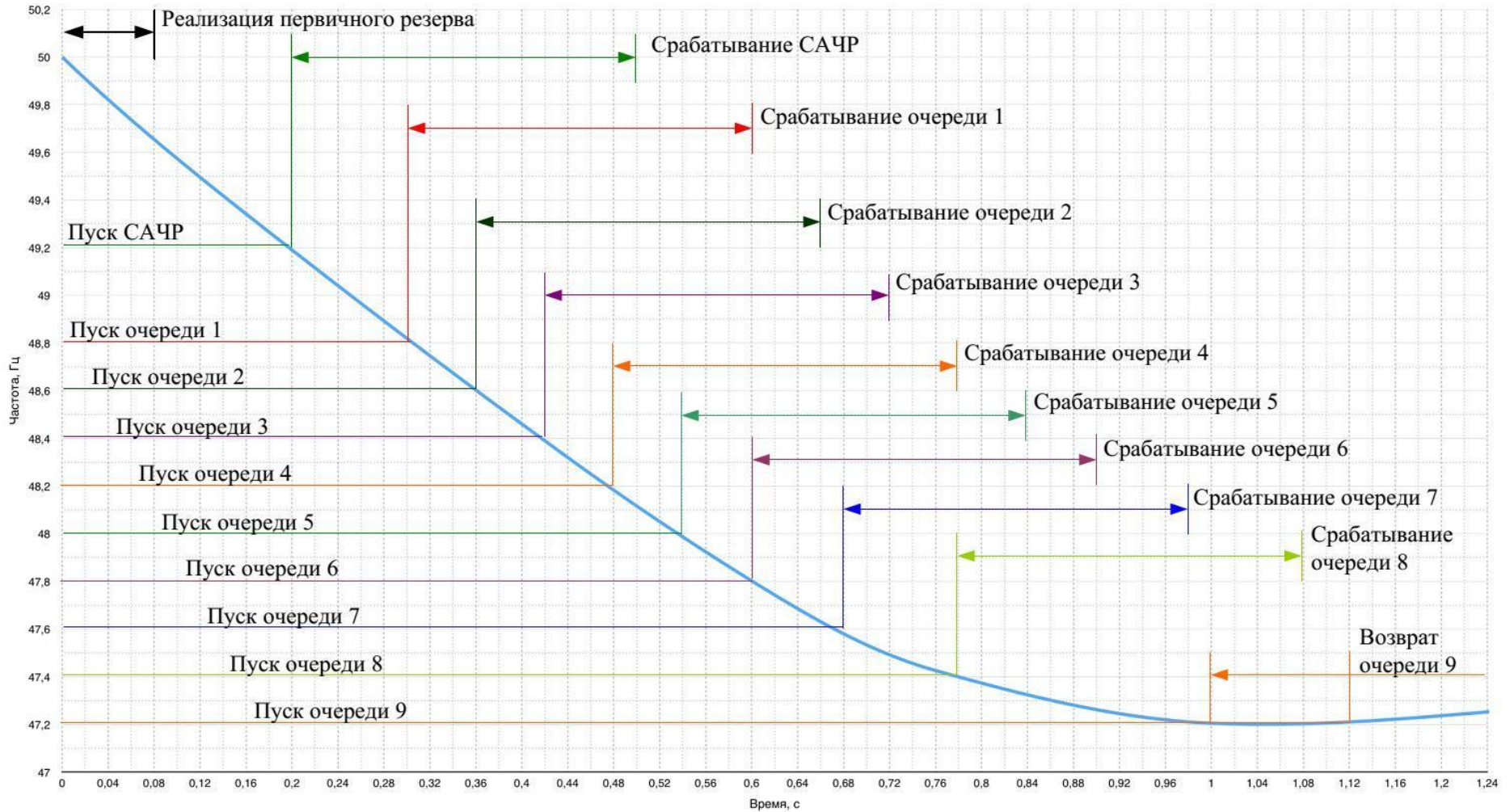
- Очереди АЧР-1 отличаются между собой уставкой по частоте, уставка по времени для всех очередей АЧР-1 находится в диапазоне 0,3 - 0,5 секунды. Каждая очередь отключает определенную долю нагрузки, останавливая снижение частоты. В какой-то момент частота перестает снижаться и достигает некоторого значения f_{min} , превышающего минимально допустимый уровень, что и является конечной целью работы этой категории разгрузки. При этом частота не достигает уставок следующих очередей АЧР-1, и, следовательно, не осуществляются дальнейшие управляющие воздействия.
- В этой ситуации начинает действовать АЧР-2. Уставки по частоте АЧР-2 близки к 49 Гц. Следовательно, АЧР-2 запустилась практически в самом начале процесса снижения частоты. Уставки по времени для АЧР-2 задаются в диапазоне 5-40 секунд. Например, первая очередь АЧР-2 действует в момент времени 5 секунд, заставляя частоту возрасти. Далее, через 12 секунд действует вторая очередь и еще через 5 секунд третья очередь, возвращая частоту на уровень 49 Гц.

Объем АЧР

Уставки АЧР

- **АЧР1** уставки по частоте (с возвратом +0,1 Гц)/по времени:
 - спецочередь (САЧР): 49,2 Гц/0,3 с; Мощность подключенной к САЧР нагрузки должна составлять 3–4 % от потребления.
 - основной объем: 48,8–46,5 Гц /0,3 с, с интервалами по частоте: 0,1–0,2 Гц.
- **АЧР 2:**
 - несовмещенная:
 - уставка по частоте: 49,1 Гц (возврат +0,1 Гц);
 - уставки по времени в диапазоне: 5–40 секунд, с интервалами не более 5 секунд.
 - совмещенная:
 - уставки по частоте и диапазон выдержек времени:
49,0 Гц, возврат +0,1 Гц, выдержки времени 5–20 с;
48,9 Гц, возврат +0,1 Гц, выдержки времени 20–35 с;
48,8 Гц, возврат +0,1 Гц, выдержки времени 35–50 с;
48,7 Гц, возврат +0,1 Гц, выдержки времени 50–70 с.
 - интервалы между очередями – не более 5 секунд;
 - очереди АЧР1 с более низкими уставками по частоте совмещаются с очередями АЧР2 с большими уставками по времени;
 - распределение нагрузки между ступенями по частоте – в соотношении 1:3:3:3

Работа АЧР



Работа АЧР

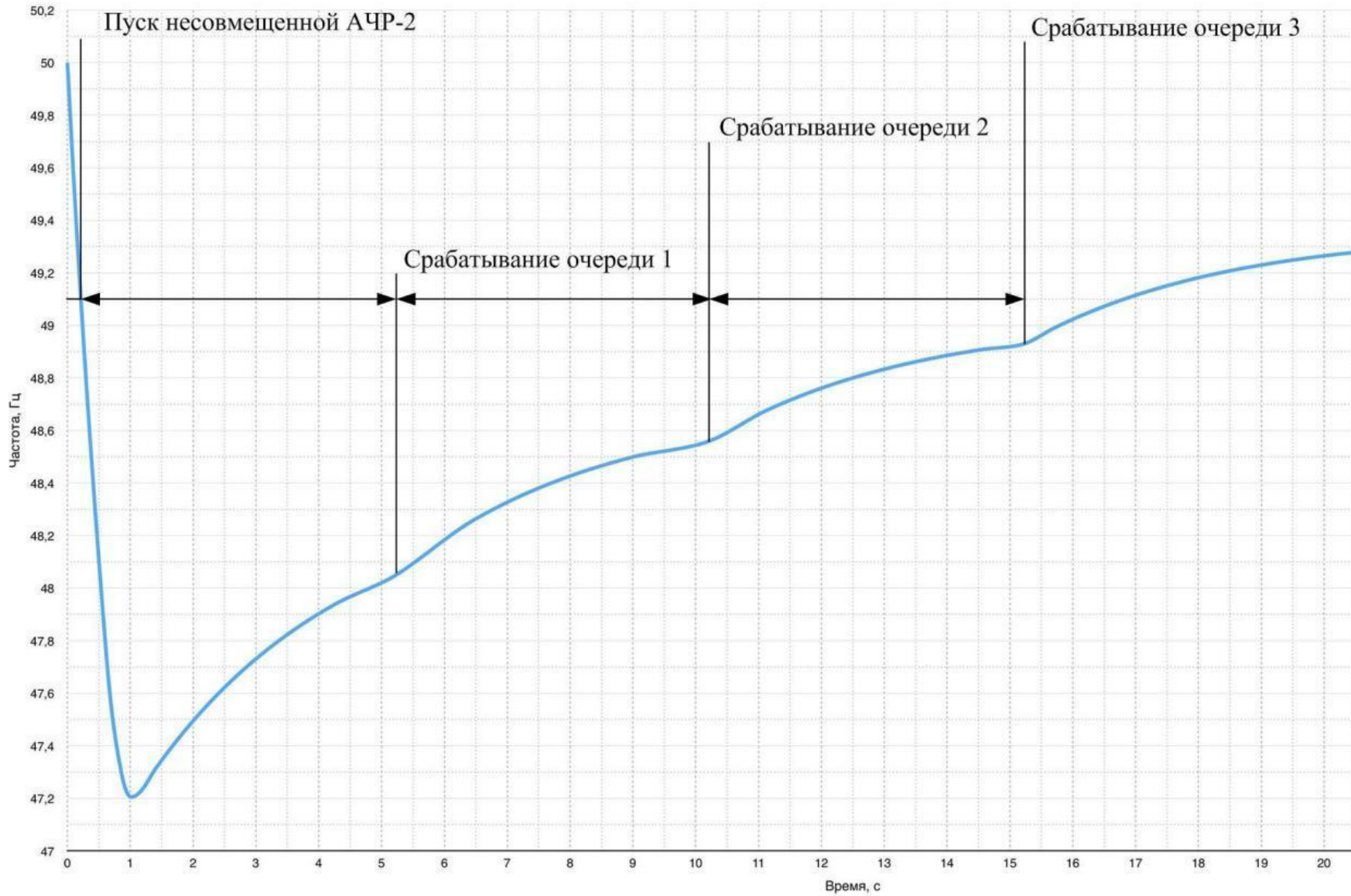


Схема работы АОСЧ

Снижение частоты

АРС, АРЧМ (не относится к АОСЧ)

Предотвращение
полного погашения
системы

Минимизация
отключения
потребителей

АЧВР

ДАР

АЧР 1

$f > 47$ Гц?

Нет

ЧДА

Быстрая
ликвидация
глубокого
снижения
частоты

Прекращение
процесса
аварийного
снижения
частоты

Да

АЧР 2

Подъем
частоты до
безопасного
уровня

**Послеаварийный
режим**

ЧАПВ

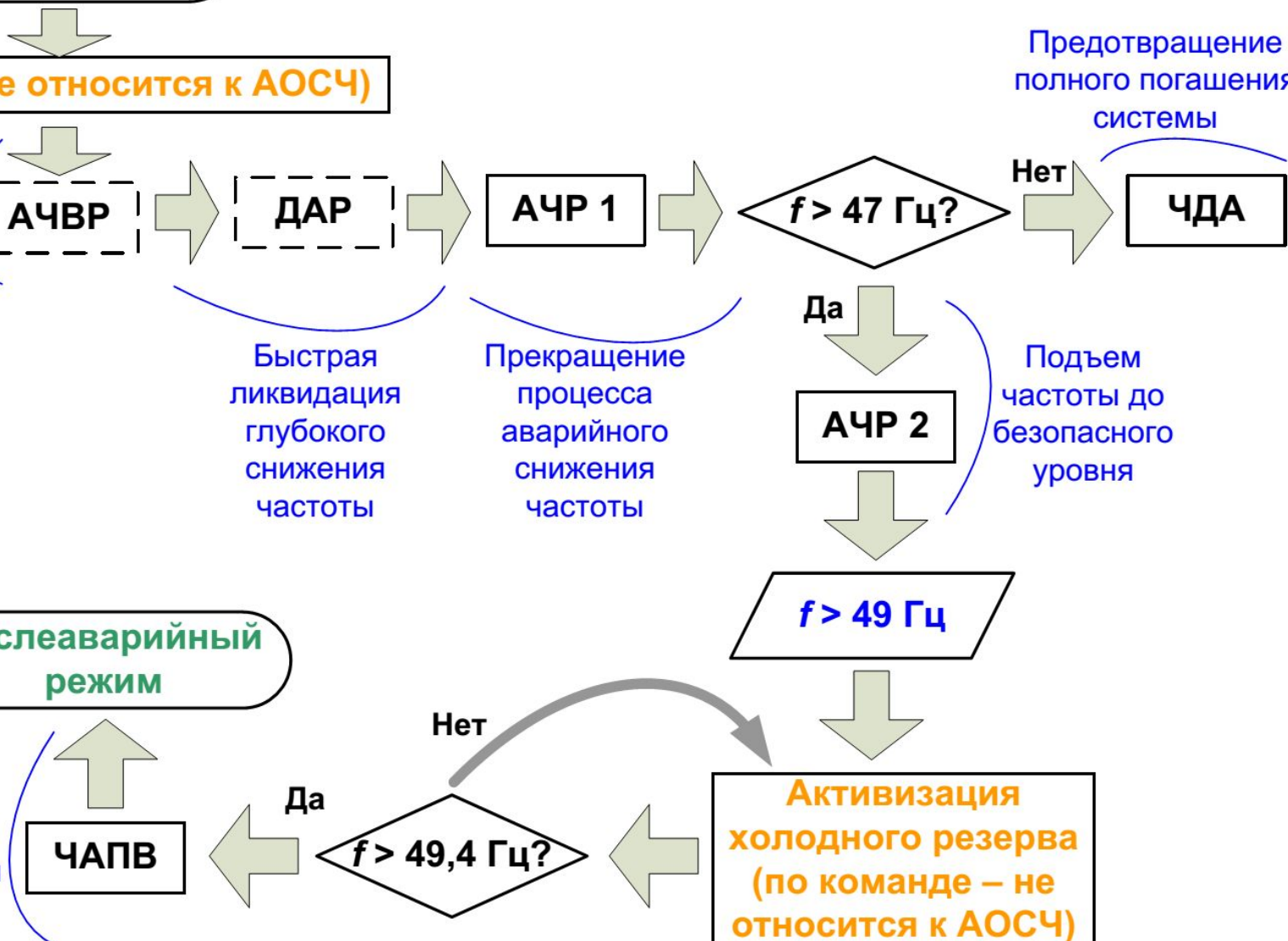
Восстановление
питания
нагрузки

Да

$f > 49,4$ Гц?

Нет

**Активизация
холодного резерва
(по команде – не
относится к АОСЧ)**



Частотное автоматическое повторное включение (ЧАПВ)

- Устройства ЧАПВ предназначены для автоматического включения отключенных от устройств АЧР потребителей электрической энергии в процессе восстановления частоты в энергосистеме (в результате мобилизации резервов мощности).
- Устройства ЧАПВ должны устанавливаться прежде всего на подстанциях, на которых невозможно осуществить быстрое восстановление питания потребителей электрической энергии, отключенных АЧР, действиями оперативного персонала.
- Суммарная мощность подключаемых к ЧАПВ энергопринимающих установок потребителей не регламентируется и определяется по местным условиям работы энергосистемы.
- К одной очереди ЧАПВ по частоте и по времени допускается подключение не более 2–2,5 % от всего объема нагрузки, подключенной к АЧР.

Уставки ЧАПВ

- Уставки по частоте в диапазоне 49,4–49,9 Гц (возврат – минус 0,1 Гц);
- На уставках ЧАПВ 49,4 – 49,6 Гц выполняется включение нагрузки нижних по частоте очередей АЧР1 (47,0–46,5 Гц). Остальная нагрузка АЧР1 и несовмещенной АЧР2 равномерно распределяется на частотах ЧАПВ не ниже 49,7 Гц.
- Уставки по времени ЧАПВ не менее 10 секунд, с интервалами 5 секунд (по условию недопущения срабатывания последующей очереди ЧАПВ при снижении частоты ниже уставки возврата реле). ЧАПВ с минимальным временем выполняет включение энергопринимающих установок потребителей, подключенных к нижним очередям АЧР и с максимальным временем - энергопринимающих установок потребителей, подключенных к верхним очередям АЧР.

Схема работы АОСЧ

Снижение частоты

АРС, АРЧМ (не относится к АОСЧ)

Предотвращение
полного погашения
системы

Минимизация
отключения
потребителей

АЧВР

ДАР

АЧР 1

$f > 47$ Гц?

Нет

ЧДА

Быстрая
ликвидация
глубокого
снижения
частоты

Прекращение
процесса
аварийного
снижения
частоты

Да

АЧР 2

Подъем
частоты до
безопасного
уровня

**Послеаварийный
режим**

ЧАПВ

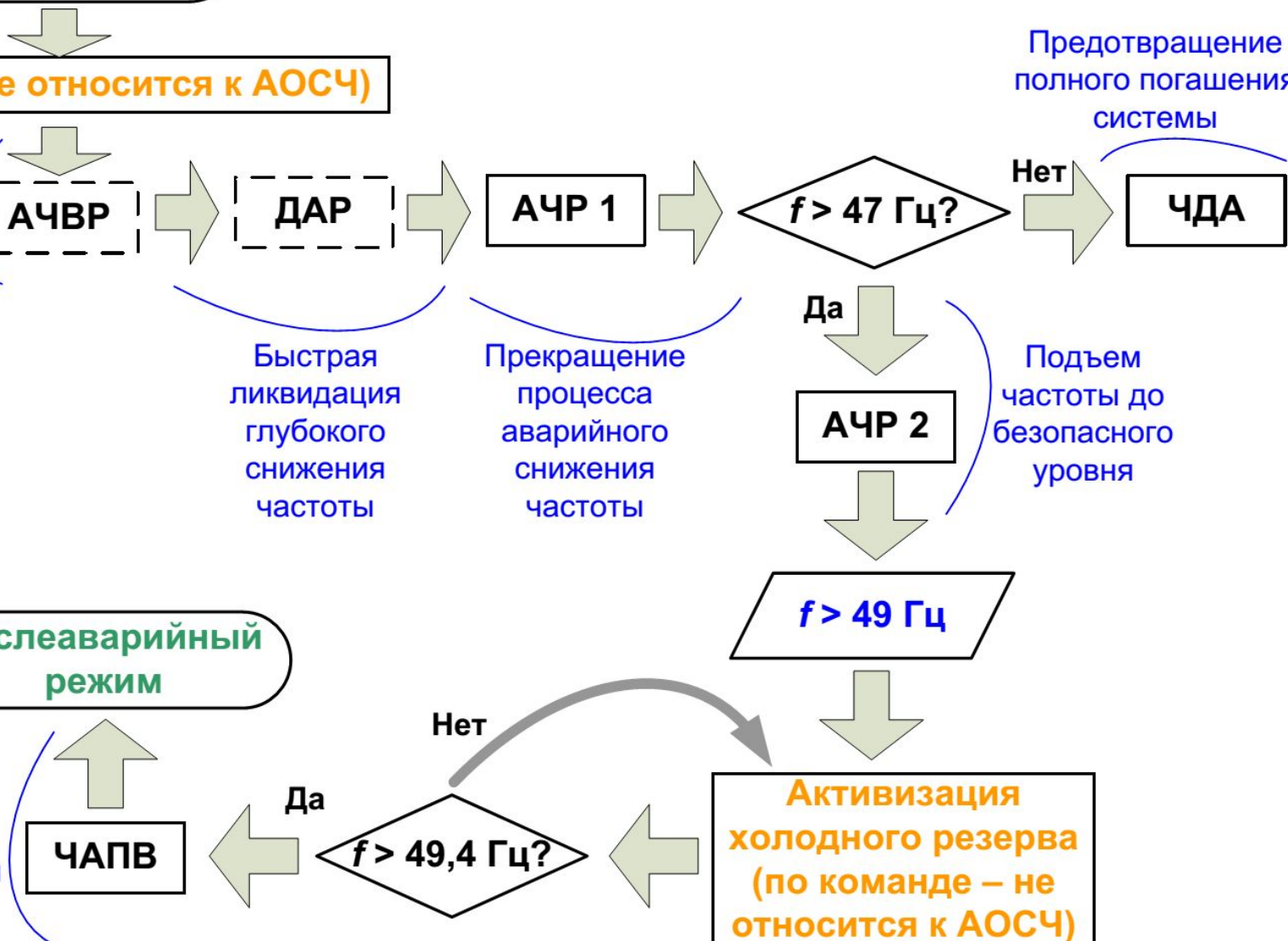
Восстановление
питания нагрузки

Да

$f > 49,4$ Гц?

Нет

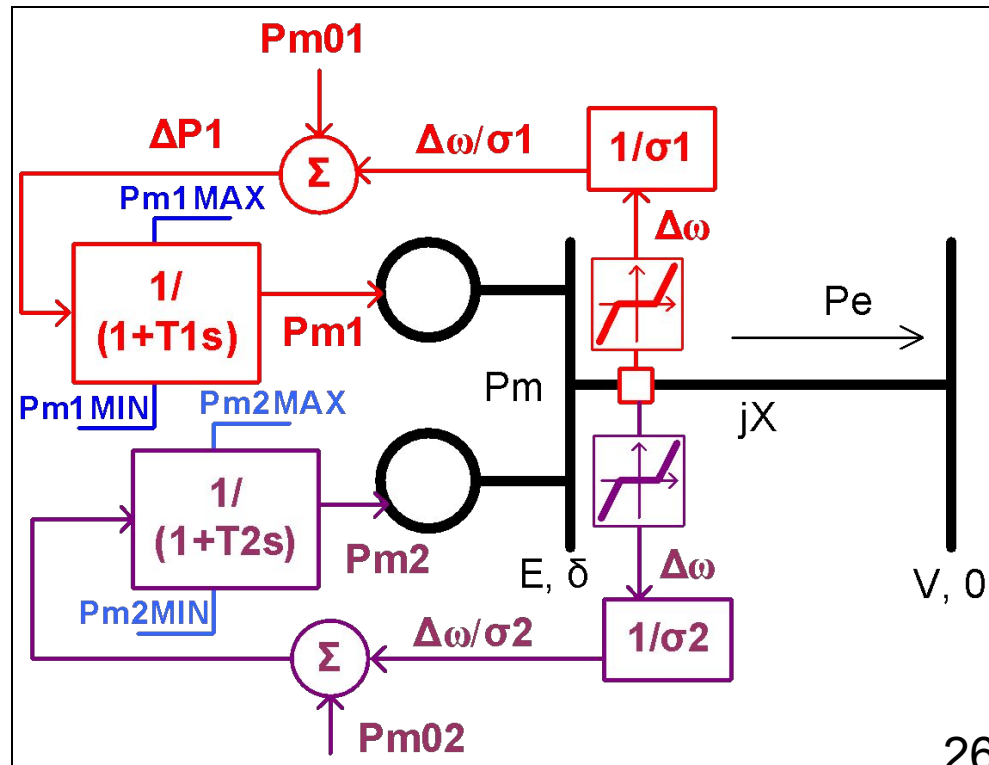
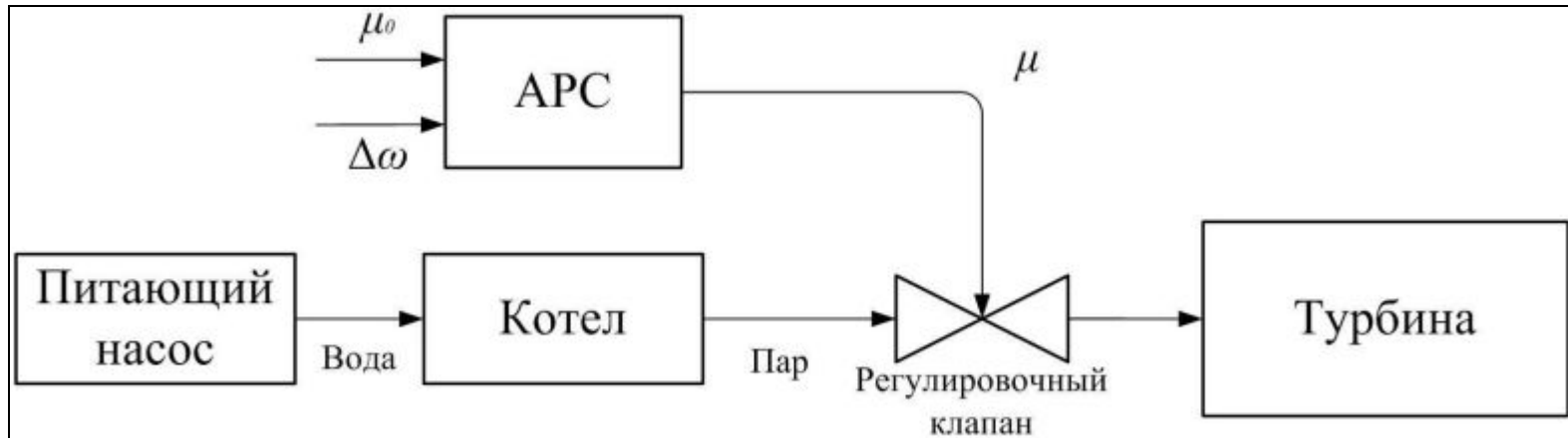
**Активизация
холодного резерва
(по команде – не
относится к АОСЧ)**



Влияние частоты на работу электростанции

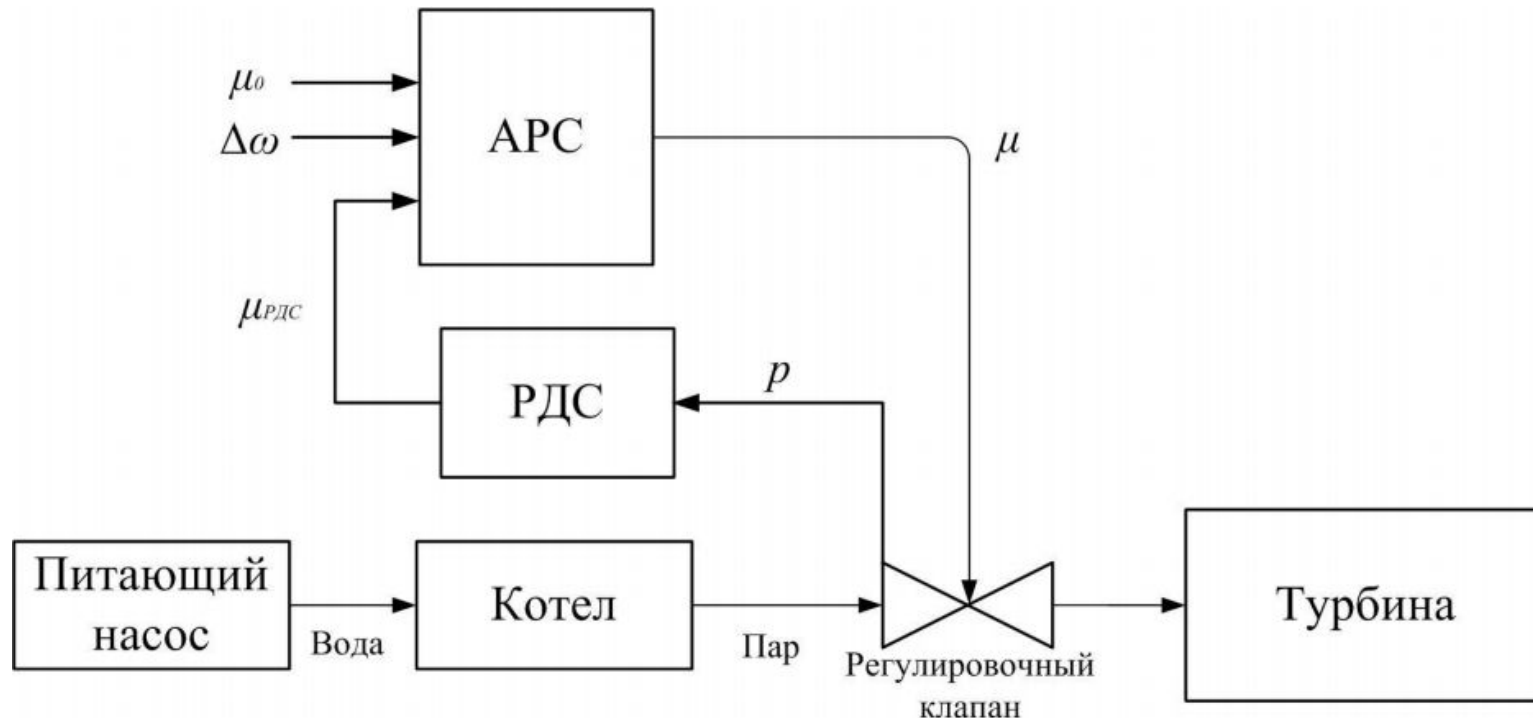
- Следствия снижения частоты в ЭЭС:
 - Ухудшение работы собственных нужд ЭС;
 - Действия тепловой автоматики.
- Упрощенная структурная схема энергоблока. **Питающий насос** осуществляет подачу питательной воды в котел, где она превращается в пар за счет энергии сжигания топлива.
- Между котлом и турбиной установлен **регулирующий клапан**, который регулирует объем пара, поступающего в турбину. Данный клапан управляется автоматическим регулятором скорости (АРС). Его задача – поддерживать постоянной частоту вращения турбины.
- Входными параметрами для АРС являются уставка, характеризующая степень открытия регулирующего клапана (в относительных единицах равна мощности, выдаваемой генератором) и отклонение скорости вращения от номинальной.
- При возникновении дефицита мощности в энергосистеме, генераторы и соответствующие турбины замедляются. АРС реагирует на изменение частоты и действует на открытие регулирующего клапана.
- **За счет объемов пара, накопленных в котле мощность турбины увеличивается. Увеличение мощности сопровождается снижением давления в паропроводе, соединяющем котел и турбину.**

Упрощенная структурная схема энергоблока ТЭС



РДС «регулятор давления до себя»

- Изменение давления пара в паропроводе для некоторых типов котлов может негативно сказаться на работе теплового оборудования.
- Для предотвращения повреждений, вызванных снижением давления, в паропроводе между котлом и турбиной устанавливается «регулятор давления до себя» (РДС). **Задача РДС – поддерживать неизменным давление на входе в турбину.**
- РДС реагирует на снижение давления на выходе котла, вызванное открытием регулировочного клапана, формированием сигнала на закрытие регулировочного клапана

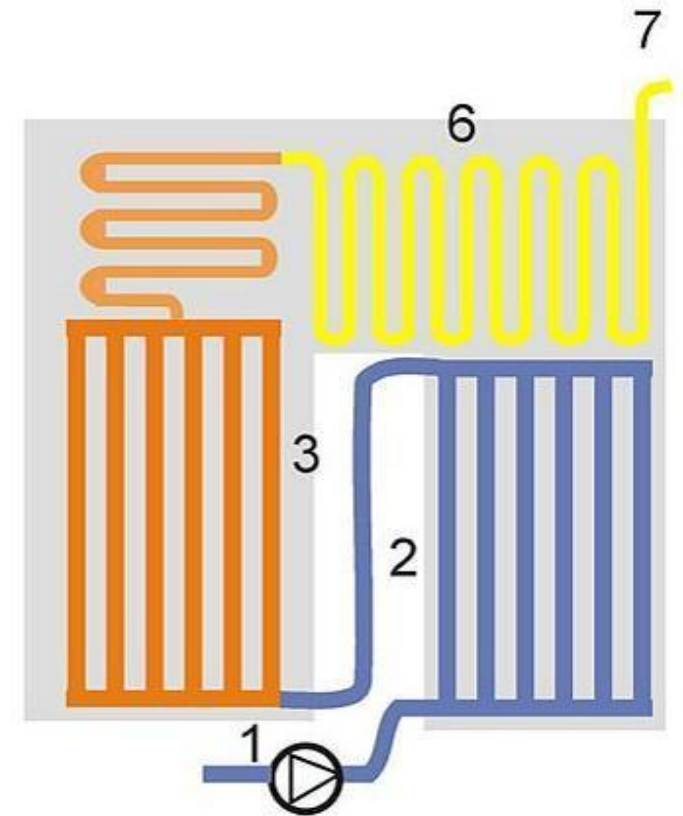


Собственные нужды станции

- В первую очередь снижение частоты сказывается на работе таких механизмов СН ТЭС, как питательные и циркуляционные насосы, вентиляторы, дымососы.
- Наиболее существенное влияние на работу электростанции оказывает снижение производительности питательных электронасосов (ПЭН).
- Кроме того, на работу энергоблока существенное влияние оказывает тип котла - барабанный или прямоточный.

Прямоточные котлы

- Снижение производительности ПЭН в результате снижения частоты приводит к уменьшению расхода и давления питательной воды. Как следствие этого, падают паропроизводительность котла и давление по тракту котла, в том числе и давление перед турбиной.
- При наличии на турбинах РДС последний, реагируя на падение давления перед турбиной, прикрывает регулирующие клапаны турбины, что приводит к дополнительному снижению расхода пара и воды. По мере того как снижается паропроизводительность котла, уменьшается мощность турбоагрегата. **Таким образом, при наличии РДС снижение частоты в системе приводит к уменьшению мощности блока при неизменном давлении пара перед турбиной.**

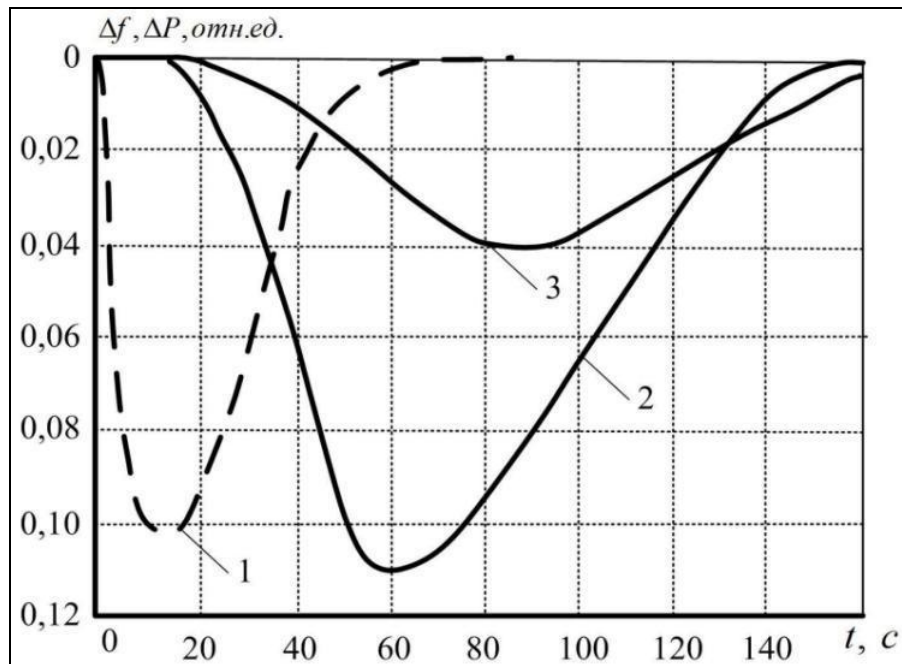


Циркуляция воды в прямоточном котле

- 1 Питательный насос
- 2 Экономайзер
- 3 Испарительные трубы
- 6 Пароперегреватель
- 7 В турбину

Прямоточные котлы. Реакция мощности блока на снижение частоты.

- С точки зрения допустимой длительности работы блоков с прямоточными котлами при глубоких снижениях частоты, условия при наличии на турбинах РДС оказываются более благоприятными, чем при отсутствии данного регулятора.
- Однако снижение мощности блоков без РДС существенно меньше, и этот эффект является определяющим с точки зрения энергосистемы в целом.
- Также работа с РДС исключает возможность мобилизации вращающихся резервов блоков при снижении частоты, что препятствует ликвидации аварий, а в ряде случаев является причиной их развития. При глубоком снижении частоты и последующем выделении электростанции на изолированную работу условия поддержания частоты при отсутствии РДС гораздо лучше.
- По этой причине, применяется блокировка РДС по частоте. Если частота во время переходного процесса выходит за заданные пределы, то канал управления от РДС блокируется, и его управляющие сигналы не учитываются. Применение блокировки РДС является обязательным требованием к системе управления энергоблоком.

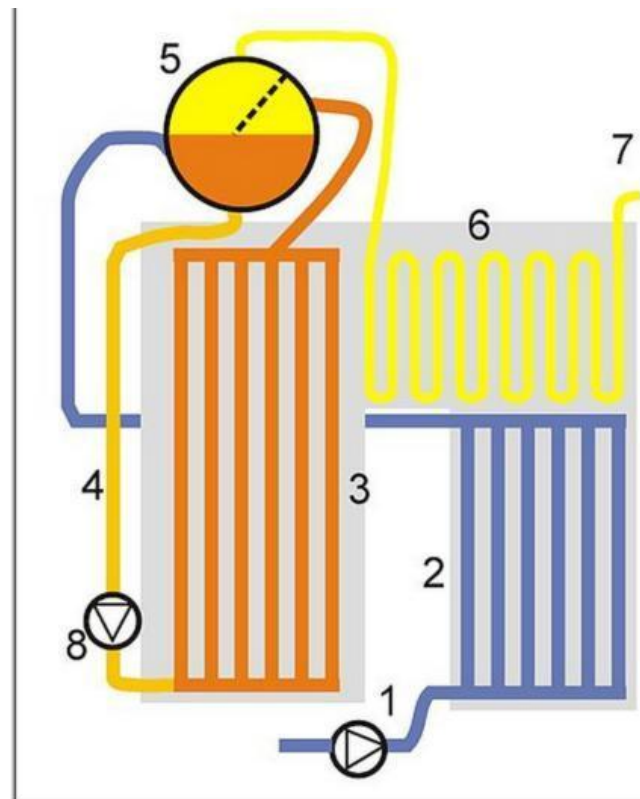


- Динамическая характеристика блока с прямоточным котлом при изменении частоты в цикле АЧР:

- 1 – изменение частоты;
- 2 – изменение мощности при введенном РДС;
- 3 – изменение мощности при выведенном РДС

Барабанные котлы

- Снижение частоты и, как следствие, снижение расхода питательной воды приводит в конечном итоге к непрерывному снижению уровня воды в барабане котла. Через определенный промежуток времени этот уровень может достигнуть уставки срабатывания защиты, контролирующей уровень в барабане и отключающей энергоблок. **Поэтому длительная работа блоков с барабанными котлами при пониженной частоте без разгрузки блока вручную персоналом невозможна.**
- При нормальной работе АЧР в энергосистеме уровень в барабане котла блоков 150—200 МВт в цикле снижения и восстановления частоты не достигает уставки срабатывания защиты, контролирующей уровень воды в барабане.
- Из-за снижения уровня воды в барабане котла и наличия автоматики, защищающей этот параметр, к котлам такого типа применяются более жесткие требования по допустимой длительности работы.

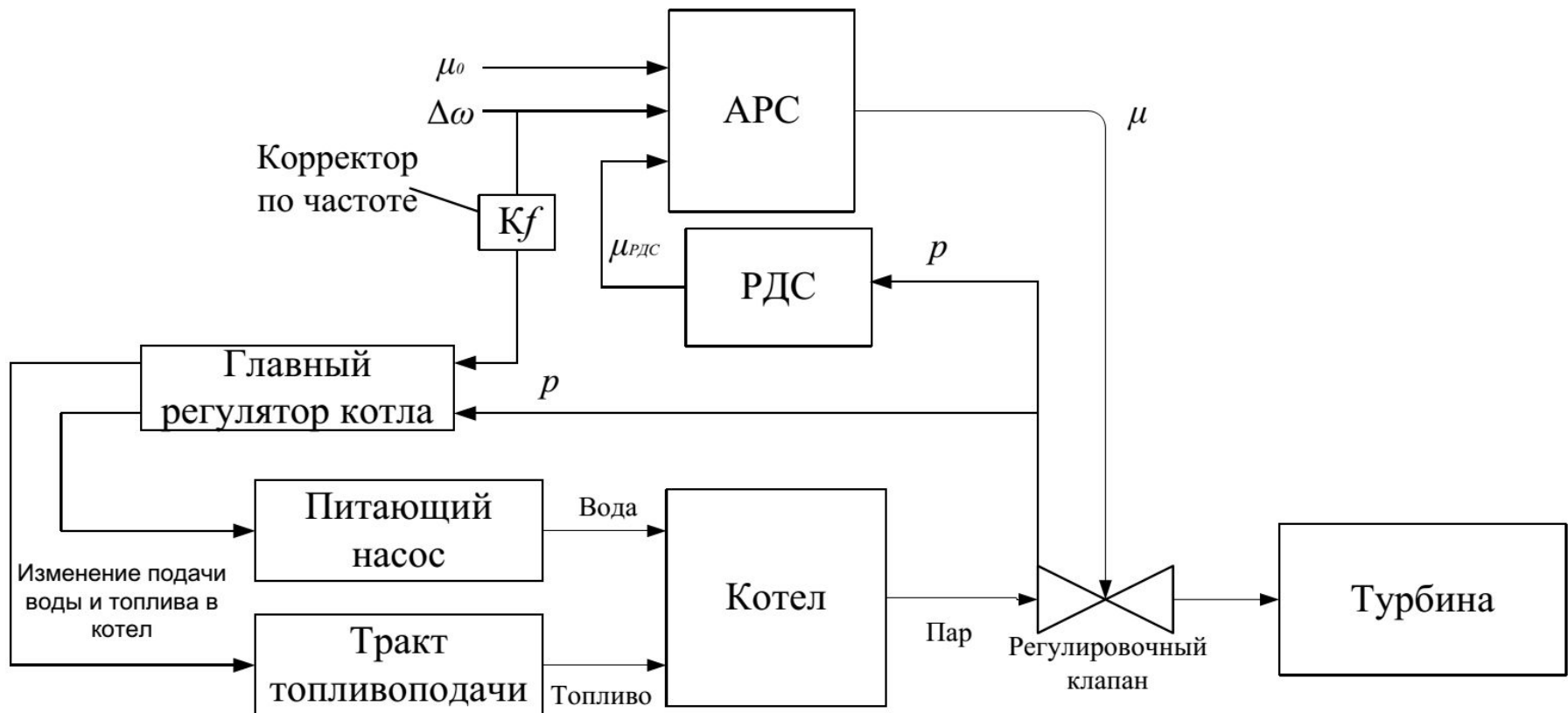


Циркуляция воды в барабанном котле с принудительной циркуляцией

- 1 Питательный насос
- 2 Экономайзер
- 3 Подъемные трубы
- 4 Опускные трубы
- 5 Барабан
- 6 Пароперегреватель
- 7 В турбину
- 8 Циркуляционный насос

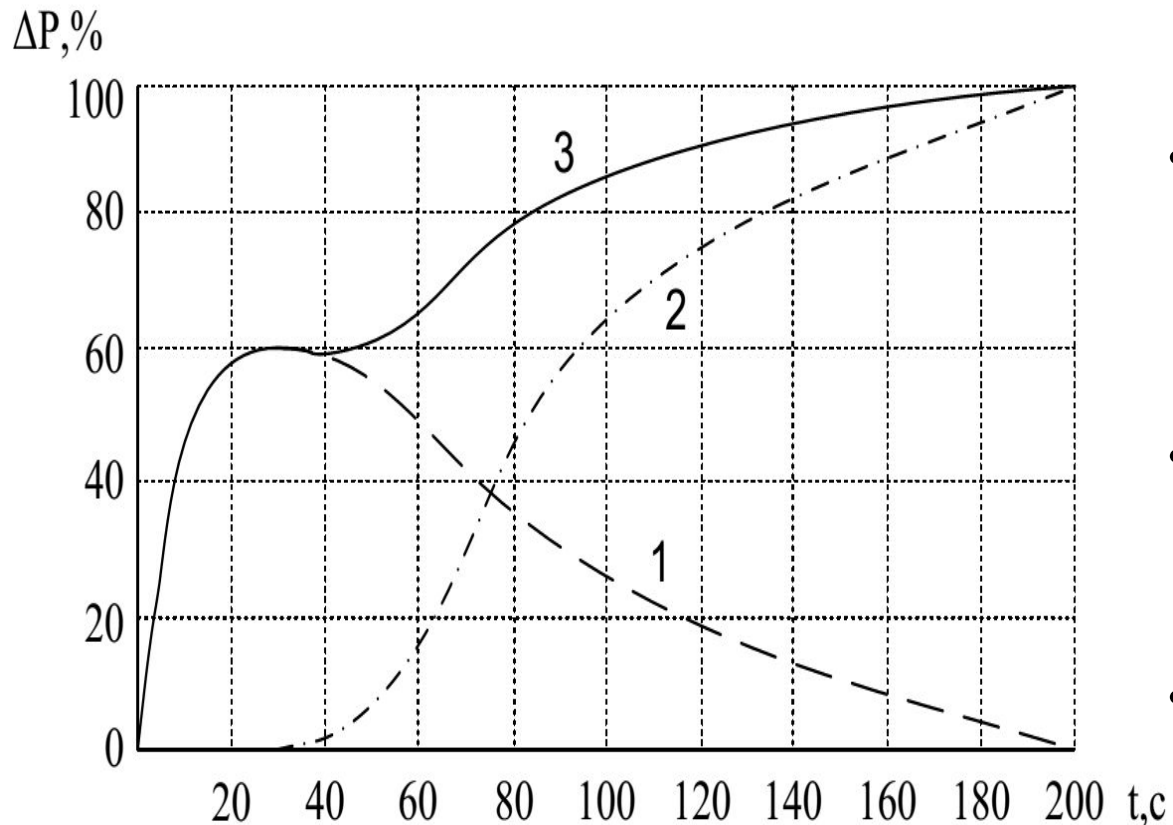
Главный регулятор котла

- Регулятор котла "до себя» (РДС) способствует улучшению теплового режима и негативно влияет на аварийную ситуацию с точки зрения всей системы. Основной мерой предотвращения этого негативного влияния является блокировка РДС.
- Более эффективно, особенно в условиях изолированной работы, работа блока обеспечивается главным регулятором котла.



Главный регулятор котла

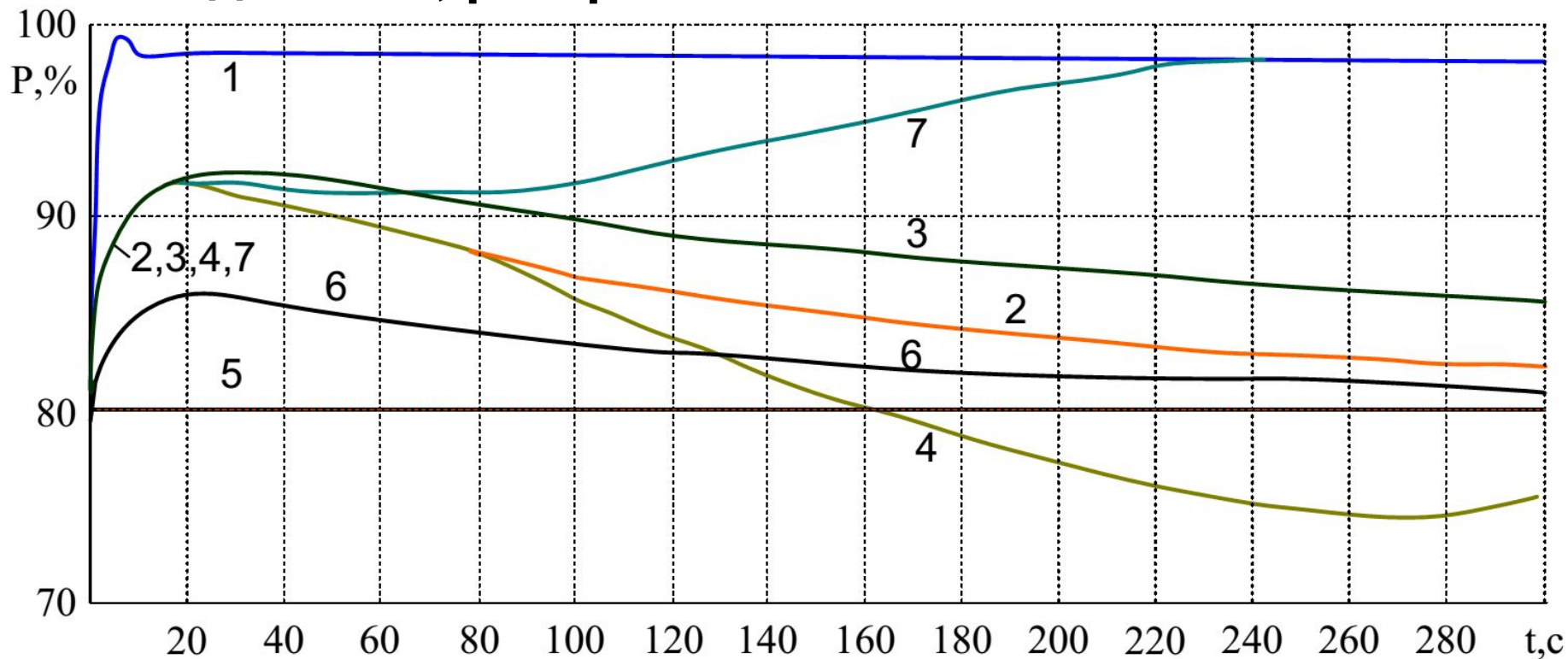
- Главный регулятор реагирует на снижение давления пара перед турбиной, увеличивая подачу воды и топлива в котел. Кроме того, применение корректора по частоте увеличивает эффективность применения подобных регуляторов. **Ниже показано изменение мощности блока с учетом работы главного регулятора котла.**



- 1 - изменение мощности энергоблока при работе АРС за счет аккумулирующей способности котла.
- 2 - изменение мощности энергоблока за счет регулирования подачи топлива и воды в котел.
- 3 – суммарная кривая

Динамические характеристики различных энергоблоков при различных видах регулирования.

Исходно 80%, резерв 20%



- 1 - без учета котла (работа АРС при постоянстве давления пара перед турбиной); 2 - прямоточный котел без регулирования; 3 - барабанный котел без регулирования; 4 - прямоточный котел с РДС; 5 - блок на скользящих параметрах при полностью открытых регулирующих клапанах; 6 - то же при клапанах, открытых на 60%; 7 - прямоточный котел с главным регулятором;

Динамические характеристики различных энергоблоков при различных видах регулирования.

- Из рисунка видно, что наличие главного регулятора котла является предпочтительным.
- Таким образом, для обеспечения максимальной живучести энергосистемы в целом и электростанций, выделяемых на изолированную работу, требуется установка на энергоблоках максимального набора автоматических регуляторов, в том числе главного регулятора котла с частотным корректором.
- Также, для максимальной эффективности использования резерва энергоблоков, на них должны быть выведены ограничители мощности. Кроме того, персонал станций должен иметь четкие инструкции о порядке операций по обеспечению соответствующего

Схема работы АОСЧ (ЧДА)

Снижение частоты

АРС, АРЧМ (не относится к АОСЧ)

Предотвращение
полного погашения
системы

Минимизация
отключения
потребителей

АЧВР

ДАР

АЧР 1

$f > 47$ Гц?

Нет

ЧДА

Быстрая
ликвидация
глубокого
снижения
частоты

Прекращение
процесса
аварийного
снижения
частоты

Да

АЧР 2

Подъем
частоты до
безопасного
уровня

**Послеаварийный
режим**

ЧАПВ

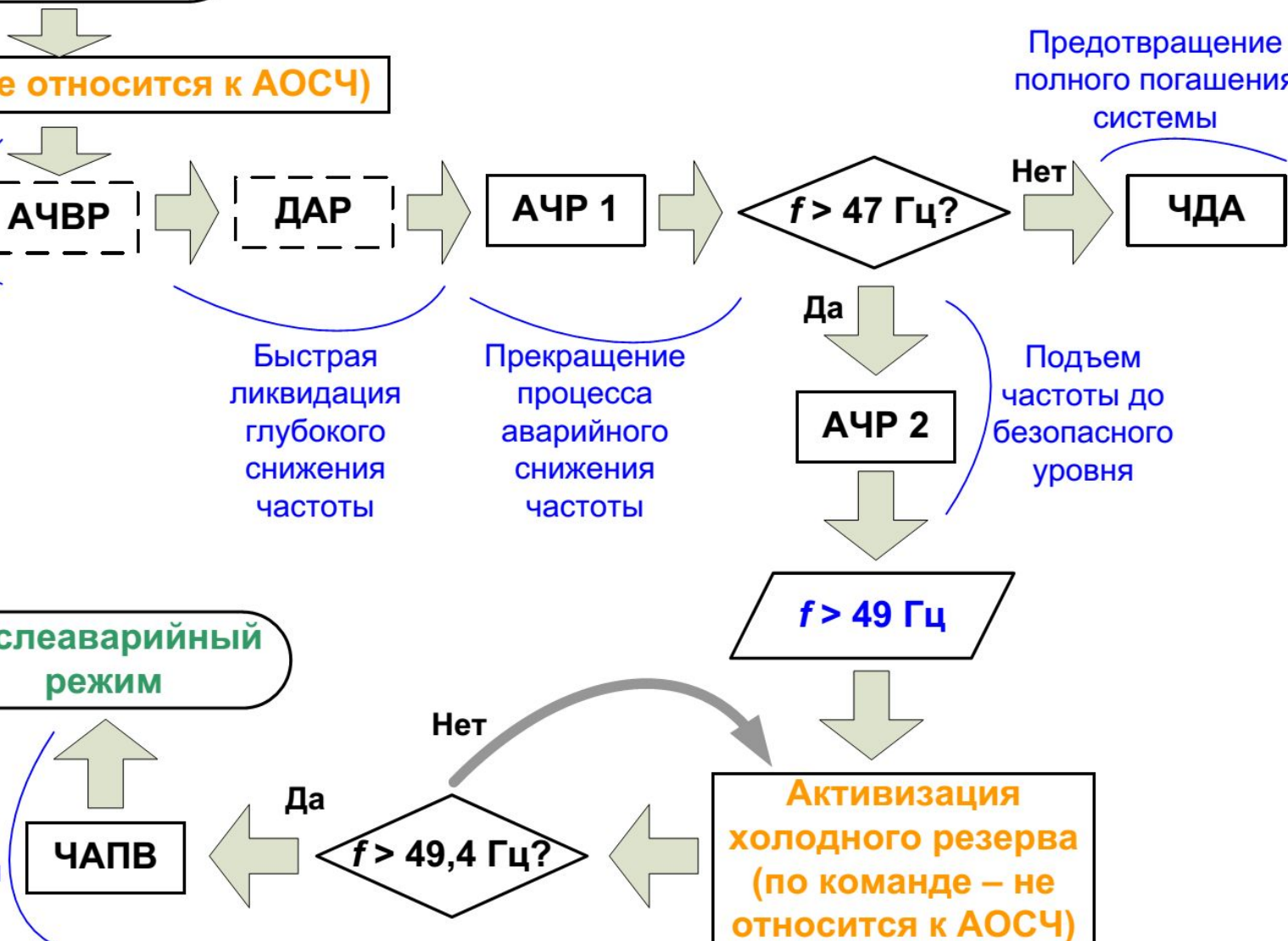
Восстановление
питания
нагрузки

Да

$f > 49,4$ Гц?

Нет

**Активизация
холодного резерва
(по команде – не
относится к АОСЧ)**



Частотная делительная автоматика (ЧДА)

- В ряде случаев действие АЧР может оказаться неэффективным из-за недостаточного быстродействия устройств разгрузки или их возможного отказа при глубоком снижении напряжения, как правило, имеющем место одновременно с глубоким снижением частоты.
- При такой работе происходит снижение производительности собственных нужд электростанций, отключение блоков технологическими защитами (ограничение минимальной скорости вращения турбины). Эти явления могут привести к дальнейшему снижению частоты - т.е. лавине частоты.
- В результате лавины частоты может произойти полное погашение системы. Пуск полностью остановленной электростанции занимает несколько часов и ведет к колоссальным ущербам.
- ЧДА применяется как последнее средство, чтобы не допустить полного останова электростанций за счет сохранения в работе собственных нужд электростанций, а также для питания тех потребителей, которые не допускают перерыва в питании.
- **Сохранение в работе части генераторов позволяет ускорить восстановление системы.**

Частотная делительная автоматика (ЧДА)

- Устройства ЧДА предназначены для предотвращения полного останова ТЭС при недопустимом снижении частоты в энергосистеме.
- Устройства ЧДА действуют на ДС с целью выделения ТЭС или их энергоблоков (генераторов) на питание собственных нужд или на изолированный район.
- Устройства ЧДА устанавливаются на всех ТЭС 25 МВт и выше, за исключением электростанций, на которых установка устройств ЧДА невозможна по условиям работы ТЭС.

Схемы выделения ЧДА

- Выделяют три возможные схемы работы ЧДА:
 - Выделение генератора на свои собственные нужды
 - Выделение генерирующего оборудования на собственные нужды нескольких генераторов / всей электростанции
 - Выделение генерирующего оборудования на изолированный энергорайон
- Самой сложной в реализации является первая схема – выделение на свои собственные нужды.

Выделение на свои собственные нужды

- при выделении на собственные нужды генератор вынужден работать гораздо ниже своего технического минимума

Тип блока	Топливо	Минимальная нагрузка в % при режиме	
		Двухкорпусном	Однокорпусном
Блоки 150 МВт			
Моноблок ТП-90 + К-150-130	Уголь	-	50
	Газ, мазут	-	40
Дубль-блок ПК-38 + К-150-130	Уголь	50	25
Блоки 200 МВт			
Моноблок ТП-100 + К-200-130	Уголь	-	50
Дубль-блок ТП-67 + К-200-130	Сланцы	50	25
Дубль-блок ПК-47 + К-200-130	Газ, мазут	60	30
Блоки 300 МВт			
Дубль-блок П-50 + К-300-240	Уголь	50	30
Дубль-блок ПК-41 + К-300-240	Газ, мазут	50	30

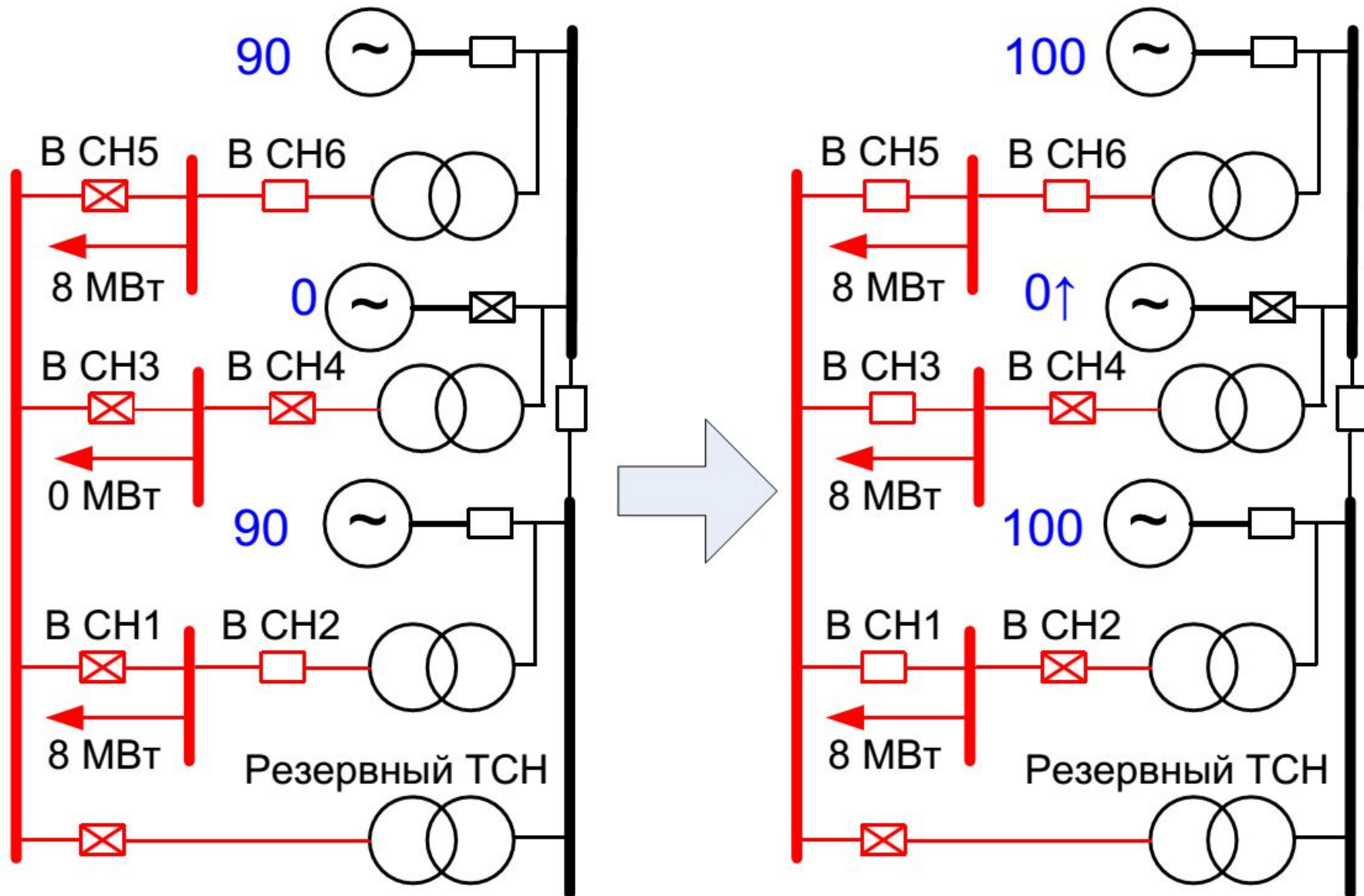
Выделение на свои собственные нужды

- Даже для дубль-блоков, у которых можно при необходимости отключить один корпус, минимум составляет не менее 30%. При этом, в самых затратных случаях потребление собственных нужд не превышает 15 %

Тип Станции	Расход электроэнергии на СН, %
ТЭС	
ТЭС с ПЭН, газ	4,5-5,5
ТЭС с ПЭН, уголь	6-7,5
ТЭС с ПТН, газ	2,5-3
ТЭС с ПТН, уголь	4-4,5
ГЭС	
Малой и средней мощности	1-2
Большой мощности	0,2-0,5
АЭС	
Реактор с водой под давлением (ВВЭР)	4-6
Кипящий каналный реактор с графитовым замедлителем (РБМК)	5-7
Реактор на быстрых нейтронах (БН) с жидкометаллическим теплоносителем	6-8
Газоохлаждаемый реактор с электроприводом всех механизмов	До 15
Газоохлаждаемый реакторов с паровыми или газотурбинным приводом газодувки и питательных насосов	1,5-3

- Организовать ЧДА по схеме выделения на свои собственные нужды весьма проблематично. Исключения составляют парогазовые установки. Технический минимум бинарной ПГУ (4 ГТ + 1 ПТ) составляет 13 %, что приближается к величине собственных нужд установки.

Выделение генератора на собственные нужды нескольких генераторов / всей электростанции



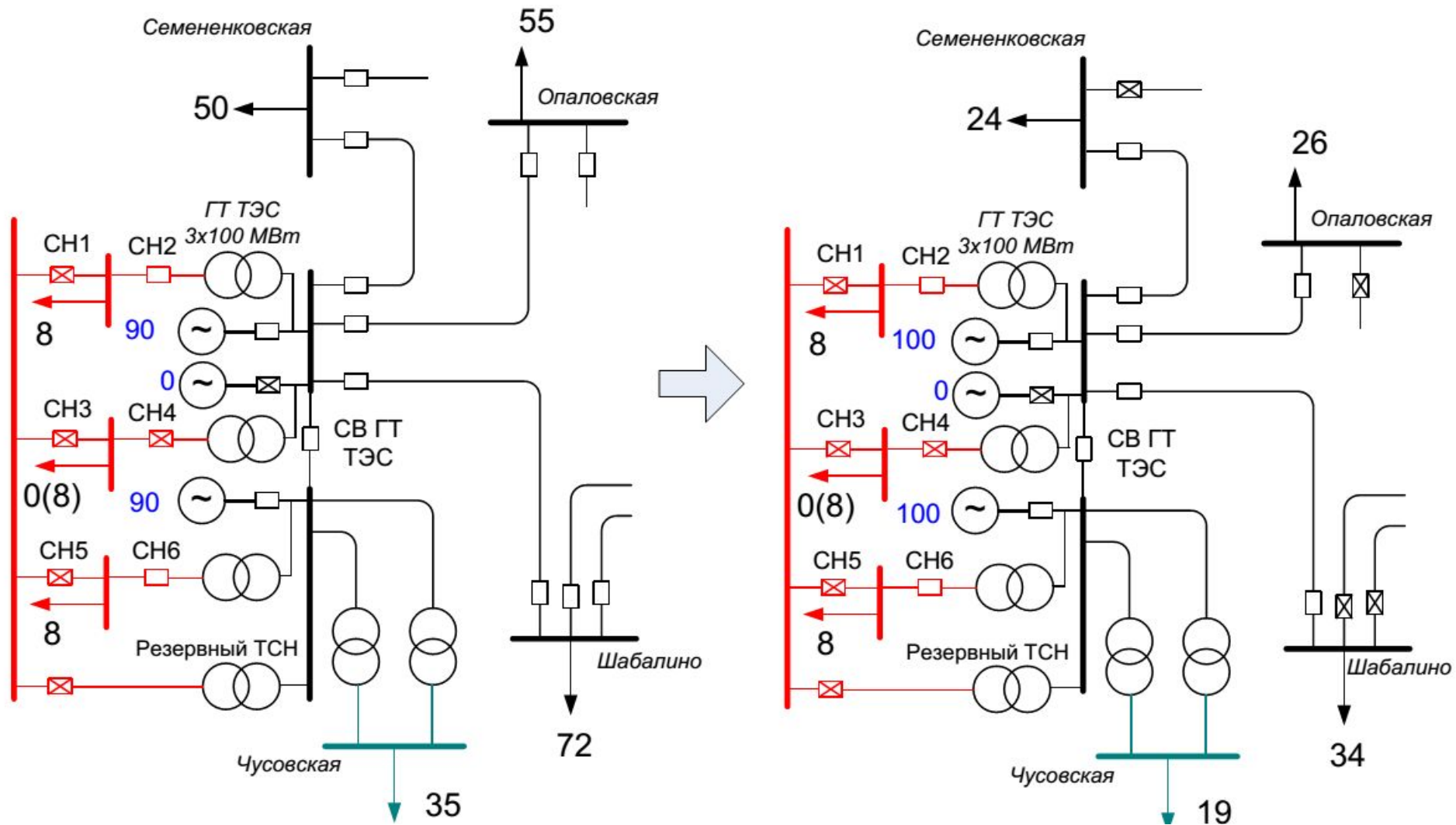
Выделение генератора на собственные нужды нескольких генераторов / всей электростанции

- При снижении частоты и достижении условий срабатывания ЧДА автоматика действует на отключение выключателя СН2 и включение выключателя СН5. При этом от АВР включается В СН1.
- При аварийном снижении частоты была отдана диспетчерская команда на пуск генератора ГТ ТЭС, находящегося в холодном резерве. При этом оперативным персоналом станции был включен выключатель СН3.
- Окончательно собственные нужды всех блоков питаются через резервную систему шин от одного генератора.

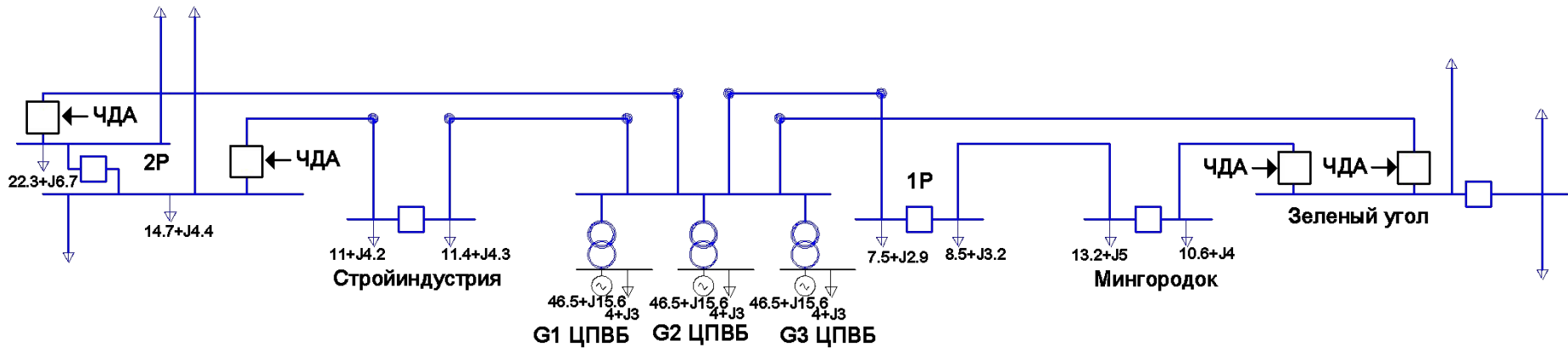
Выделение генератора на собственные нужды нескольких генераторов / всей электростанции

- При выделении генерирующего оборудования на собственные нужды нескольких генераторов / всей электростанции, все компоненты автоматики ЧДА устанавливаются на станции.
- Обратите внимание, что в рассматриваемой ситуации параллельно с сетью работают генераторы, собственные нужды которых обеспечиваются генератором, выделенным на автономную работу автоматикой ЧДА. Отключение генераторов, работающих параллельно с системой, вполне вероятно, данный факт является существенным недостатком описываемой схемы выделения автоматики ЧДА.
- **Данного недостатка лишен третий способ - выделение генерирующего оборудования на свои собственные нужды.**

Выделение генерирующего оборудования на изолированный энергорайон



ЧДА ЦПВБ (г. Владивосток)



Частотная делительная автоматика (ЧДА)

- Уставки срабатывания устройств ЧДА по частоте и времени должны находиться в диапазоне:
 - 1 ступень: 46,0–47,0 Гц/0,3–0,5 секунд.
 - 2 ступень: 47,0–47,5 Гц/30–40 секунд.
- При выделении энергоблоков (генераторов) электростанции на собственные нужды действием ЧДА должна обеспечиваться устойчивая работа выделяемого генерирующего оборудования в течение не менее 30 минут.
- Действие устройств ЧДА на выделение ТЭС или их энергоблоков (генераторов) на изолированный район должно по возможности обеспечивать баланс активной мощности в указанном районе. Допустимая величина небаланса активной мощности определяется условиями обеспечения устойчивой работы генерирующего оборудования ТЭС с учетом действия АЧР.

Схема работы АОСЧ

Снижение частоты

АРС, АРЧМ (не относится к АОСЧ)

Предотвращение
полного погашения
системы

Минимизация
отключения
потребителей

АЧВР

ДАР

АЧР 1

$f > 47$ Гц?

Нет

ЧДА

Быстрая
ликвидация
глубокого
снижения
частоты

Прекращение
процесса
аварийного
снижения
частоты

Да

АЧР 2

Подъем
частоты до
безопасного
уровня

**Послеаварийный
режим**

ЧАПВ

Восстановление
питания нагрузки

Да

$f > 49,4$ Гц?

Нет

**Активизация
холодного резерва
(по команде – не
относится к АОСЧ)**

Автоматика ограничения повышения частоты (АОПЧ)

- Устройства АОПЧ предназначены для предотвращения недопустимого повышения частоты в энергосистеме до уровня, при котором возможно срабатывание автоматов безопасности турбин ТЭС и АЭС.
- Устройства АОПЧ устанавливаются на электростанциях, расположенных в частях энергосистемы, выделенные на изолированную работу которых возможно с большим избытком мощности, приводящим к повышению частоты более 53,0 Гц с учетом действия первичного регулирования частоты.
- Уставки устройств АОПЧ должны быть ниже уставок автоматов безопасности и находиться в диапазоне 51,0–53,0 Гц.
- Устройства АОПЧ должны действовать на ОГ.
- Настройка устройств АОПЧ, установленных на ГЭС, обеспечивает их первоочередное действие по отношению к устройствам АОПЧ, установленных на ТЭС и АЭС.
- Действие устройств АОПЧ производится ступенями с разными уставками по частоте и времени.

Автоматика ограничения повышения частоты (АОПЧ)

- В узлах, где нет ТЭС или АЭС, устройства АОПЧ применяются для ограничения повышения частоты значением 60 Гц для обеспечения нормальной работы двигательной нагрузки.
- Ликвидация повышения частоты может осуществляться не только за счет ОГ, но и за счет деления системы.
- Деление системы используется для отделения ТЭС с примерно сбалансированной нагрузкой от остальной части энергосистемы с целью резервирования действия остальных устройств АОПЧ.