

# ВСЕ УНИКАЛЬНОЕ – ПРОСТО

03

## Реконструкция паровых турбин

Замена гидравлической системы регулирования  
на электрогидравлическую



Совместный проект Карагандинского турбомеханического завода (КТМЗ) и компании «Модульные Системы Торнадо» предлагает программу реконструкции, позволяющую в разумные сроки придать новое качество основному оборудованию теплоэлектростанций.

**TORNADO**  
MODULAR SYSTEMS



**КАРАГАНДИНСКИЙ  
ТУРБОМЕХАНИЧЕСКИЙ  
ЗАВОД**

**Электрогидравлическая система регулирования и защиты – это современный способ повысить надёжность и экономические показатели турбоагрегатов.**

- Обеспечивает участие турбоагрегатов в первичном и вторичном регулировании частоты и мощности в соответствии с требованиями стандарта СО-ЦДУ ЕЭС СТО 001-2005 «Нормы участия энергоблоков ТЭС в нормированном первичном и автоматическом вторичном регулировании частоты».
- Обеспечивает взаимодействие с автоматической системой коммерческого учёта (АСКУЭ) электростанции для управления мощностью электростанции и реализации плана балансирующего рынка.
- Расширяет функциональные возможности и увеличивает информативность системы регулирования.
- Улучшает динамические характеристики турбины, увеличивает её надёжность, ремонтпригодность и удобство управления.
- Реализует электронную противоразгонную защиту, взамен механической, исключая проведение опасных испытаний.
- Снижает стоимость эксплуатации оборудования.
- Позволяет проводить испытания турбины в безопасном режиме.

При реконструкции паровой турбины демонтируется сложная в обслуживании вторичная (импульсная) гидравлическая часть системы регулирования, её функции передаются электрической части системы регулирования (ЭЧСР). В результате система регулирования предельно упрощается, гидравлическими остаются только силовые исполнительные механизмы.

В современных ЭЧСР применён принцип прямого управления сервомоторами регулирующих органов турбины посредством электрогидравлических приводов, что расширяет возможности управления турбиной и позволяет обеспечивать более точное регулирование. Предлагаемое решение позволяет использовать для управления сервомоторами различные исполнительные устройства: ЭГП-С (ЛМЗ), линейные приводы (Exlar), ЭГП (КТМЗ).

ЭЧСР выполняется на базе ПТК «Торнадо», что позволяет на современном уровне обеспечивать полное взаимодействие с АСУТП станции и станционной системой автоматического регулирования частоты и мощности.

**Предлагаемая ЭЧСР основана на типовых решениях ПТК «Торнадо» и полностью с ними совместима, что позволяет решать задачи регулирования паровых турбин в рамках единого комплексного ПТК «Торнадо», либо в рамках автономной подсистемы.**

Парораспределение, маслоснабжение реконструкцией не затрагиваются.

## ФУНКЦИИ ЭГСР ПАРОВОЙ ТУРБИНЫ

- Точное регулирование параметров работы турбины, в том числе параметров с малыми нечувствительностями (частоты вращения ротора, мощности с коррекцией по частоте, давления пара в отборах, температуры сетевой воды и пр.).
- Поддержка автоматического режима синхронизации с сетью с использованием автомата синхронизации.
- Взаимодействие с системой противоаварийной автоматики.
- Дополнительная противоразгонная защита.
- Постоянная самодиагностика электронной и гидравлической частей с сигнализацией выявленных отклонений параметров.



## ПРОЕКТ РЕКОНСТРУКЦИИ ПАРОВОЙ ТУРБИНЫ ВКЛЮЧАЕТ:

- Предпроектное обследование паровых турбин.
- Разработку технического задания на проектирование.
- Собственно проектирование системы регулирования.
- Изготовление и поставку оборудования системы регулирования.
- Монтажные и шеф-монтажные работы:
  - демонтаж импульсного гидромеханического контура управления и замена его на прямое управление сервомоторами регулирующих клапанов высокого давления и промперегрева посредством электрогидравлических (ЭГП) или электромеханических (ЭМП) преобразователей;
  - установка датчиков положения штоков сервомоторов для ввода в турбинный контроллер сигналов обратной связи;
  - установка зубчатого колеса (60 зубьев) и троированных таходатчиков для получения сигналов о частоте, скорости и ускорении вращения ротора для работы регулятора скорости и электрических автоматов безопасности (ЭАБ).
- Комплексную диагностику и наладку ЭГСР.
- Сдачу ЭГСР в эксплуатацию.
- Обучение персонала Заказчика навыкам обслуживания.
- Гарантийное обслуживание и постгарантийное сопровождение системы.

## Состав ЭГСР

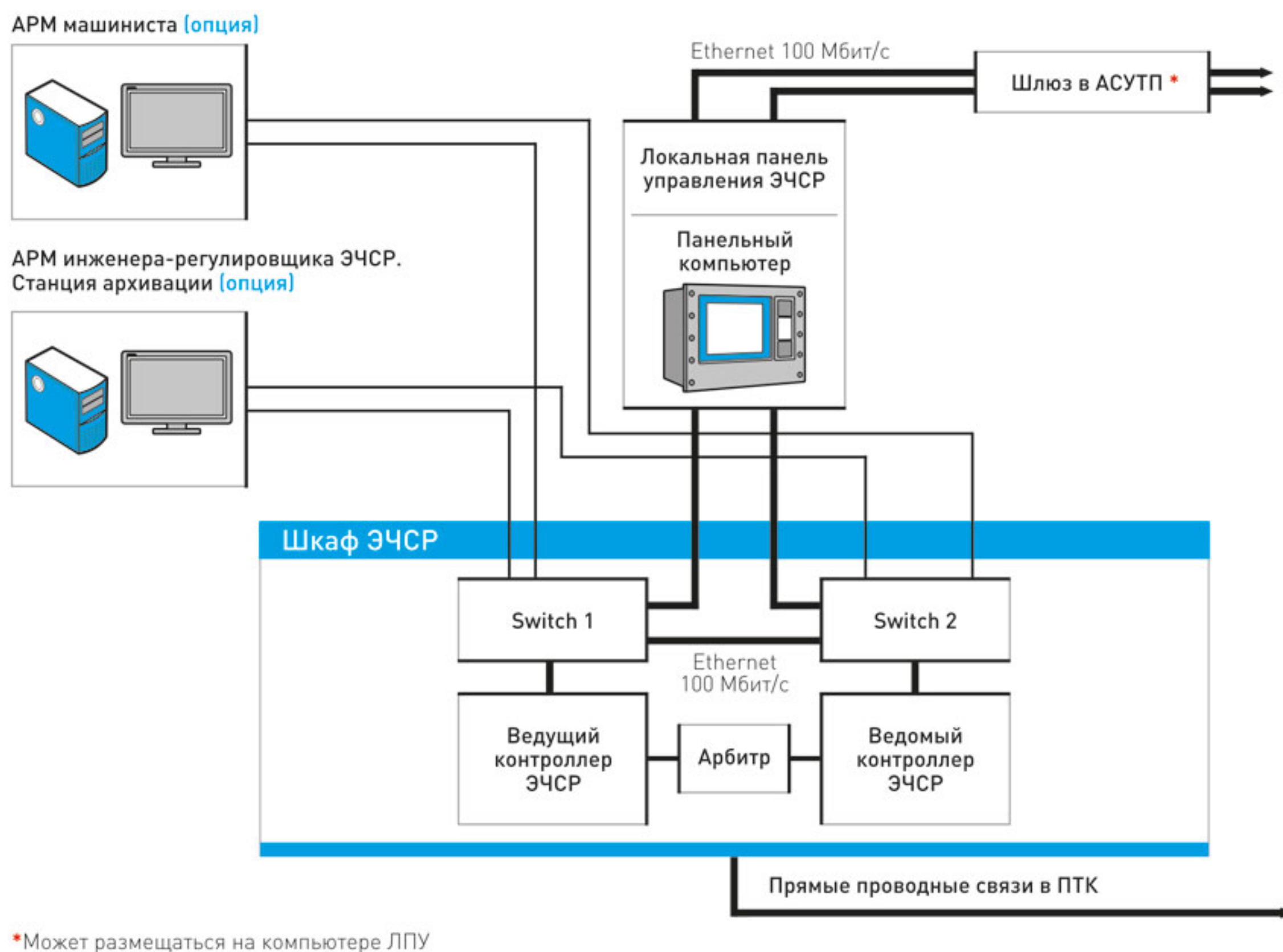
### СОСТАВ ЭГСР

- Шкаф с дублированным турбинным контроллером (шкаф ЭЧСР).
- Шкаф управления электрогидравлическими или электромеханическими преобразователями.
- Локальная панель управления ЭЧСР с ЖК-монитором (touch-screen) по месту в районе переднего стула турбины.
- Аварийная панель управления.
- Комплект датчиков специальных измерений (частоты вращения, положения сервомоторов).
- Узлы реконструкции гидравлической части системы регулирования.
- Исполнительные устройства (электрогидравлические или электромеханические преобразователи).

### ОПЦИИ

- Электрический автомат противоразгонной защиты. Если на турбине отсутствует механическая противоразгонная защита, обязательным является установка двух автоматов противоразгонной защиты.
- Резервный пульт управления.
- Автоматизированное рабочее место (АРМ) машиниста.
- АРМ инженера-регулировщика ЭЧСР, совмещённое со станцией архивации параметров регулирования.

Структурная схема ЭЧСР



## Основные составные части ЭЧСР

При реализации комплексной АСУТП на базе ПТК «Торнадо» ЭЧСР является одним из элементов ПТК и интегрируется автоматически, предоставляя в основной оперативный контур информацию о параметрах регулирования турбины.

ЭЧСР интегрируется в основной ПТК (других производителей) с помощью дублированного Ethernet-100 по протоколу Modbus-TCP/UDP или через OPC-сервер для предоставления всей необходимой информации машинисту в рамках видеоканалов комплексной АСУТП.

ЭЧСР также может быть автономной подсистемой.

Подробная структурная схема ПТК ЭЧСР представлена на рисунке.

### ШКАФ ЭЧСР

Шкаф ЭЧСР может располагаться в помещениях неоперативного контура управления или по месту в машинном зале, в зависимости от принятых проектных решений. Стандартное исполнение шкафов ЭЧСР – IP55.

Быстродействующий турбинный контроллер выполняется полностью резервированным по схеме «горячего» резервирования и размещается в стойке стандартного исполнения. Турбинный контроллер реализует все функции регулирования и защиты.

### ЛОКАЛЬНАЯ ПАНЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ

**Локальная панель управления (ЛПУ) содержит в себе промышленный компьютер и монитор с сенсорным управлением. ЛПУ содержит:**

- экран сигнализаций и защит;
- необходимые виртуальные органы управления задатчиками и переключатели режимов;
- индикаторы величины задатчиков регулируемых величин, регуляторов положений сервомоторов.

**ЛПУ обеспечивает возможность управления турбиной:**

- в режиме испытаний;
- в режиме пуска и останова;
- в нормальных режимах работы турбоустановки при автоматическом или ручном управлении электрической и тепловой нагрузками турбины;
- при технологических ограничениях;
- в аварийных режимах энергоблока и энергосистемы;
- в послеаварийных режимах энергосистемы.

**ЛПУ располагается в районе переднего стула турбины.**

### АВАРИЙНАЯ ПАНЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ (АПУ)

На аварийной панели управления турбиной размещаются органы аварийного управления основными регуляторами ЭЧСР. Объем оснащения обеспечивает возможность временного управления турбиной (при отказе АРМ или ЛПУ) в нормальных режимах работы турбогенератора при ручном управлении электрической и тепловой нагрузками турбины.

**В состав аварийной панели управления турбины, размещаемой в оперативном контуре БЩУ, включены:**

- ключ выбора режима управления (АПУ, ПТК, синхронизация);
- ключ управления регулятором скорости;
- ключ ручного управления поворотной диафрагмой;
- кнопка выключения турбины.

## Основные составные части ЭЧСР

### АРМ МАШИНИСТА

АРМ машиниста предназначен для оперативного управления турбиной. Устанавливается в том случае, если ЭЧСР является автономной подсистемой, не включённой в комплексную АСУТП.

**Машинисту предоставляются следующие функциональные возможности:**

- экран сигнализаций и защит;
- экран для просмотра архивных данных ЭЧСР;
- необходимые органы управления задатчиками и переключатели режимов;
- индикаторы величины задатчиков регуляторов, положений сервомоторов, регулируемых величин;
- окно визуализации графиков параметров ЭЧСР в реальном масштабе времени и в режиме ретроспективы.

Если ЭЧСР интегрирована в комплексную АСУТП, контроль параметров осуществляется в рамках видеокадров ПТК энергоблока в полном объёме.

**АРМ машиниста обеспечивает возможность управления турбиной:**

- в режиме испытаний;
- в режиме пуска и останова;
- в нормальных режимах работы турбоустановки при автоматическом или ручном управлении электрической и тепловой нагрузок турбины;
- при технологических ограничениях;
- в аварийных режимах энергоблока и энергосистемы;
- в послеаварийных режимах энергосистемы.

### СТАНЦИЯ АРХИВАЦИИ И АРМ ИНЖЕНЕРА ЭЧСР

Станция архивации входит в состав АРМ инженера ЭЧСР. Предназначена для регулировщиков и наладчиков турбины и системы регулирования. АРМ инженера ЭЧСР выполняет следующие функции:

- контроль состояния регуляторов ЭЧСР и их настройку;
- сбор и хранение оперативного архива в темпе технологического процесса с частотой сбора 10 Гц;
- формирование и хранение длительного архива;
- сохранение отчетов в дисковых файлах с использованием нескольких наиболее популярных файловых форматов, таких как электронные таблицы MS Excel<sup>®</sup> или формат HTML;
- подготовку и вывод отчётов в бумажном виде с помощью подготовленных шаблонов.

АРМ инженера ЭЧСР является большим подспорьем при наладке турбины, анализе её работы и разборе аварийных ситуаций.

## Параметры регулирования ЭЧСР

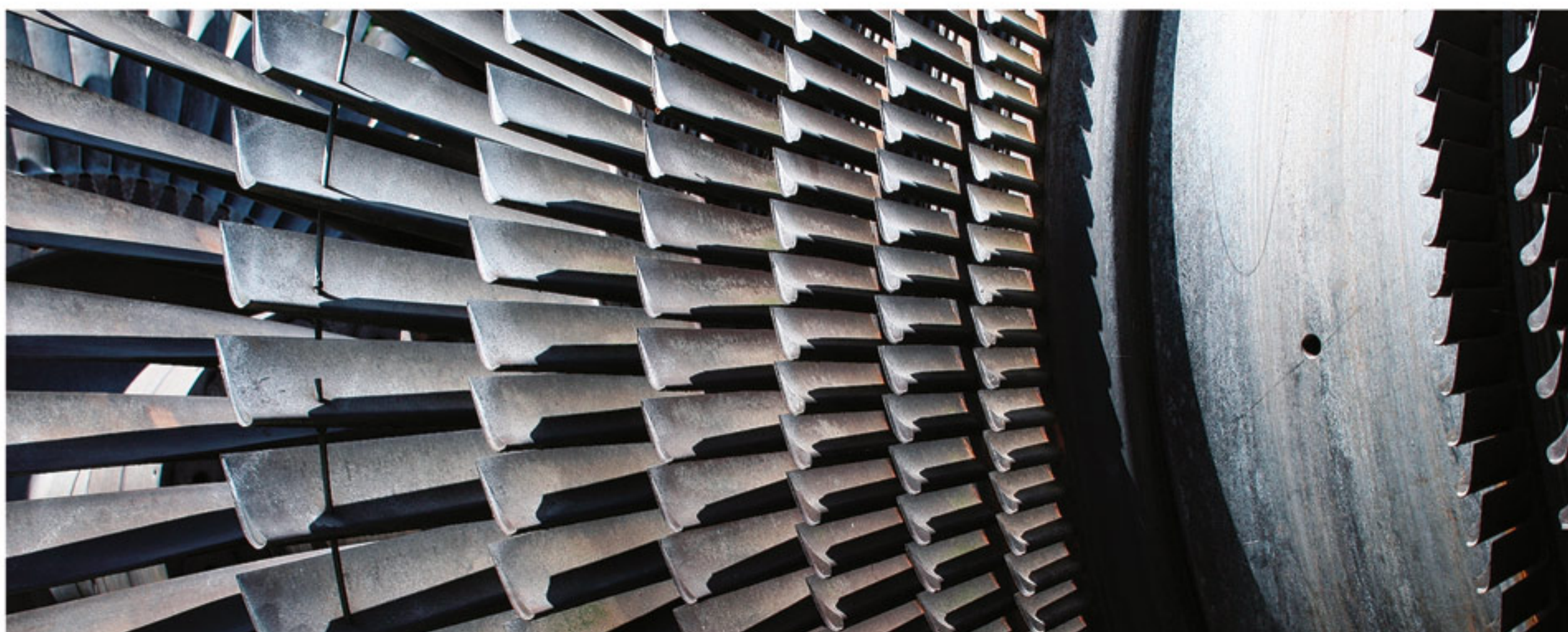
Управление функциями регулирования, а также функциями защиты турбины осуществляется ЭЧСР. Регуляторы, реализованные в ЭЧСР, обеспечивают снижение нечувствительности регулирования частоты вращения и давления пара в регулируемых отборах, а также повышают качество поддержания заданной мощности. Наличие дополнительных регуляторов призвано повысить уровень автоматизации электростанции.

### Регулируются следующие параметры:

- частота вращения (в сети – по пропорциональному закону, на холостом ходу – по пропорциональному или пропорционально-интегральному законам) с точностью не хуже 0,6 об/мин;
- мощность по пропорционально-интегральному закону с точностью не хуже 0,5МВт;
- давление свежего пара;
- давление и противодавление в теплофикационном отборе;
- частотная коррекция регулятора мощности;
- температура сетевой воды.

### Кроме того, ЭЧСР позволяет осуществлять:

- управление поворотной диафрагмой в ручном режиме;
- автоматическое изменение темпа задатчика скорости в режиме синхронизации;
- эффективное ограничение ряда параметров:
  - ограничительное регулирование минимального давления свежего пара;
  - ограничительное регулирование максимального давления пара в теплофикационном отборе;
  - эффективное ограничение частоты вращения при внезапном полном либо неполном (с сохранением собственных нужд или работе на выделенный район) сбросе нагрузки с отключением и без отключения генератора от сети;
- поддержание испытаний при проверке плотности стопорных и регулирующих клапанов;
- автоматическое расхаживание стопорных клапанов;
- функции дополнительной противоразгонной защиты;
- дифференцирование значений частоты вращения и снижение уставок противоразгонных защит для введения защиты по ускорению;
- проверку противоразгонной защиты на остановленной турбине, холостом ходу и под нагрузкой без повышения частоты вращения;
- постоянную самодиагностику электронной и гидравлической частей с сигнализацией выявленных отказов и отклонений параметров САР.

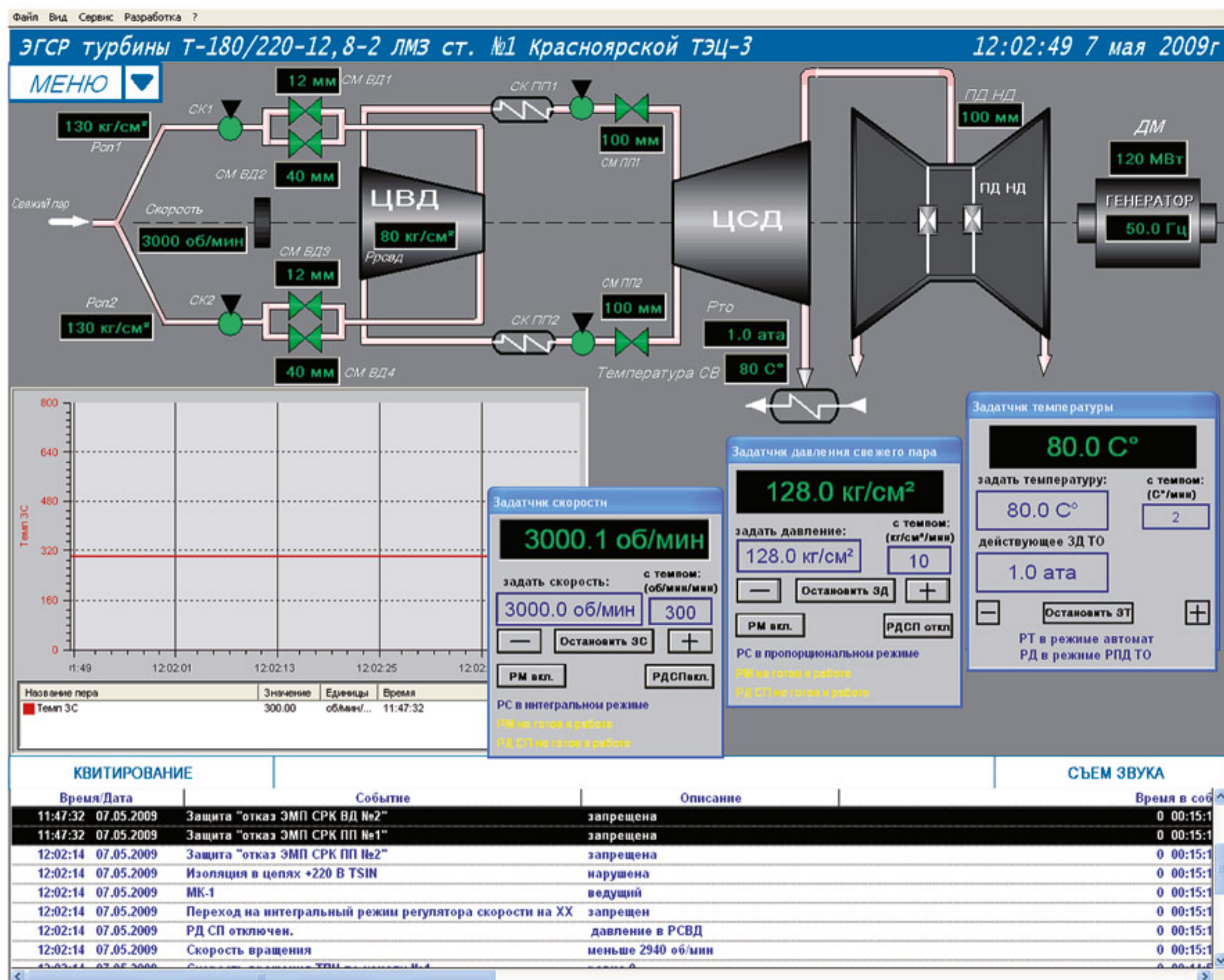


## Как измеряется скорость вращения ротора турбины?

В блоке переднего подшипника турбины устанавливается датчик частоты вращения ротора, имеющий 3 канала измерения (троированный таходатчик). Измерение производится при помощи быстродействующего измерителя частоты вращения, формирующего выходной сигнал как «среднее измеренное из трех». В результате измерение частоты вращения осуществляется в диапазоне от 20 до 5000 об/мин с погрешностью не более 0,1 об/мин.

При измерении скорости обеспечиваются следующие требования и функции:

- анализ достоверности сигналов датчиков;
- сброс недостоверного сигнала при вычислении частоты вращения ротора турбины;
- формирование сигнала на закрытие регулирующих клапанов при отказе более одного канала измерения;
- регулирование частоты вращения ротора турбины с нечувствительностью не более  $\pm 10$  мГц;





# Регуляторы ЭГСР

## РЕГУЛЯТОР ЧАСТОТЫ ВРАЩЕНИЯ (РЕГУЛЯТОР СКОРОСТИ)

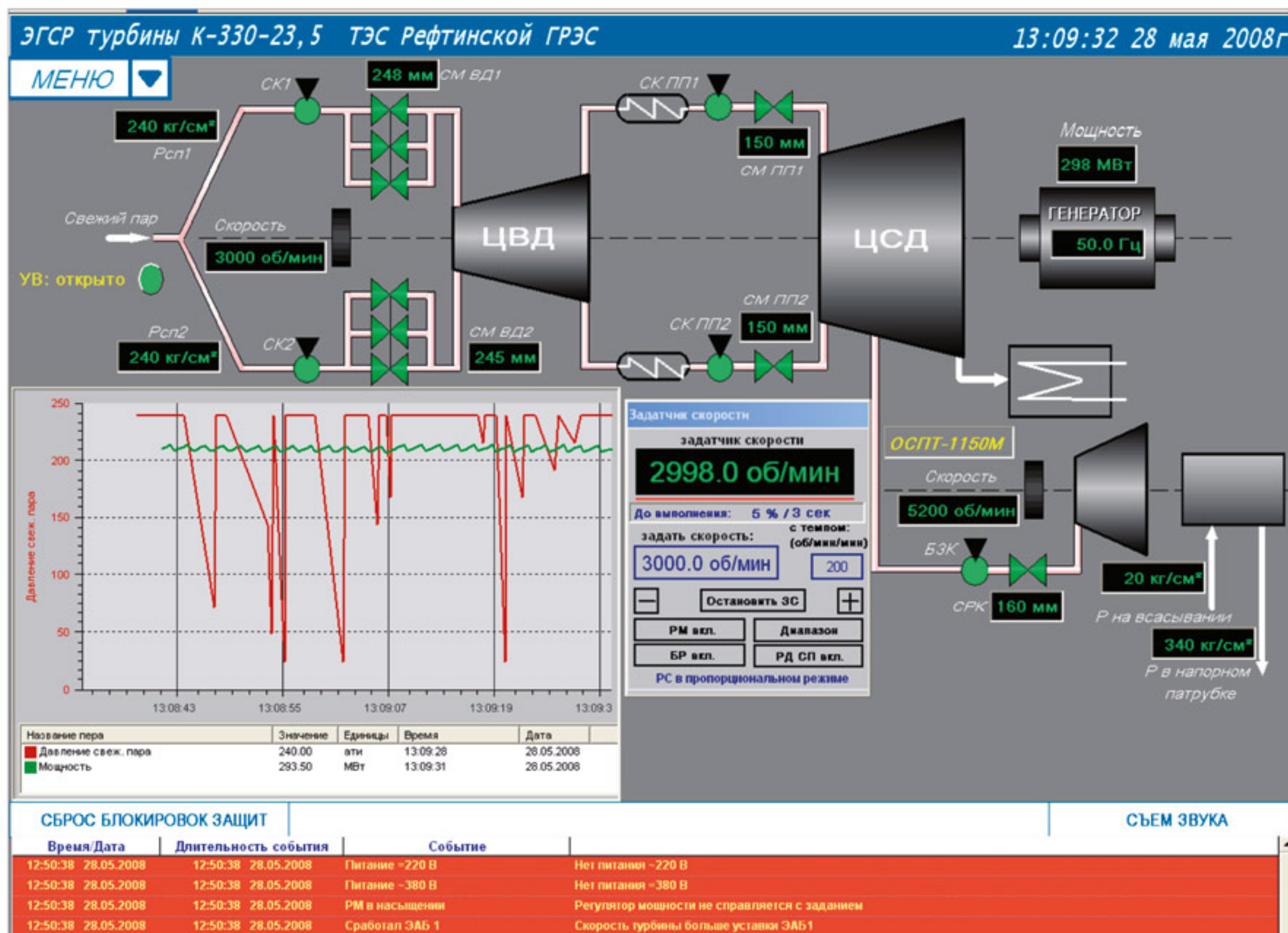
Регулятор скорости обеспечивает выполнение и поддержку:

- пуска турбины;
- разворота турбины;
- автоматического изменения темпа в зависимости от режима работы турбины;
- проверку механической противоразгонной защиты (наливом и разгоном);
- синхронизации с сетью путем изменения темпа задатчика скорости;
- набор и поддержание заданной электрической нагрузки.

При пуске и развороте турбины регулятор скорости работает по РІ-закону регулирования, поддерживая с малой нечувствительностью заданную машинистом или автоматикой частоту вращения ротора.

После включения генератора в сеть обеспечивается автоматическое изменение закона регулирования с интегрального на пропорциональный с неравномерностью  $4,5 \pm 0,5\%$  с соответствующей балансировкой задатчика и автоматический набор минимальной мощности. Регулятор скорости обеспечивает возможность синхронизации генератора при любой допустимой частоте сети и работу с любой допустимой нагрузкой.

Задание регулятору формируется по командам машиниста с любого пульта управления или верхнего уровня АСУТП.



Пример срабатывания защит

## Регуляторы ЭГСР

### РЕГУЛЯТОР МОЩНОСТИ

В регуляторе мощности заложен PI-закон регулирования с принципом частотной коррекции по каналу задания.

В качестве сигнала обратной связи регулятора предусмотрены три канала измерения мощности. Регулятор мощности включается по команде машиниста после включения генератора в сеть и набора минимальной базовой мощности блока.

**Регулятор мощности обеспечивает выполнение следующих функций:**

- автоматическое формирование задания по мощности из текущего значения мощности на турбине в момент включения регулятора;
- частотную коррекцию задания РМ по частоте сети:
  - частотный корректор имеет возможность настройки выделенной зоны по частоте в диапазоне от 0 до  $\pm 500$  мГц. При отклонениях частоты за пределы заданной зоны статизм частотного корректора составляет  $4,5 \pm 0,5\%$ ;
- изменение мощности блока в пределах рабочего диапазона в соответствии с заданием оператора;
- суммирование планового задания от машиниста с сигналом частотного корректора и сигналом внешнего задания от АРЧМ.

### РЕГУЛЯТОР ДАВЛЕНИЯ СВЕЖЕГО ПАРА

В регуляторе давления свежего пара заложен PI-закон регулирования для поддержания давления свежего пара перед турбиной («до себя») в задаваемом диапазоне.

В качестве сигнала обратной связи регулятора предусмотрены два канала измерения давления свежего пара. Регулятор давления может быть включен по команде машиниста после включения генератора в сеть и набора минимальной базовой мощности блока.

**Регулятор давления обеспечивает выполнение следующих функций:**

- поддержание давления свежего пара путём воздействия на регулирующие клапаны высокого давления;
- автоматическое включение регулятора при прохождении сигнала от котельной автоматики;
- формирование задания по давлению свежего пара из текущего значения давления перед турбиной в момент включения регулятора;
- изменение давления свежего пара в пределах рабочего диапазона в соответствии с заданием машиниста.

### ЗАЩИТНЫЙ РЕГУЛЯТОР МИНИМАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ СВЕЖЕГО ПАРА

Защитный регулятор минимального давления свежего пара выполняет функцию защиты блока от понижения давления ниже допустимого и облегчает работу регулятора котла по восстановлению номинального режима работы. Неравномерность регулирования минимального давления свежего пара – 0%.

Уровень давления свежего пара, при котором начинает закрываться сервомотор регулирующих клапанов ЦВД, –  $110 \text{ кгс/см}^2$ .

### ЗАЩИТНЫЙ РЕГУЛЯТОР МАКСИМАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ ПАРА В РЕГУЛИРУЮЩЕЙ СТУПЕНИ ЦВД

Защитный регулятор максимального давления пара в регулирующей ступени ЦВД выполняет функцию защиты турбины от повышения давления пара выше допустимого. Неравномерность регулирования максимального давления пара в регулирующей ступени ЦВД – 0%.

## РЕГУЛЯТОР ДАВЛЕНИЯ (ПРОТИВОДАВЛЕНИЯ) ПАРА ТЕПЛОФИКАЦИОННОГО ОТБОРА

Регулятор давления пара в отборе обеспечивает набор и поддержание заданного давления пара воздействием на поворотную диафрагму.

Регулирование давления пара в отборе осуществляется по схеме несвязанного регулирования. В качестве обратной связи используется большее значение от двух датчиков давления.

Режим регулирования давления пара в отборе включается по командам оператора. Предусмотрена возможность менять задание давления в пределах заданного рабочего диапазона.

При отказе каналов измерения давления пара в отборе регулятор автоматически переходит в режим ручного управления.

Для облегчения удержания сброса нагрузки регулятор давления пара в отборе автоматически безударно отключается при выходе частоты за допустимые пределы.

### Регулятор давления теплофикационного отбора обеспечивает:

- плавное регулирование и устойчивое поддержание давления пара в регулируемом отборе;
- диапазон регулирования давления пара в ТО (-0,5)...1,0 кгс/см<sup>2</sup> (0,5...2,0 ата);
- степень неравномерности регулирования давления пара в отборах – 0%;
- степень нечувствительности регулирования давления пара в регулируемых отборах не более 0,05 кгс/см<sup>2</sup>.

При включённом регуляторе противодействия турбоагрегат работает по тепловому графику с минимальным пропуском пара в конденсатор. Давление в теплофикационном отборе поддерживается за счёт воздействия на сервомотор ЧВД, определяющий открытие клапанов ЧВД и расход пара через турбину.

## ЗАЩИТНЫЙ РЕГУЛЯТОР МАКСИМАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ ПАРА В ТЕПЛОФИКАЦИОННОМ ОТБОРЕ

Защитный регулятор максимального давления пара в отборе выполняет функции защиты ТО от превышения давления.

Уровень давления в ТО, при котором должен начинаться закрываться сервомотор регулирующих клапанов ЧВД, – 1,0 кгс/см<sup>2</sup> (2,0 ата).

Неравномерность регулирования максимального давления пара в ТО – 0%.

## РЕГУЛЯТОР ТЕМПЕРАТУРЫ ПРЯМОЙ СЕТЕВОЙ ВОДЫ

Регулятор температуры сетевой воды за ПСГ обеспечивает набор и поддержание заданной температуры воздействием на поворотную диафрагму.

Режим регулирования температуры сетевой воды включается по командам оператора. Предусмотрена возможность менять задание температуры в пределах заданного рабочего диапазона.

### Регулятор температуры СВ обеспечивает:

- плавное, со скоростью около 30°С/час, регулирование температуры сетевой воды;
- устойчивое поддержание заданной температуры сетевой воды;
- диапазон регулирования температуры – 0...120°С;
- степень неравномерности регулирования температуры – 0%;
- степень нечувствительности регулирования температуры – не более ±0,5°С.

## Регуляторы ЭГСР

### РЕЖИМ РУЧНОГО УПРАВЛЕНИЯ ПОВОРОТНОЙ ДИАФРАГМОЙ

Режим ручного управления предназначен для изменения положения поворотной диафрагмы при режимах с малым расходом пара в отборе. Включается по командам оператора или автоматически безударно в режиме регулятора давления при отказе датчиков давления пара в теплофикационном отборе.

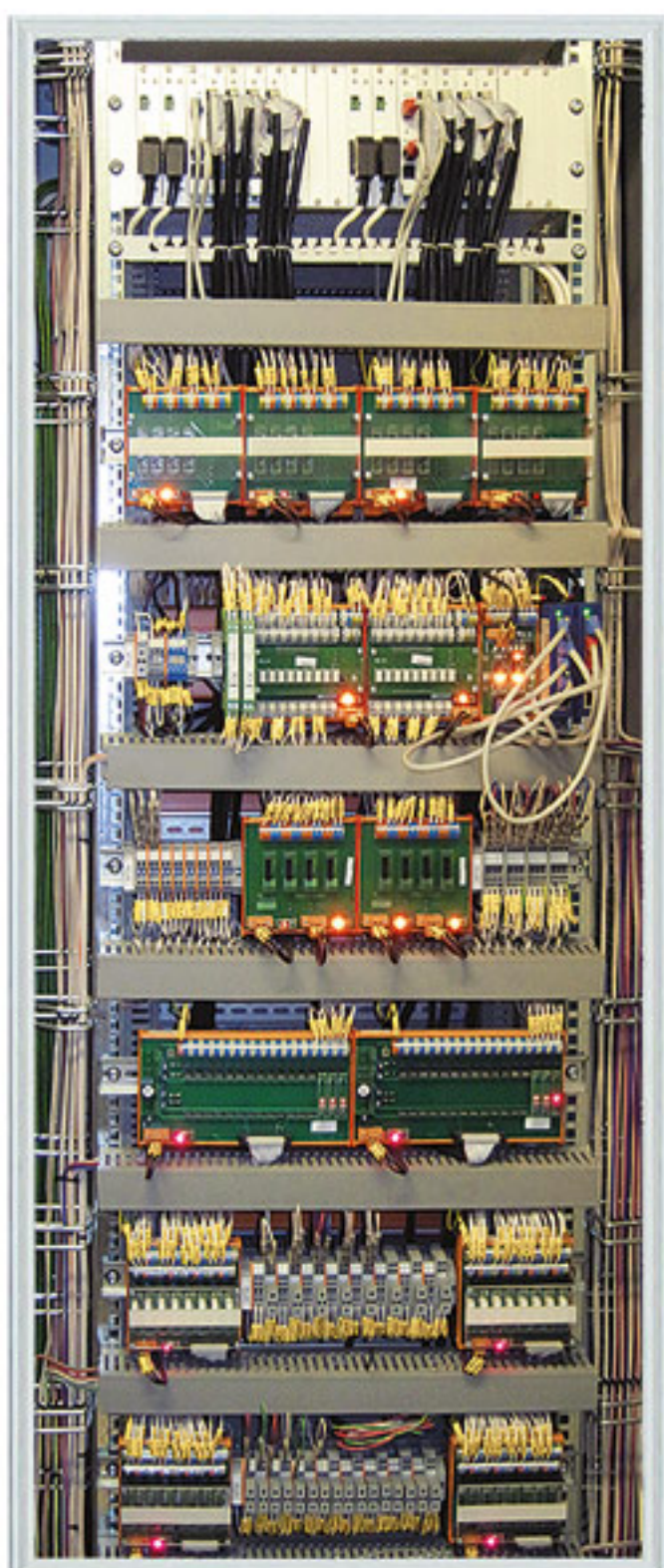
**Изменение задания положения поворотной диафрагмы возможно производить:**

- в режиме РПД – в диапазоне хода поворотной диафрагмы 0...50 мм;
- в остальных режимах – на весь ход поворотной диафрагмы.

### РЕГУЛЯТОР ПОЛОЖЕНИЯ СЕРВОМОТОРА

Регулятор положения сервомотора выполнен как корректирующий регулятор с обратной связью по положению сервомотора, корректирующее воздействие может осуществляться при отклонении реальной характеристики перемещения сервомотора от задаваемой теоретической.

Диапазон действия регулятора ограничен величиной  $\pm 10\%$  максимального хода сервомотора.



## Защиты ЭГСР

### КАНАЛ РЕЛЕЙНОЙ ФОРСИРОВКИ

Канал релейной форсировки (РФ) ограничивает заброс частоты вращения ротора турбины в случаях отключения генератора от сети.

Формирует релейное воздействие на регулирующие клапаны турбины в сторону закрытия на заданное время.

Работает по сигналу об отключении выключателя генератора или выключателя сети.

### ВХОДЫ ОТ АППАРАТУРЫ ПРОТИВОАВАРИЙНОЙ АВТОМАТИКИ (АПА)

**При поступлении сигналов от АПА обеспечивается:**

- импульсная разгрузка – активное ограничение электрической нагрузки блока путём закрытия РК на время действия данного дискретного сигнала до расчётной величины открытия РК с последующим восстановлением первоначальной электрической нагрузки.
- длительная разгрузка – активное ограничение электрической нагрузки блока путём уменьшения задания регулятору скорости с заданным темпом, без восстановления первоначальной электрической нагрузки.

### ПРОТИВОРАЗГОННАЯ ЗАЩИТА, ДОПОЛНЯЮЩАЯ МЕХАНИЧЕСКИЙ КАНАЛ ЗАЩИТЫ

Противоразгонная защита выполнена в контроллерах ЭЧСР в виде двух независимых каналов, каждый из которых воздействует на штатные соленоиды отключения турбины. Противоразгонная защита, реализуемая совместно с ЭЧСР, является дополнительной к основной механической защите. При этом противоразгонная защита не препятствует мероприятиям проверки существующей механической противоразгонной защиты.

Если на турбине отсутствует механическая противоразгонная защита, в состав системы должны входить два независимых электрических автомата противоразгонной защиты.

**Противоразгонная защита включает в себя:**

- два автомата безопасности;
- защиту от повышения частоты вращения до уровня 3400 об/мин;
- защиту с динамически меняющейся уставкой срабатывания от 3200 до 3365 об/мин при появлении положительного ускорения скорости вращения ротора;
- защиту от исчезновения сигналов датчиков частоты вращения.

Факт срабатывания данных защит отражается на видеокадре. Предусмотрена звуковая сигнализация срабатывания защит.

**Обеспечена возможность проверки противоразгонной защиты:**

- разгоном турбины;
- имитацией разгона на стоящей турбине, путём подачи на её входные цепи тестового сигнала от генератора частоты (не входит в комплект поставки);
- на стоящей турбине или холостом ходу путём включения специального режима.

### КАНАЛ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ

Для защиты турбины при отказе регулирования (например, зависание клапанов) должен быть введен канал защиты по ускорению. По этому каналу должна осуществляться противоразгонная защита турбины в режимах, сопровождающихся значительным повышением частоты вращения ротора.

В канале формируется сигнал, снижающий уставку срабатывания противоразгонной защиты по факту появления положительного ускорения частоты вращения ротора турбины.

## Требования к аппаратуре электрической части системы регулирования и программному обеспечению

### СТРУКТУРА И КОМПОНОВКА ШКАФА ЭЧСР

Устройство выполнено на промышленных контроллерах и комплектуется в стойках стандартного исполнения.

- Средняя наработка на отказ ЭЧСР составляет не менее 25000 часов (100000 часов для контроллерной части).
- Среднее время замены отказавшего элемента – не более 2 часов.
- Срок службы аппаратуры ЭЧСР – не менее 15 лет.

### ПИТАНИЕ

Для обеспечения требований надежности электропитание шкафа управления осуществляется от источников первичного питания:

- резервированного питания сети переменного тока ~ 220 В (+20%, -40%);
- от сети резервированного оперативного постоянного тока =220 В (+20%, -50%);

### УСЛОВИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Шкафы ЭЧСР имеют степень защиты IP55.

**Допустимые условия эксплуатации ЭЧСР:**

- температура окружающей среды от -20°C до +60°C;
- относительная влажность воздуха до 95% при температуре до 25°C;
- атмосферное давление от 84 кПа до 106,7 кПа (от 630 до 800 мм ртутного столба).

## Наши партнёры в проектах реконструкции паровых турбин:

ОАО «Силловые машины»

ООО «Уральский завод энергомашиностроения»

ЗАО «Е4-СибКОТЭС»

ЗАО «Лонас-Технология»

## Компания «Модульные Системы Торнадо» – ведущий российский разработчик и производитель микропроцессорных систем контроля и управления для промышленных объектов.

Основана в 1992 году молодыми учёными Новосибирского Академгородка – сотрудниками лаборатории магистрально-модульных систем Института Автоматики и Электронметрии Сибирского отделения РАН.

Специализируется на разработке, проектировании и наладке полномасштабных автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУТП) на крупных объектах энергетики.

### Наши услуги:

- Проектирование, изготовление, наладка, ввод в эксплуатацию АСУТП на базе современных **Программно-Технических Комплексов (ПТК) «Торнадо»**
- Разработка, производство серийных **микропроцессорных средств** автоматизации и других электронных устройств.
- **Обучение** инженерно-технического персонала работе с АСУТП, консалтинг по вопросам автоматизации.
- Техническое **сопровождение**, гарантийное обслуживание и пост-гарантийное сервисное обслуживание.



**КАРАГАНДИНСКИЙ  
ТУРБОМЕХАНИЧЕСКИЙ  
ЗАВОД**

ТОО «Карагандинский турбомеханический завод» (КТМЗ, Республика Казахстан) – ряд взаимосвязанных подразделений, расположенных на территории России и Казахстана. Основные направления деятельности: ремонт турбинного оборудования, техническое перевооружение объектов энергетики, модернизация паровых турбин с целью повышения их экономичности, улучшения технических характеристик и продления срока их эксплуатации.

100008, Республика Казахстан, г. Караганда, а/я 180  
Тел.: (7212) 41-07-24, 41-08-54; факс (7212) 41-30-96  
e-mail: ktmz@nursat.kz

630090, Россия, г. Новосибирск-90, а/я 709  
ул. Инженерная, 4а  
Тел./факс (383) 363-38-00

e-mail: [info@tornado.nsk.ru](mailto:info@tornado.nsk.ru)  
[www.tornado.nsk.ru](http://www.tornado.nsk.ru)

**TORNAD**   
MODULAR SYSTEMS