



COMPRESSOR  
CONTROLS  
CORPORATION

# **Модернизация существующих САР на базе Микропроцессорных систем фирмы Compressor Controls Corporation**

**Повышение качества  
и надежности  
энергоснабжения потребителей  
путём реконструкции САР  
энергетических паровых турбин**



**COMPRESSOR  
CONTROLS  
CORPORATION**

# Compressor Controls Corporation



## Подразделение Roper Technologies



**Год основания** : 1974 (46+) лет непрерывного роста

**Миссия** : Взаимодействовать с Заказчиком для поставки продвинутых решений по управлению турбомашинным оборудованием создавая значительную экономическую выгоду

**Годовой оборот** : 150+ миллионов USD

**Сотрудники** : 320 человек по всему миру  
(12) региональных офисов для всеохватывающей поддержки заказчиков

**Потенциал** : Более чем 220 инженеров:  
> 85 инженеров наладчиков  
> 60 проектных инженеров

**Опыт** : Более 37,000+ внедрений систем по всему миру



COMPRESSOR  
CONTROLS  
CORPORATION

# Наш опыт



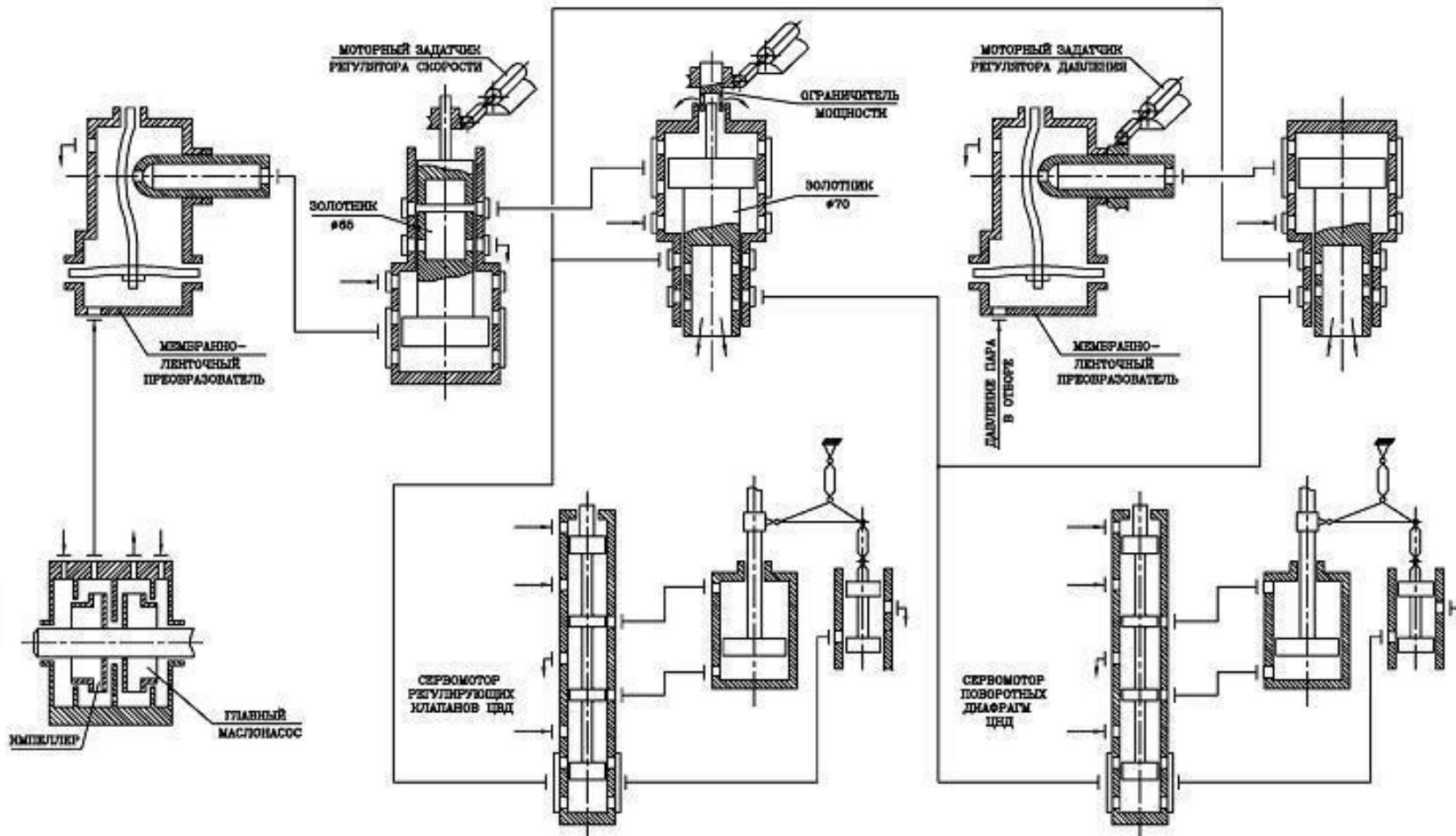
# САР теплофикационных агрегатов

- Особое место в ряду паровых турбин стран СНГ занимают теплофикационные турбины.
- На следующем слайде приведена принципиальная схема САР теплофикационной турбины ТМЗ Т-100-
- САР имеет типичный для турбин этого завода гидродинамический пропорциональный регулятор скорости, получающий входной сигнал от импеллера, и пропорциональный гидромеханический регулятор давления пара в отборе.
- Рабочей жидкостью является масло.
- Рассматриваемая САР осуществляет связанное регулирование частоты и давления пара в отборе.
- Каждый из золотников этих регуляторов сливает одновременно масло из двух проточных линий, управляющих отсечными золотниками двусторонних сервомоторов клапанов свежего пара (клапаны ЦВД) и двух поворотных диафрагм ЦНД.





# САР теплофикационной турбины Т-100-130 АО ТМЗ до модернизации ССС



## САР теплофикационных агрегатов

- Типичные недостатки гидромеханических САР - низкая точность регулирования, зависимость от качества масла и его вязкости, невозможность автоматизировать последовательности пуска/останова и т.п.
- Обеспеченная золотниками регуляторов жёсткая связь между перемещениями регулирующих клапанов и поворотных диафрагм на тех турбинах, на которых САР выполнена связанной, отсутствие динамической коррекции связей и их статической коррекции по давлениям свежего пара, в отборе и за ЦНД (по вакууму в конденсаторе), а при необходимости и по температуре свежего пара, может приводить к неустойчивости регулирования.
- Жесткость существующих ограничений, т.е. отсутствие динамической коррекции ограничений и статической их коррекции по давлениям свежего пара, в отборе и за ЦНД (по вакууму в конденсаторе), а при необходимости и по температуре свежего пара, может приводить к недовыработке электроэнергии и к опасным режимам турбин.

## САР теплофикационных агрегатов

- В случае управления поворотными диафрагмами от индивидуальных сервомоторов, не обеспечивается выполнение алгоритма сначала последовательного, а затем параллельного открытия диафрагм, что на частичных нагрузках снижает КПД турбины и увеличивает выпадение капельной влаги и, как следствие, усиливает эрозию проточной части ЦНД.
- При сбросе нагрузки с генератора как с отборного, так и с конденсационного режима возможно существенное повышение частоты вращения, снижающее ресурс ротора турбины.

## САР теплофикационных агрегатов

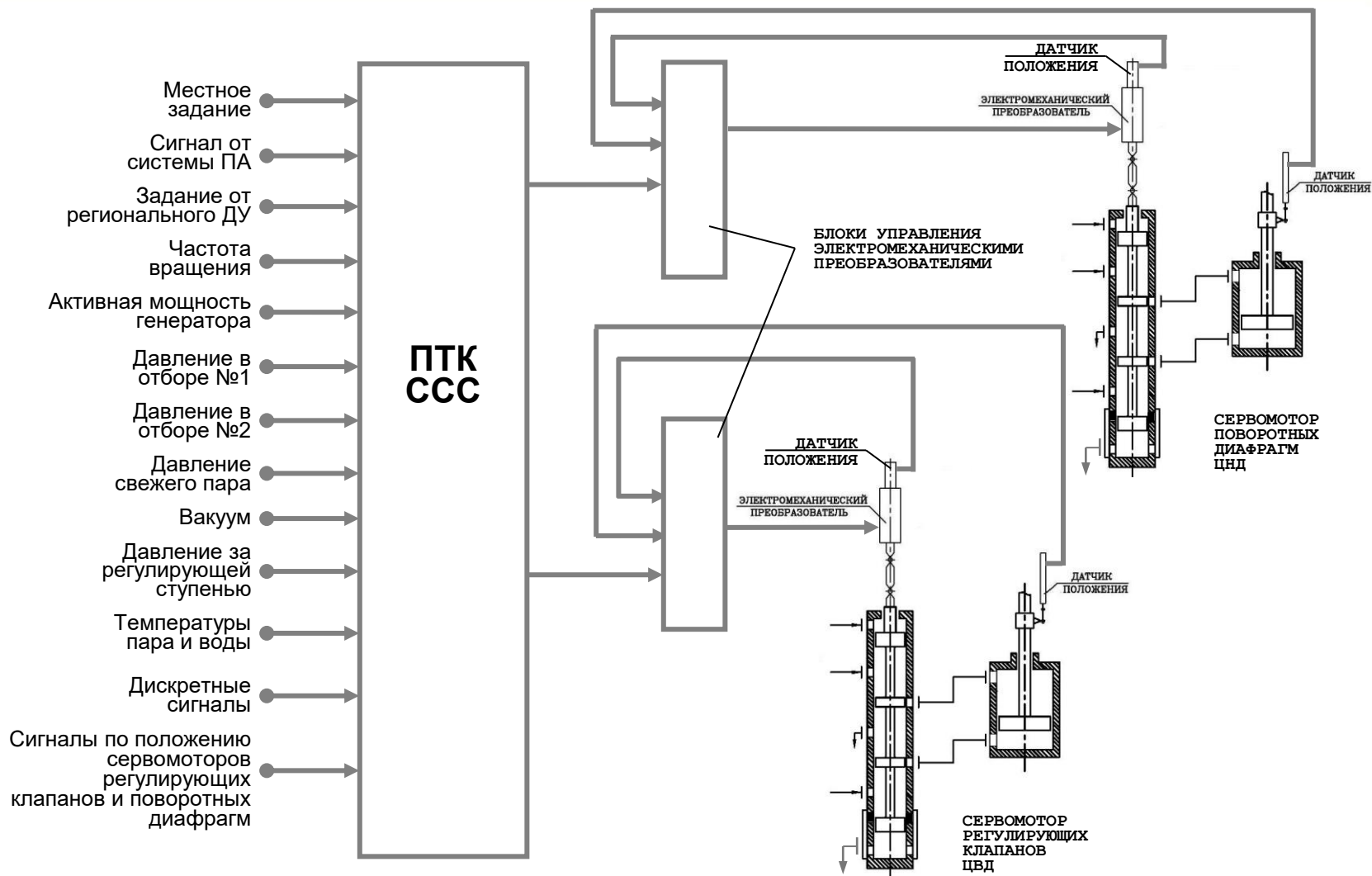
- Причиной этого является статизм регулятора частоты вращения и его программа открытия регулирующих клапанов ЦВД, поворотных диафрагм ЦНД и регулирующих клапанов ЦСД (турбина Т-250/300-240), несмотря на "разделение характеристик" (начиная с  $n=3050$  об/мин неравномерность регулятора частоты вращения резко снижается).
- Отсутствие возможности присвоения приоритетов ограничениям, которая позволяет в режиме отбора (в зависимости от требований энергосистемы) поддерживать частоту в энергосистеме за счет снижения расхода в отбор.





COMPRESSOR  
CONTROLS  
CORPORATION

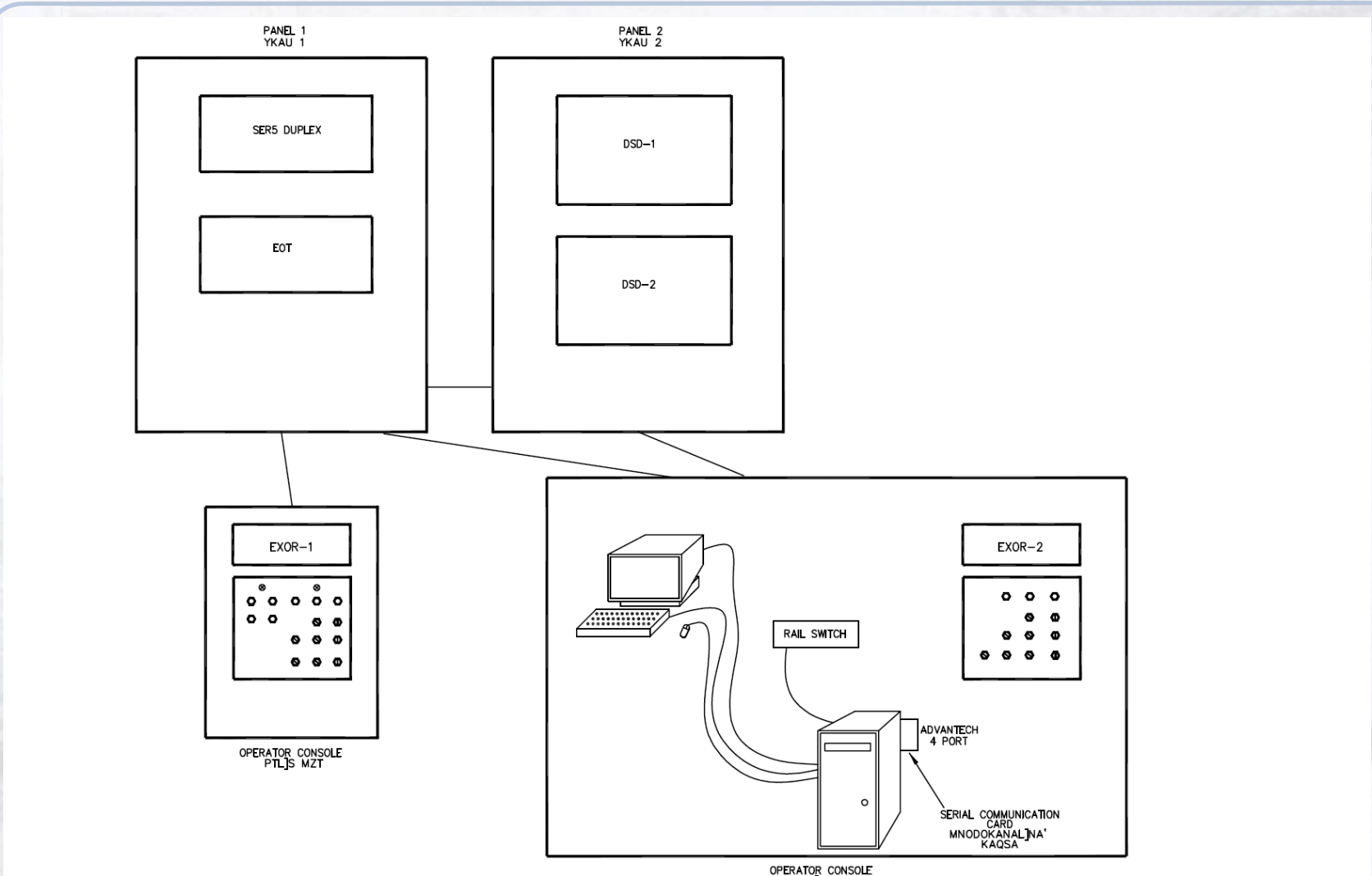
# САР теплофикационных агрегатов





COMPRESSOR  
CONTROLS  
CORPORATION

# Схема сетевой архитектуры системы



## САР теплофикационных агрегатов

- В реконструированной САР за счет алгоритмической гибкости обеспечивается:
  - Конфигурирование САР как связанной или как частично связанной, в которой регулятор частоты вращения воздействует на сервомоторы как регулирующих клапанов ЦВД, так и поворотных диафрагм ЦНД, а регулятор давления только на сервомоторы регулирующих клапанов ЦВД или поворотных диафрагм ЦНД.
  - Конфигурирование САР как несвязанной, в которой каждый регулятор воздействует только на один из рядов парораспределения, а регулятор частоты вращения, управляющий регулируемыми клапанами ЦВД, прикрывает поворотные диафрагмы ЦНД только выше заданной частоты вращения.
  - Управление каждой поворотной диафрагмы ЦНД от индивидуального сервомотора, которое обеспечивает сначала последовательное, а затем переход на параллельное открытие поворотных диафрагм ЦНД, что на частичных нагрузках обеспечивает повышение КПД турбины (Т-250/300-240 на 2.5%) и снижение выпадения капельной влаги, что снижает эрозию лопаточного аппарата и повышает ресурс турбины.

## **Модуль выполняет следующие функции:**

- автоматическое расхаживание сервомоторов с оценкой точности отработки сигнала расхаживания,
- безударное изменение порядка открытия регулирующих клапанов и поворотных диафрагм под нагрузкой без изменения передаточного отношения между выходным сигналом модуля и расходом пара,
- автоматизированную линеаризацию зависимости между выходным сигналом модуля и расходом пара.



# ***Модуль ограничения параметров***

## **Модуль выполняет следующие функции:**

- ПИД-ограничение ряда параметров режима (если они не являются регулируемыми на этом режиме),
- подачу выходных сигналов ПИД-алгоритмов на модуль селектирования минимума для определения допустимого открытия сервомоторов регулирующих клапанов ЦВД и поворотных диафрагм ЦНД.

## **Модуль селектирования минимума**

- Модуль селектирования минимума осуществляет выбор минимальных сигналов для управления регулируемыми клапанами и поворотными диафрагмами из сигналов, поступающих с модулей регулирования и ограничения.

# ***Модуль выбора типа взаимодействия каналов и автоматической коррекции коэффициентов передачи***

## **Модуль выполняет следующие функции:**

- формирование связей между модулями регулирования и сервомоторами при конфигурации связанной, частично связанной и несвязанной САР,
- коррекцию коэффициентов передачи связанной и частично связанной САР по параметрам режима, в частности, по давлению в отборе (для уменьшения изменения неравномерности регулирования частоты вращения одна из связей корректируется также по вакууму).



COMPRESSOR  
CONTROLS  
CORPORATION

# Модуль регулирования частоты вращения

Модуль регулирования частоты вращения выполняет следующие функции:

- пропорциональное и пропорционально-дифференциальное регулирование частоты вращения по заданию модулей выбора и поддержания режимов и экстренного снижения/повышения мощности;
- отработка сигналов Системы Противоаварийной Автоматики на экстренное снижение либо повышение мощности турбины;
- компенсация инерции промперегрева путем уменьшения начальной неравномерности регулирования со снятием избыточного сигнала по соответствующему изменению давления в промперегреве (при необходимости);
- использование несимметричного воздействия по производной частоты вращения для предотвращения сползания средней мощности турбины в процессе синхронных качаний генератора (при необходимости);
- формирование программируемой степени нечувствительности частоты вращения;
- формирование программируемой степени неравномерности регулирования частоты вращения;
- формирование выходного сигнала для управления сервомоторами регулирующих клапанов ЦВД;
- формирование выходного сигнала для управления сервомотором (сервомоторами) поворотных диафрагм ЦНД, если САР конфигурируется как связанная (и поворотные диафрагмы оснащены индивидуальными сервомоторами);
- ввод ограничений по величине и скорости открытия регулирующих клапанов ЦВД.



# Модуль выбора и поддержания режима

## Модуль выбора и поддержания режима выполняет следующие функции:

- Выбор регулируемого параметра по команде Диспетчера Регионального АО-Энерго (Оператора ТЭЦ) из следующих параметров:
  - активная мощность с коррекцией по частоте вращения,
  - давление свежего пара с коррекцией по частоте вращения,
  - положение сервомоторов ЦВД с коррекцией по частоте вращения,
  - давление в отборе (в режиме "противодавления"),
  - частоты вращения на пусковых режимах и на холостом ходу;
  - температуры прямой сетевой воды,
  - тепловой нагрузки по сетевой воде (произведение расхода сетевой воды на удельную теплоемкость и разность температур прямой и обратной воды),
  - температуры подпиточной воды,
  - тепловой нагрузки по подпиточной воде (произведение расхода подпиточной воды на удельную теплоемкость и разность температур холодной и подогретой подпиточной воды), если необходимо,
  - положение сервомотора (сервомоторов) поворотных диафрагм ЦНД,
  - Для регулирования каждого из этих параметров предусмотрен функциональный модуль ПИД-регулирования, выходной сигнал которого является заданием для функциональных модулей регулирования частоты вращения и параметра отбора.





COMPRESSOR  
CONTROLS  
CORPORATION

# Модуль регулирования параметра отбора

## Модуль регулирования параметра отбора выполняет следующие функции:

- регулирование давления в отборе №1 либо №2 с безударным переходом с одного давления на другое по команде Оператора (если необходимо);
- автоматическое регулирование расхода в отбор там, где он вычисляется;
- регулирование давления или расхода в двух отборах (производственном и отопительном), если турбина выполнена с двумя регулируемыми отборами;
- экстренный переход из режима работы с отбором (либо из режима "противодавления") на конденсационный режим по команде модуля экстренного снижения/повышения мощности турбины;
- использование выходного сигнала для управления сервомотором поворотных диафрагм ЦНД или двумя индивидуальными сервомоторами поворотных диафрагм, если каждая диафрагма управляется индивидуальным сервомотором;
  - формирование сигнала на управление сервомоторами ЦВД в режиме связанного регулирования;
  - быстрый перевод турбины из отборного режима в конденсационный по команде Системы Противоаварийной Автоматики;
  - ввод ограничения на величину и скорость открытия поворотных диафрагм.

# Модуль экстренного снижения/повышения мощности

Модуль экстренного снижения/повышения мощности выполняет следующие функции:

- **Выявление необходимости экстренного снижения мощности турбины по одному или ряду из следующих признаков:**
  - отключение масляного выключателя генератора,
  - повышение частоты вращения до заданного значения,
  - повышение суммы частоты вращения и скорости ее повышения до заданного значения,
  - скорость снижения выходного сигнала датчика активной мощности достигла заданного значения,
  - разность между давлением в промперегреве и активной мощностью достигла заданного значения.
- **Подача команды на экстренное снижение мощности турбины при выявленной необходимости.**
- **Снятие команды на экстренное снижение мощности турбины по одному из следующих признаков:**
  - снятие сигнала об отключении масляного выключателя генератора по сигналу включения масляного выключателя генератора,
  - снятие сигнала о повышении частоты вращения по команде Оператора (Диспетчера),
  - снятие остальных сигналов автоматически по заданной функции времени либо после заданной выдержки времени (в зависимости от конфигурации).
- **Выявление необходимости экстренного повышения мощности турбины по заданному снижению частоты вращения,**
- **Экстренное повышение мощности турбины подачей команды на экстренный перевод турбины из отборного режима в конденсационный, если снижение частоты вращения достигло заданного значения.**
- **Возвращения турбины из конденсационного режима в отборный по команде Оператора.**

# Троированный микропроцессорный автомат безопасности фирмы ССС

- ССС поставляет троированный микропроцессорный автомат безопасности, обеспечивающий возможность проверки настройки и испытаний всей цепи противоразгонной защиты на остановленной турбине и на холостом ходу без повышения частоты вращения.
- На агрегате, работающем под нагрузкой, обеспечивается проверка настройки микропроцессорного автомата безопасности, а также частичное испытание противоразгонной защиты с частичным сбросом паровой мощности, если гидравлическая часть САР это позволяет.
- Общий вид троированного микропроцессорного автомата безопасности фирмы ССС показан ниже.





# САР ССС для энергетических газовых турбин

- САР ССС являются унифицированными в части использования той же элементной базы, что и для энергетических паровых турбин;
- САР ССС обеспечивает работу газовой турбины как на газообразном, так и на жидком топливе, а также безударный переход под нагрузкой с одного топлива на другое;
- Обеспечивается регулирование ГТУ с низкоэмиссионными камерами сгорания за счет управления несколькими топливными регулирующими клапанами;
- Фирма поставляет в составе САР топливные регулирующие клапана, учитывающие особенности автоматизируемого агрегата;
- САР ССС установлены на энергетических газовых турбинах:
  - **ГТЭ-1500, 1,5 МВт**, Роскортурбо - газообразное и жидкое топливо;
  - **ЭГ-6000, 6 МВт**, НПП "Машпроект", Николаев - газообразное топливо;
  - **ГТЭ-15, 16 МВт**, "Зоря", Николаев - жидкое топливо;
  - **Энергоблок ГТУ-89, 20 МВт**, "Гранит", Москва - газообразное топливо;
  - **GT-10, 20 МВт**, Alsthom-ABB, Швеция - газообразное и жидкое топливо;
  - **LM 2500, 25 МВт**, Дженерал Электрик, США - газообразное и жидкое топливо;
  - **251 В, 25 МВт**, Вестингауз, США - газообразное и жидкое топливо;
  - **ГТД-110, 110 МВт**, НПП "Машпроект", Николаев - газообразное топливо (предусмотрен переход на жидкое топливо).



Типовым решением фирмы ССС при модернизации гидромеханических САР паровых турбин является применение электромеханических преобразователей (ЭМП) для позиционирования отсечных золотников сервомоторов. Применение ЭМП с микропроцессорным блоком управления позволило фирме ССС вместо традиционного принципа силового равновесия отсечных золотников применить принцип позиционирования, который обеспечивает приложение к отсечному золотнику максимального усилия (150-250 кгс) независимо от величины управляющего сигнала. Это усилие существенно превышает силы сопротивления в отсечном золотнике. ЭМП позволяют обеспечить время перемещения на 25 мм за 0,06-0,1 сек.

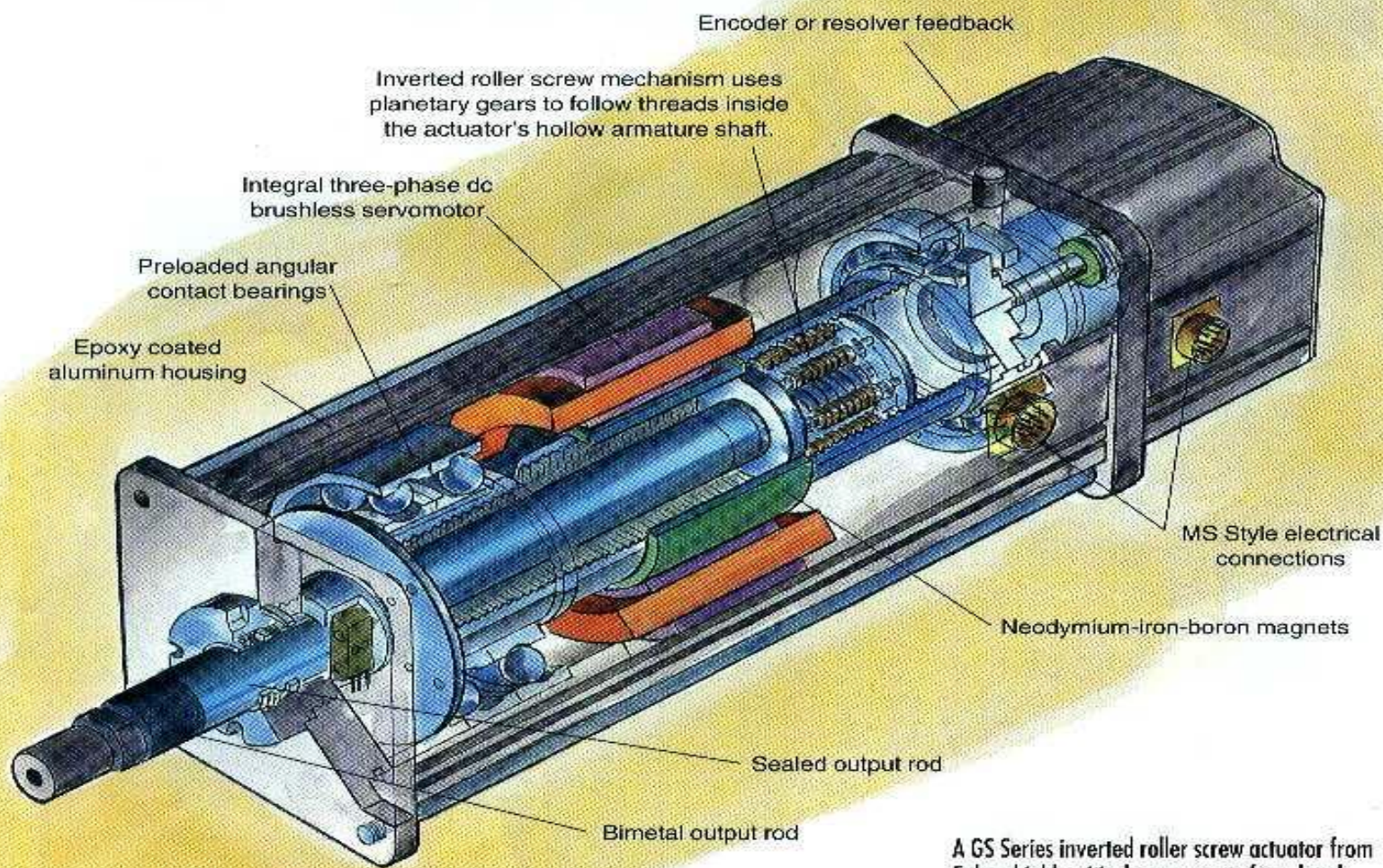
Применение микропроцессорного регулирования на базе современных программно-технических средств (ПТС) и прямое соединение ЭМП с отсечными золотниками позволяет существенно упростить гидромеханическую часть САР. Ликвидируются все проточные управляющие линии, регулятор скорости, промежуточные золотники, подвижные буксы, дифференциальные поршни, настроечные дроссели и т.д.

Комплекс оборудования и услуг по механической модернизации турбины включает проект, комплект деталей и строительно-монтажные работы с целью демонтажа исключаемых элементов гидромеханической системы регулирования и защиты; установки ЭМП на отсечные золотники сервомоторов регулирующего парового клапана и клапана пароотбора; установки индукционных датчиков частоты вращения.





COMPRESSOR  
CONTROLS  
CORPORATION



A GS Series inverted roller screw actuator from Exlar shields critical components from harsh environments.

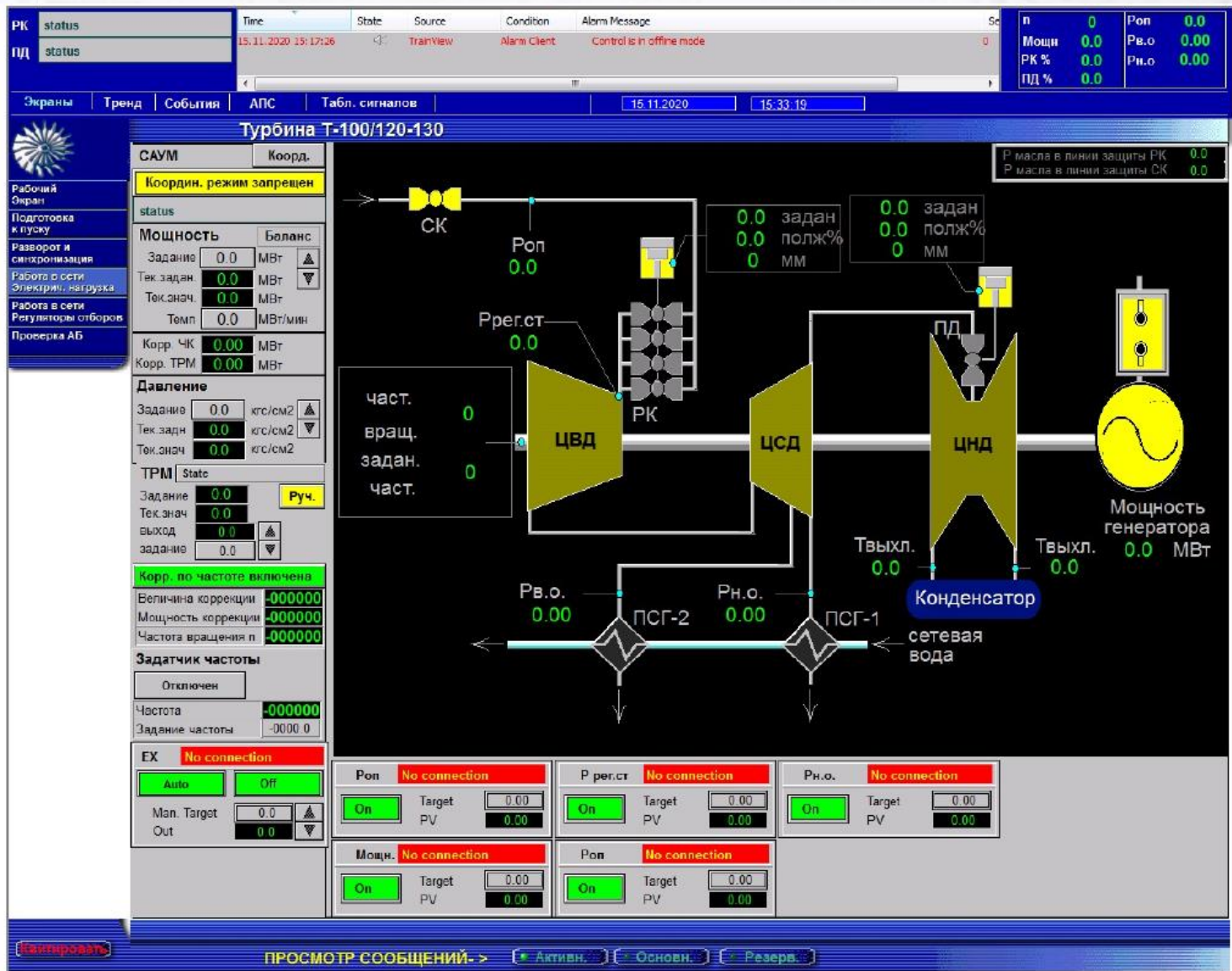






COMPRESSOR  
CONTROLS  
CORPORATION

# Интерфейс управления







COMPRESSOR  
CONTROLS  
CORPORATION

# Интерфейс управления





**COMPRESSOR  
CONTROLS  
CORPORATION**

# Опыт Модернизации Генераторных Турбин и Приводных Турбин Питательных Насосов

| №  | ОБЪЕКТ                                                         | ТИП ТУРБИНЫ                            |
|----|----------------------------------------------------------------|----------------------------------------|
| 1  | Корпорация ЕЭК, Аксуйская электростанция, блок № 6, Казахстан. | Паровая турбина К-300-240 (Турбоатом)  |
| 2  | Электростанция «Марица-Восток 2 ТРР», Болгария                 | Паровая турбина К-215-130 (ЛМЗ)        |
| 3  | Норильскэнерго, ТЭЦ-3                                          | Паровая турбина Т-120-130 (ТМЗ)        |
| 4  | Мосэнерго, ТЭЦ-23.                                             | Паровая турбина Т-250-240 (ТМЗ)        |
| 5  | Электростанция «Марица-Восток 2 ТРР», Болгария                 | Паровая турбина К-215-130 (ЛМЗ)        |
| 6  | Корпорация ЕЭК, Аксуйская электростанция, блок №4, Казахстан   | Паровая турбина К-310-23,5 (Турбоатом) |
| 7  | Корпорация ЕЭК, Аксуйская электростанция, Казахстан.           | Паровая турбина Р-11-15/3П (КТЗ)       |
| 8  | Норильскэнерго, ТЭЦ-3                                          | Паровая турбина Т-120-130 (ТМЗ)        |
| 9  | Норильскэнерго, ТЭЦ-2                                          | Паровая турбина Т-120-130 (ТМЗ)        |
| 10 | Мосэнерго, ТЭЦ-23                                              | Паровая турбина Т-250-240 (ТМЗ)        |
| 11 | Мосэнерго, ТЭЦ-22                                              | Паровая турбина Т-250-240 (ТМЗ)        |
| 12 | Мосэнерго, Каширская ГРЭС                                      | Паровая турбина К-300-240 (ЛМЗ)        |
| 13 | Тюменьэнерго, Сургутская ГРЭС-2                                | Паровая турбина К-800-240. (ЛМЗ)       |
| 14 | Тюменьэнерго, Сургутская ГРЭС-2                                | Паровая турбина К-17-15П. (КТЗ)        |
| 15 | Тюменьэнерго, Сургутская ГРЭС-2                                | Паровая турбина К-17-15П. (КТЗ)        |
| 16 | Березовская ГРЭС, Белоруссия                                   | Паровая турбина                        |



COMPRESSOR  
CONTROLS  
CORPORATION

# Опыт Модернизации Генераторных Турбин и Приводных Турбин Питательных Насосов

|    |                                                              |                                       |
|----|--------------------------------------------------------------|---------------------------------------|
|    |                                                              | К-160-130 (Турбоатом)                 |
| 17 | Мосэнерго, ТЭЦ-23                                            | Паровая турбина Т-250-240 (ТМЗ)       |
| 18 | Мосэнерго, Каширская ГРЭС                                    | Паровая турбина К-300-240 (ЛМЗ)       |
| 19 | Тюменьэнерго, Сургутская ГРЭС-2                              | Паровая турбина К-800-240 (ЛМЗ)       |
| 20 | Тюменьэнерго, Сургутская ГРЭС-2                              | Паровая турбина К-800-240 (ЛМЗ)       |
| 21 | Тюменьэнерго, Сургутская ГРЭС-2                              | Паровая турбина К-17-15П. (КТЗ)       |
| 22 | Тюменьэнерго, Сургутская ГРЭС-2                              | Паровая турбина К-17-15П. (КТЗ)       |
| 23 | Тюменьэнерго, Сургутская ГРЭС-2                              | Паровая турбина К-17-15П. (КТЗ)       |
| 24 | Тюменьэнерго, Сургутская ГРЭС-2                              | Паровая турбина К-17-15П. (КТЗ)       |
| 25 | Тюменьэнерго, Сургутская ГРЭС-1                              | Паровая турбина К-210-130 (ЛМЗ)       |
| 26 | Тюменьэнерго, Сургутская ГРЭС-1                              | Паровая турбина К-210-130 (ЛМЗ)       |
| 27 | Сочинская ТЭЦ                                                | Паровая турбина Т-10/11-5,2/0,2 (КТЗ) |
| 28 | Сочинская ТЭЦ                                                | Паровая турбина Т-10/11-5,2/0,2 (КТЗ) |
| 29 | Березовская ГРЭС, Белоруссия                                 | Паровая турбина К-160-130 (Турбоатом) |
| 30 | Березовская ГРЭС, Белоруссия                                 | Паровая турбина К-160-130 (Турбоатом) |
| 31 | Корпорация ЕЭК, Аксуйская электростанция, блок №8, Казахстан | Паровая турбина К-300-240 (Турбоатом) |
| 32 | Мажекяйская электростанция, Литва                            | Паровая турбина ПТ-80 (ЛМЗ)           |
| 33 | Конаковская ГРЭС                                             | Паровая турбина К-300-240 (ЛМЗ)       |
| 34 | Тюменьэнерго, Сургутская ГРЭС-2                              | Паровая турбина К-800-240 (ЛМЗ)       |
| 35 | Тюменьэнерго, Сургутская ГРЭС-2                              | Паровая турбина К-17-15П. (КТЗ)       |
| 36 | Тюменьэнерго, Сургутская ГРЭС-2                              | Паровая турбина                       |



# Опыт Модернизации Генераторных Турбин и Приводных Турбин Питательных Насосов

|    |                                    |                                           |
|----|------------------------------------|-------------------------------------------|
|    |                                    | К-17-15П. (КТЗ)                           |
| 37 | Тюменьэнерго, Сургутская ГРЭС-1    | Паровая турбина<br>К-210-130 (ЛМЗ)        |
| 38 | Тюменьэнерго, Сургутская ГРЭС-1    | Паровая турбина<br>К-210-130 (ЛМЗ)        |
| 39 | Тюменьэнерго, Сургутская ГРЭС-1    | Паровая турбина<br>К-210-130 (ЛМЗ)        |
| 40 | Тюменьэнерго, Сургутская ГРЭС-1    | Паровая турбина<br>К-210-130 (ЛМЗ)        |
| 41 | Тюменьэнерго, Нижневартовская ГРЭС | Паровая турбина<br>К-800-240. (ЛМЗ)       |
| 42 | Тюменьэнерго, Нижневартовская ГРЭС | Паровая турбина<br>К-17-15П. (КТЗ)        |
| 43 | Тюменьэнерго, Нижневартовская ГРЭС | Паровая турбина<br>К-17-15П. (КТЗ)        |
| 44 | Мажекяйская электростанция, Литва  | Паровая турбина<br>ПТ-80 (ЛМЗ)            |
| 45 | Новочеркасская ГРЭС                | Паровая турбина<br>К-310-23,5 (Турбоатом) |
| 46 | Каунасская ТЭЦ                     | Паровая турбина<br>Т-110-130 (ТМЗ)        |
| 47 | Конаковская ГРЭС                   | Паровая турбина<br>К-300-240 (ЛМЗ)        |
| 48 | Конаковская ГРЭС                   | Паровая турбина<br>ОР-12П (КТЗ)           |
| 49 | Березовская ГРЭС, Белоруссия       | Паровая турбина<br>К-160-130 (Турбоатом)  |
| 50 | Мосэнерго, ТЭЦ-23                  | Паровая турбина<br>Т-250-240 (ТМЗ)        |
| 51 | Новочеркасская ГРЭС                | Паровая турбина<br>К-300 (Турбоатом)      |
| 52 | Каунасская ТЭЦ                     | Паровая турбина<br>ПТ-60 (ЛМЗ)            |
| 53 | ОГК-5, Конаковская ГРЭС            | Паровая турбина<br>К-300-240 (ЛМЗ)        |
| 54 | ОГК-5, Конаковская ГРЭС            | Паровая турбина<br>ОР-12П (КТЗ)           |
| 55 | Молдавская ГРЭС                    | Паровая турбина<br>К-210-130 (ЛМЗ)        |
| 56 | Молдавская ГРЭС                    | Газовая турбины                           |



COMPRESSOR  
CONTROLS  
CORPORATION

# Опыт Модернизации Генераторных Турбин и Приводных Турбин Питательных Насосов

|    |                                                  |                                                |
|----|--------------------------------------------------|------------------------------------------------|
|    |                                                  | ГТ-35-770 (Турбоатом)                          |
| 57 | Молдавская ГРЭС                                  | Газовая турбины<br>ГТ-35-770 (Турбоатом)       |
| 58 | ОГК-4, Сургутская ГРЭС-2                         | Паровая турбина<br>К-800-240 (ЛМЗ)             |
| 59 | ОГК-4, Сургутская ГРЭС-2                         | Паровая турбина<br>К-17-15П. (КТЗ)             |
| 60 | ОГК-4, Сургутская ГРЭС-2                         | Паровая турбина<br>К-17-15П. (КТЗ)             |
| 61 | Молдавская ГРЭС                                  | Паровая турбина<br>К-210-130 (ЛМЗ)             |
| 62 | Лукомльская ГРЭС, Белоруссия                     | Паровая турбина<br>К-300-240 (ЛМЗ)             |
| 63 | Целлюлозный комбинат «Свилоцел» ЕАД,<br>Болгария | Паровая турбина<br>ПР-8,8-4,1/1,1/0,4<br>(КТЗ) |
| 64 | Иркутская ТЭЦ-11                                 | Паровая турбина<br>Т-27-10/1,2<br>(ТМЗ/Комтек) |
| 65 | ОГК-6, Новочеркасская ГРЭС                       | Паровая турбина<br>К-325-23,5 (Турбоатом)      |