

ЭКСПЛУАТАЦИЯ ОБЪЕКТОВ
АТОМНОЙ ОТРАСЛИ
OPERATION OF FACILITIES
NUCLEAR INDUSTRY

<https://doi.org/10.26583/gns-2026-01-08>



УДК 681.5:621.165

EDN VOQUKI


Оригинальная статья / Original paper



Опыт модернизации системы автоматического регулирования
турбины К-1200-6,8/50

В.П. Поваров  , Д.Е. Усачев, А.А. Самодеев

Филиал АО «Концерн Росэнергоатом» «Нововоронежская атомная станция», г. Нововоронеж,
Воронежская обл., Российская Федерация

 nvnpp1@nvnpp1.rosenergoatom.ru

Аннотация. Статья описывает опыт модернизации электрогидравлической системы автоматического регулирования и защиты (САРЗ) турбоустановки К-1200-6.8/50 на энергоблоке №1 Нововоронежской АЭС-2, выполненной в 2025 г. для повышения надежности, быстродействия и точности регулирования, а также для устранения автоколебаний и нестабильных режимов. Области для модернизации проекта САРЗ были выявлены в ходе тщательного анализа результатов выполнения наладочных работ, при которых периодически возникали автоколебания давления управляющего масла. Так, выполнена замена электрогидравлических преобразователей-сумматоров (ЭПП-С) на электромагнитные преобразователи (ЭМП), на маслопроводах установлены самостабилизаторы давления (ССД). Применением шкафов следящих приводов (ШСП) обеспечена двухканальная система управления регулирующими клапанами с возможностью создания и хранения оперативного технологического архива. Применение сервомоторов регулирующих клапанов без механической обратной связи позволило существенно повысить их быстродействие, а применение электромагнитных преобразователей сервомоторов обеспечило повышение наработки на отказ по сравнению с проектными электрогидравлическими преобразователями. Выполненная модернизация позволила упростить конструкцию САРЗ с существенным сокращением гидравлической составляющей процесса регулирования, что привело к снижению вероятности возникновения автоколебаний в системе регулирования. Сокращение объемов трубопроводов и оптимизация сложной гидросхемы привели не только к повышению быстродействия и точности регулирования частоты вращения турбины, но и к снижению эксплуатационных затрат, а также упрощению технического обслуживания и увеличению срока службы турбинного оборудования за счет минимизации механических колебаний и износа деталей. Модернизированная система автоматического регулирования и защиты турбины К-1200-6.8/50 устойчиво выдерживает заданную электрическую нагрузку, надежно обеспечивая возможность ее плавного изменения.

Ключевые слова: турбина, система регулирования и защиты, маслоснабжение, электрогидравлические преобразователи, автоколебания, самостабилизаторы давления


Для цитирования: Поваров В.П., Усачев Д.Е., Самодеев А.А. Опыт модернизации системы автоматического регулирования турбины К-1200-6,8/50. *Глобальная ядерная безопасность*. 2026;16(1):69–77. <https://doi.org/10.26583/gns-2026-01-08>

For citation: Povarov V.P., Usachev D.E., Samodeenko A.A. Experience in upgrading the automatic control system of the K-1200-6.8/50 turbine. *Nuclear Safety*. 2026;16(1):69–77. (In Russ.). <https://doi.org/10.26583/gns-2026-01-08>

Experience in upgrading the automatic control system of the K-1200-6.8/50 turbine

Vladimir P. Povarov  , Dmitry E. Usachev, Alexander A. Samodeenko

Branch of Rosenergoatom Concern JSC, Novovoronezh Nuclear Power Plant, Novovoronezh,
Voronezh region, Russian Federation

 nvnpp1@nvnpp1.rosenergoatom.ru

Abstract. The article describes the experience of modernising the electro-hydraulic automatic control and protection system (ACPS) of the K-1200-6 turbine unit. 8/50 at power unit No. 1 of the Novovoronezh NPP-2, carried out in 2025 to improve reliability, speed and accuracy of control, as well as to eliminate self-oscillations and unstable modes. Areas for modernisation of the ACPS project are identified through a thorough analysis of the results of commissioning work, during which self-oscillations of the control oil pressure periodically occurred. Thus, electro-hydraulic transducers-summatoms (EGP-S) are replaced with electromagnetic transducers (EMP), and pressure self-stabilisers are installed on oil pipelines. The use of servo drive cabinets (SDC) provides a two-channel control system for control valves with the ability to create and store an operational technological archive. The use of servo motors for control valves without mechanical feedback has significantly increased their speed, and the use of electromagnetic servo motor converters has increased the mean time between failures compared to the designed electro-hydraulic converters. The modernisation has simplified the design of the ACPS with a significant reduction in the hydraulic component of the control process, which has led to a decrease in the probability of self-oscillations in the control system. The reduction in the volume of pipelines and the optimisation of the complex hydraulic circuit not only increased the speed and accuracy of turbine speed control, but also reduced operating costs, simplified maintenance and increased the service life of the turbine equipment by minimising mechanical vibrations and wear on parts. The modernised automatic control and protection system of the K-1200-6.8/50 turbine stably withstands the specified electrical load, reliably ensuring the possibility of its smooth change.

Keywords: turbine, control and protection system, oil supply, electro-hydraulic converters, self-oscillation, pressure self-stabilizers

В проекте Нововоронежской АЭС-2 с турбоустановками К-1200-6.8/50 [1] производства АО «Силовые машины» применена электрогидравлическая система автоматического регулирования и защиты турбины (САРЗ).

Целью данной статьи является описание опыта модернизации САРЗ, направленной на повышение надежности, быстродействия и точности системы, а также устранение нестабильных режимов работы турбины энергоблока № 6 Нововоронежской АЭС.

САРЗ структурно состоит из электронной и гидравлической части. Основными компонентами системы являются:

– система маслоснабжения регулирования (МАХ10), включающая ряд устройств для хранения, очистки и подачи огнестойкого масла в пределах данной турбоустановки;

– гидравлическая часть системы регулирования (ГЧСР), включающая электрогидравлические преобразователи – сумматоры (ЭГП-С) (МАХ51-59AS001), сервомоторы регулирующих и стопорных клапанов турбины, сбросных клапанов и клапана греющего пара сепаратора-пароперегревателя (СПП), электромагнитные выключатели (ЭМВ), золотники отключения турбины (ЗОТ), центробежные выключатели – регулятор безопасности (РБ) и устройства для передачи воздействий на исполнительные механизмы системы регулирования;

– электронная часть системы регулирования (турбинный контроллер), реализующая алгоритмы управления регулируемыми и сбросными клапанами турбины во всех режимах.

Подача огнестойкой жидкости к узлам системы регулирования осуществляется маслонасосом системы регулирования (МНР) по двум напорным коллекторам – стабилизированного и нестабилизированного давления. К коллектору нестабилизированного давления подключены два гидроаккумулятора, предотвращающих снижение давления при кратковременном исчезновении электрического тока. Конструкция узлов защиты турбины позволяет проводить испытания при работе турбины без увеличения частоты вращения. Это достигается с помощью золотника подачи масла (ЗПМ), который направляет масло на бойки регулятора безопасности (РБ) после предварительного вывода рычага регулятора безопасности (РРБ) из зоны воздействия бойка. При этом полностью сохраняется работоспособность второго бойка автомата безопасности турбины.

ЭГП-С [2] предназначены для индивидуального управления сервомоторами регулирующих клапанов. Особенностью системы регулирования турбоустановки К-1200-6,8/50 является реализация обратной связи по управляющим давлениям [3]. САРЗ в со-

ответствии с алгоритмами, заложенными в турбинном контроллере, обеспечивает следующие основные функциональные возможности и характеристики:

- автоматическое поддержание частоты вращения ротора и точное регулирование электрической мощности в соответствии со статической характеристикой и заданием, получаемым из системы автоматического управления энергоблока или от оператора при работе генератора, как в сети, так и на изолированную нагрузку;

- участие в нормированном первичном регулировании частоты и в общем первичном регулировании частоты сети, согласно требованиям директивных документов энергосистемы;

- поддержание заданного давления пара перед турбиной или заданного положения регулирующих клапанов;

- предотвращение недопустимого повышения частоты вращения ротора турбины при сбросах нагрузки с отключением и без отключения генератора от сети и работоспособность турбины в режиме нагрузки собственных нужд и холостого хода;

- защита турбины путем прекращения подачи в нее пара в случае возникновения недопустимых режимов работы (падения давления масла в системе смазки, повышения давления в конденсаторе, осевого сдвига ротора и т.д.);

- возможность изменения нагрузки и синхронизации генератора при любой допустимой частоте в энергосистеме;

- быстрая кратковременная разгрузка турбины и длительное ограничение мощности по сигналам устройств противоаварийной автоматики энергосистемы.

Турбина К-1200-6.8/50 имеет дроссельное парораспределение. Свежий пар подводится к турбине через четыре блока клапанов цилиндра высокого давления (ЦВД), каждый из которых состоит из одного стопорного клапана (СК) поворотного типа и одного регулирующего клапана (РК), которые конструктивно объединены в паровой блок вы-

сокого давления (БПВД). После ЦВД пар направляется в СПП, а затем подводится к цилиндрам низкого давления (ЦНД) через четыре блока клапанов низкого давления (БПНД), каждый из которых состоит из одного стопорного и одного регулирующего клапана поворотного типа. Для регулирования температуры пара после СПП на трубопроводе из линии свежего пара установлен регулирующий клапан греющего пара (РК ГП), который управляет расходом греющего пара, идущего на все четыре СПП. Из линий до СПП в конденсатор идут трубопроводы с установленными на них сбросными клапанами. Стопорные, регулирующие клапаны турбины и клапан греющего пара СПП управляются индивидуальными пружинно-гидравлическими сервомоторами (СМ), открываются под действием давления масла на поршень сервомотора, а закрываются под действием пружин сервомотора. Сбросные клапаны СПП также управляются пружинно-гидравлическими сервомоторами, но закрываются давлением масла, а открываются пружинами. Управление сервомоторами РК турбины, РК ГП и сбросных клапанов осуществляется от ЭГП-С, формирующих выходное управляющее давление к сервомоторам, которое пропорционально управляющему электрическому сигналу от электронной части системы регулирования (ЭЧСР). Для управления каждым сервомотором регулирующего клапана (РК) турбины (четыре РК высокого давления (ВД), четыре РК низкого давления (НД) и РК греющего пара (ГП) установлены индивидуальные электрогидравлические преобразователи-сумматоры (ЭГП-С). Управление турбиной при пуске, синхронизации и работе генератора в сети или на изолированную нагрузку осуществляется воздействием электрических сигналов от ЭЧСР на ЭГП-С, формирующих давление управляющей жидкости к сервомоторам РК турбины и РК ГП.

Принципиальная схема системы регулирования представлена на рисунке 1.

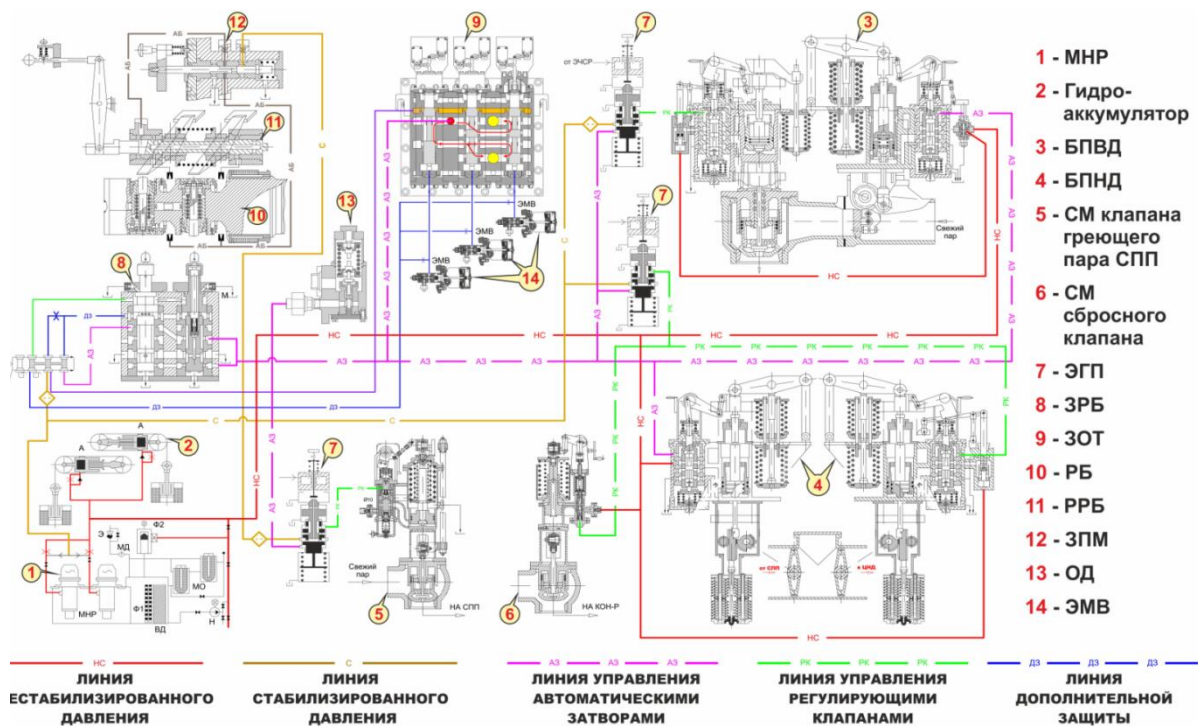


Рисунок 1. Принципиальная схема системы регулирования
Figure 1. Schematic diagram of the control system

Проектная электрогидравлическая САРЗ турбины К-1200-6,8/50 характеризуется высокой конструктивной сложностью, ограниченной стабильностью и точностью регулирования, а также повышенными требованиями к техническому обслуживанию. Система использует гидравлические усилители и сложные гидросхемы, нуждающиеся в значительном объеме огнестойкого масла и квалифицированном обслуживании. Гидравлические усилители вызывают колебания штоков сервомоторов и резонансные эффекты, что ускоряет износ механических деталей и снижает ресурс элементов парораспределения. Отсутствие самостабилизаторов давления на маслопроводах приводит к нестабильности давления, вибрациям и увеличению риска протечек. Электрогидравлические преобразователи обладают ограниченной чувствительностью и низкой адаптивностью, уступая по быстродействию и надежности современным электромагнитным аналогам. Такая система требует частого обслуживания, сложна в ремонте и модернизации, что должно ограничивать ее применение в современных высокомоощных турбинных установках.

Опыт наладочных работ системы регулирования показал, что основными элемента-

ми, требующими значительного времени на настройку, являются блок регулирования и ЭГП-С [4]. В процессе эксплуатации в системе регулирования турбоустановки К-1200-6,8/50 периодически возникали автоколебания давления управляющего масла. Система регулирования является замкнутой системой, одной из особенностей которой является склонность к неустойчивости. Автоколебательная система [5] – это система, способная генерировать незатухающие колебания, которая включает источник энергии, клапан, регулирующий поступление энергии в колебательную систему, и обратную связь от колебательной системы на клапан. В отличие от собственных и вынужденных колебаний, амплитуда и частота автоколебаний определяются внутренними свойствами самой системы.

Причинами автоколебаний может служить:

- недостаточная демпфирующая способность системы;
- наличие вибрации отдельных частей системы, способствующей износу деталей;
- наличие повышенного трения в элементах системы, таких как промежуточные усилители, золотники сервомоторов.

С целью повышения надежности работы

САРЗ, исключения нестабильных режимов работы на энергоблоке №1 Нововоронежской АЭС-2 выполнена модернизация САРЗ с заменой ЭПП-С на электромагнитные преобразователи (ЭМП) с установкой самостабилизаторов давления на маслопроводах перед регулирующими клапанами.

В результате модернизации сервомоторы РК ВД, РК НД и РК греющего пара СПП выполнены без механической обратной связи. Для управления сервомоторами на их золотниковой части установлены ЭМП, которые управляют перемещением подвижных буск золотниковой части сервомоторов в соответствии с сигналами ЭЧСР.

ЭМП предназначен для преобразования электрических управляющих сигналов, в перемещение выходного штока. Каждый ЭМП управляет положением одного сервомотора РК. Соединение подвижных буск сервомоторов РК НД и РК ГП со штоками ЭМП осуществляется через узел стыковочный (УС) для компенсации несоосности между осью штока ЭМП и осью подвижной буски сервопривода. Подвижные буски сервомоторов РК ВД соединяются через модуль форсированного закрытия (МФЗ). МФЗ обеспечивают автоматическое закрытие РК ВД при неисправностях, препятствующих управлению ЭМП, или при обесточивании.

Достигнуто следующее быстродействие сервомоторов:

- собственное время сервомоторов РК ВД на закрытие (при форсированном воздействии) – не более 0,25 с;

- полное время сервомоторов РК ВД на закрытие (с учетом задержек в ГЧСРиЗ и ЭЧСР; при форсированном воздействии) – не более 0,35 с;

- собственное время сервомоторов РК НД на закрытие (при форсированном воздействии) – не более 0,8 с;

- полное время сервомоторов РК НД на закрытие (с учетом задержек в ГЧСРиЗ и ЭЧСР; при форсированном воздействии) – не более 0,9 с.

ЭМП имеет два электрических канала, каждый из которых включает в себя статор и энкодер. Средняя наработка на отказ ЭМП составляет 100000 ч.

Внешний вид ЭМП, МФЗ приведены на

рисунке 2. Внешний вид ЭМП в сборе с установленным кронштейном теплового экрана и МФЗ представлен на рисунке 3.

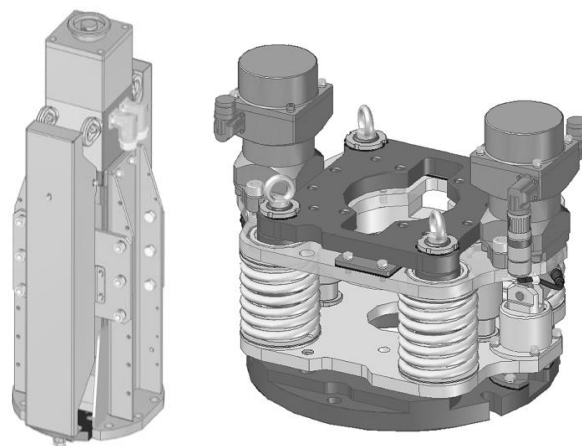


Рисунок 2. Внешний вид ЭМП, МФЗ
Figure 2. Appearance of electromagnetic transducers

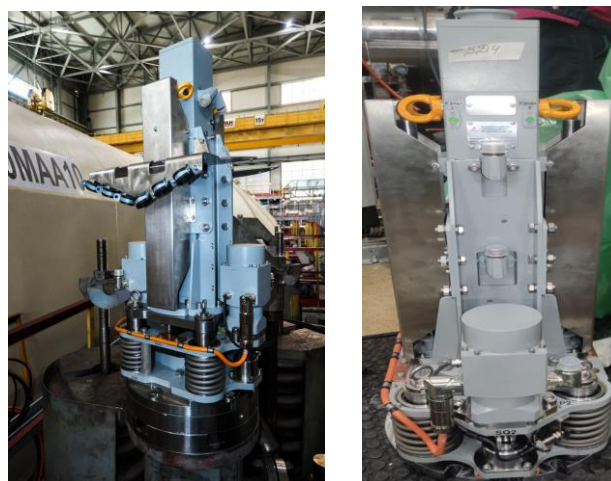


Рисунок 3. Общий вид ЭМП в сборе
Figure 3. General view of the assembled electromagnetic transducers

После выполнения модернизации САРЗ демонтирована линия обратной связи, а также механизм расхаживания и золотник ограничителя расхода на РК ВД. Управление РК ВД, синхронизация и изменение нагрузки осуществляются управляющими токовыми сигналами турбинного контроллера на ЭМП, перемещающими подвижную буску отсечных золотников сервомотора. Нулевой электрический сигнал от турбинного контроллера соответствует полностью закрытым РК ВД, РК НД.

Для управления ЭМП и МФЗ, а также для осуществления взаимодействия с ЭЧСР применяются шкафы следящих приводов (ШСП). ШСП обеспечивает прием и обра-

ботку:

- управляющих сигналов от ПТК ЭЧСР;
- сигналов положения штока ЭМП и положения сервомоторов регулирующих клапанов;
- реализацию алгоритмов позиционеров РК (индивидуальных регуляторов положения РК) и штока ЭМП по положению подвижной буксы сервомотора;
- формирование управляющих воздействий на ЭМП;
- формирование управляющих воздействий на МФЗ;
- диагностирование собственных технических средств;
- регистрацию и архивирование техноло-

гических параметров работы ШСП, ЭМП и МФ.

Для управления регулирующими клапанами турбинным контроллером подается сигнал на ШСП, после обработки сигнала в ШСП сигнал перенаправляется на ЭМП, после чего ЭМП воздействует на подвижную буксу золотниковой части сервомотора регулирующего клапана. Прием управляющих сигналов от ПТК ЭЧСР осуществляется двумя независимыми каналами ШСП с возможностью диагностики отказа управления. ШСП оборудованы удобным интерфейсом, позволяющим производить местное управление, наладку и диагностику оборудования. Пример интерфейса шкафа ШСП приведен на рисунке 4.

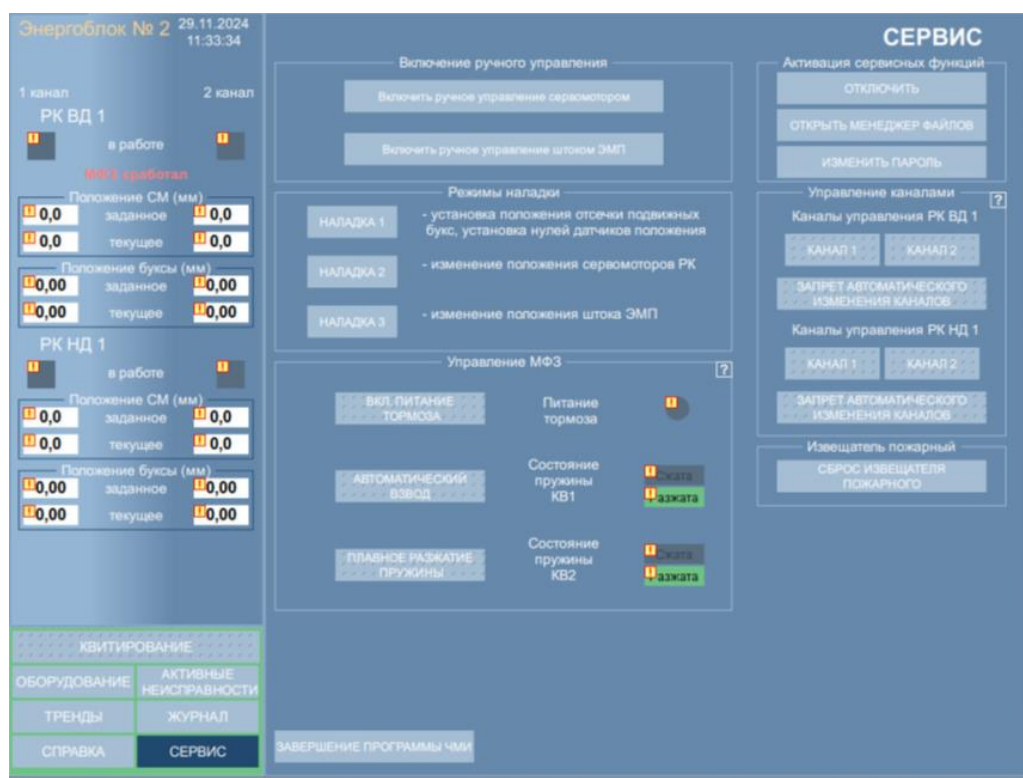


Рисунок 4. Пример интерфейса шкафа ШСП
Figure 4. Example of a servo drive cabinet

Для снижения динамических нагрузок от пульсаций давления и гидравлических ударов, действующих на трубопроводы и оборудование до безопасного уровня на линии напорного нестабилизированного давления, линии управления СК и РК, а также линии стабилизированного давления, установлены самостабилизаторы давления (ССД). ССД содержит малую и большую расширитель-

ные камеры, соответствующие демпфирующие камеры, пружину и демпфирующий элемент – поршень. В установившемся режиме рабочая среда заполняет из трубопровода все камеры ССД, при этом давление во всех камерах устанавливается одинаковое, равное давлению в трубопроводе. Появление на входе ССД импульса давления (от гидроудара или вибрации) любого знака и вели-

чины приводит к изменению давления через перфорированные отверстия в малой расширительной камере и в соответствующей части демпфирующей камеры. Взаимодействуя с поршнем, гидроударная волна гасится. Этот же входной импульс с некоторой задержкой по времени попадает в большую расширительную и демпфирующую камеры и действует на поршень с противоположной стороны. Вследствие этого, действие им-

пульса давления поочередно с одной и другой стороны поршня приводит к гашению энергии импульса, возникшего вследствие гидроудара или вибрации энергией этого же импульса. То есть, конструкция стабилизатора давления устроена таким образом, что позволяет разворачивать и перенаправлять импульс навстречу самому себе. Схема установки ССД представлена на рисунке 5.

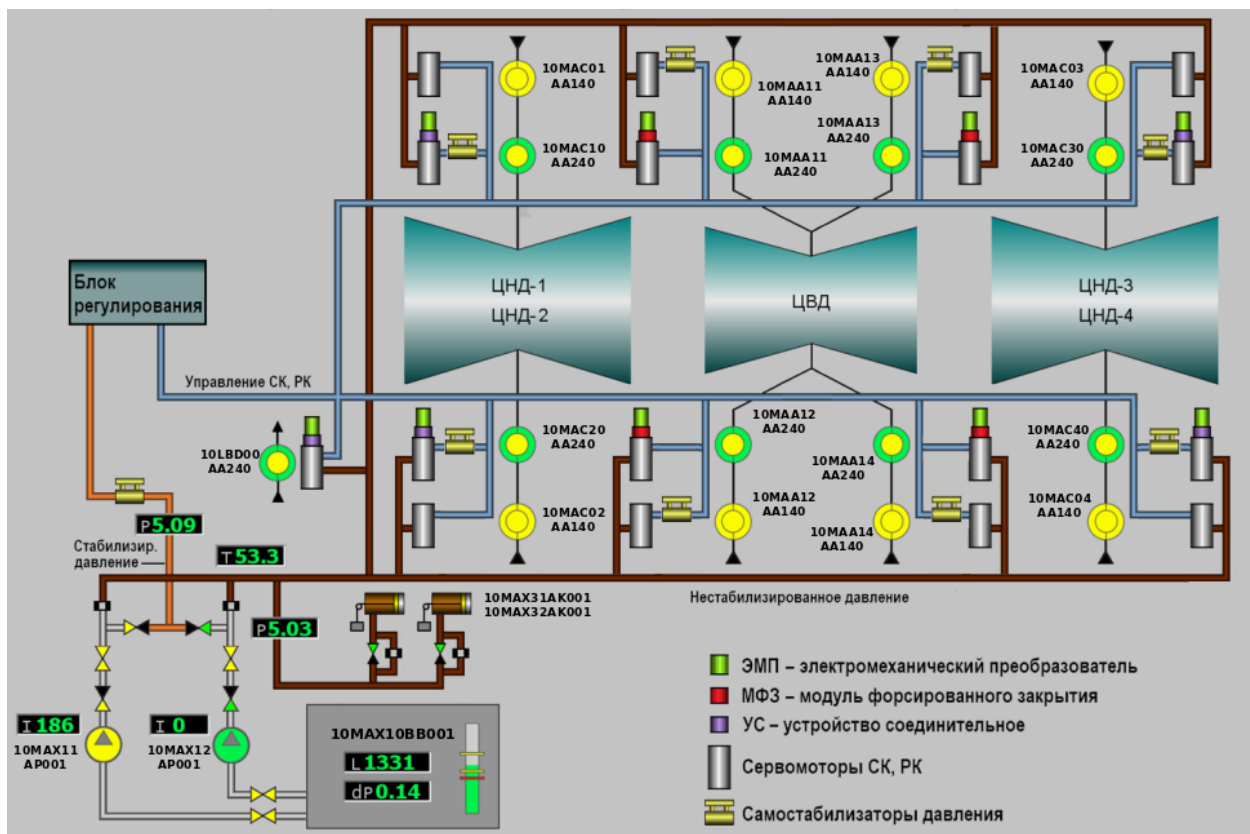


Рисунок 5. Схема расположения ССД
Figure 5. Layout of the pressure self-stabilisers

Исключение существующих элементов, участвующих в регулировании, таких как ЭПП-С, ограничитель давления, гидравлические линии управления ЭПП-С и стабилизированного давления, монтаж нового оборудования: ЭМП и ССД, приводят к повышению надежности, экономичности, быстродействию и точности САРЗ, упрощению конструкции и сокращению габаритов трубопроводов, улучшению технических и эксплуатационных характеристик системы регулирования. В связи с заменой ЭПП-С, исключены золотниковая пара и гидравлическая обратная связь, работа которой в со-

вокупности с работой ограничителя давления из-за внешних изменений параметров системы (в частности, изменение температуры и свойств огнестойкой жидкости, износ оборудования, величина токов управления), подвержена потере устойчивости. Существенное сокращение гидравлической составляющей процесса регулирования приводит к снижению вероятности возникновения автоколебаний в системе. Применение ШСП позволяет реализовать двухканальную систему управления регулирующими клапанами, обеспечивает создание и хранение оперативного архива. Точность поддержания

положения РК в соответствии с заводской характеристикой увеличилась за счет меньшего цикла обработки в ШСП (10мс), «ближе» к управляемому РК, так как ранее данная функция была реализована в составе ПТК ЭЧСР.

Заключение

Модернизация гидравлической и электронной частей САРЗ турбины энергоблока №1 Нововоронежской АЭС-2 была выполнена во время планового ремонта в 2025 году. Была выполнена установка электромеханических преобразователей для управления регулирующими клапанами, а также монтаж самостабилизаторов давления на маслопроводах и модернизация регулирующих клапанов высокого давления. Переход от электрогидравлических преобразователей ЭПП-С к электромагнитным преобразователям (ЭМП) с установкой самостабилизаторов давления на маслопроводах в турбине К-1200-6.8/50 существенно повы-

шает экономичность, надежность и точность системы регулирования, снижает за счет исключения механических и гидравлических элементов и замены их на электронные компоненты функция управления РК стала более стабильной, не зависящей от характеристик огнестойкой жидкости и износа элементов. Повысилась функциональность системы в части ее настройки и диагностики. Благодаря современным техническим решениям удалось повысить надежность противоразгонной защиты турбины и минимизировать вибрационное воздействие на оборудование. Существенно возросло быстродействие, улучшилась точность регулирования частоты вращения турбины. Модернизированная система автоматического регулирования и защиты турбины К-1200-6.8/50 устойчиво выдерживает заданную электрическую нагрузку, обеспечивая возможность ее плавного изменения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ/ REFERENCES

1. Поваров В.П., Безручко О.Л., Гусев И.Н., Усачев Д.Е. Паротурбинная установка К-1200-6,8/50. Воронеж: Диамат, 2021. 499 с. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?edn=mvvlib> (дата обращения: 06.10.2025).
Povarov V.P., Bezruchko O.L., Gusev I.N., Usachev D.E. Steam turbine unit K-1200-6.8/50. Voronezh: Diamat, 2021. 499 p. (In Russ.). Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?edn=mvvlib> (accessed: 06.10.2025).
2. Фрагин М.С., Онацко А.Ф., Волчегорский М.Л., Комаров Д.В., Усанов М.А. Механогидравлический преобразователь. Патент № 2154201. Российская федерация, МПК F15B 15/02. Заявка № 98115486 А от 14.08.98; опубл. 10.06.2000. Режим доступа: https://viewer.rusneb.ru/ru/000224_000128_0098115486_20000610_A_RU?page=1&rotate=0&theme=white (дата обращения: 06.10.2025).
Fragin M.S., Onatsko A.F., Volchegorsky M.L., Komarov D.V., Usanov M.A. Mechanical-hydraulic converter. patent No. 2154201, Russian Federation, IPC F15B 15/02. Application No. 98115486 A, filed on August 14, 1998; published on June 10, 2000. (In Russ.). Available at https://viewer.rusneb.ru/ru/000224_000128_0098115486_20000610_A_RU?page=1&rotate=0&theme=white (accessed: 06.10.2025).
3. Фрагин М.С. Регулирование и маслоснабжение паровых турбин: настоящее и ближайшая перспектива. Санкт-Петербург: Энерготех, 2005. 247 с. Режим доступа: https://rusneb.ru/catalog/000199_000009_002711884/?ysclid=mjhbh1m3to199452985 (дата обращения: 07.10.2025).
Fragin M.S. Regulation and oil supply of steam turbines: present and near future. St. Petersburg: Energotekh, 2005. 247 p. (In Russ.). Available at https://rusneb.ru/catalog/000199_000009_002711884/?ysclid=mjhbh1m3to199452985 (accessed: 07.10.2025).
4. Филатов В.В., Беляков А.А., Сорокин А.А., Бодров А.И., Варзанов А.В., Волков И.С. Опыт наладки системы автоматического регулирования турбины К-1200-6,8/50. *Глобальная ядерная безопасность*. 2025;15(1):33-39. EDN: [MNYPGH](https://doi.org/10.26583/gns-2025-01-04). <https://doi.org/10.26583/gns-2025-01-04>
Filatov V.V., Belyakov A.A., Sorokin A.A., Bodrov A.I., Varzanov A.V., Volkov I.S. Setup experience in commissioning hydraulic control system of turbine K-1200-6,8/50. *Nuclear Safety*. 2025;15(1):33-39. (In Russ.). EDN: [MNYPGH](https://doi.org/10.26583/gns-2025-01-04). <https://doi.org/10.26583/gns-2025-01-04>
5. Харкевич А.А. Избранные труды в трех томах. Линейные и нелинейные системы. Москва: Наука, 1973. 566 с. Режим доступа https://rusneb.ru/catalog/000199_000009_006831598/?ysclid=mjbi2230jx910805967 (дата обращения: 08.10.2025).
Kharkevich A.A. Selected works in three volumes. Linear and nonlinear systems. Moscow: Nauka, 1973. 566 p. (In Russ.). Available at: https://rusneb.ru/catalog/000199_000009_006831598/?ysclid=mjbi2230jx910805967 (accessed: 08.10.2025).

ВКЛАД АВТОРОВ:

Поваров В.П. – концепция технического решения, общее руководство;
Усачев Д.Е. – опробование решения;
Самодеевко А.А. – организация работы с автоматикой.

ИСТОЧНИКИ ФИНАНСИРОВАНИЯ:

Работа выполнена без привлечения внешних источников финансирования.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ:

Конфликт интересов отсутствует.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ:

Владимир Петрович Поваров, доктор технических наук, директор Филиала АО «Концерн Росэнергоатом» «Нововоронежская атомная станция» (Нововоронежская АЭС), г. Нововоронеж, Воронежская обл., Российская Федерация.

<https://orcid.org/0000-0001-9092-9160>

e-mail: nvnpp1@nvnpp1.rosenergoatom.ru

Дмитрий Евгеньевич Усачев, начальник ТЦ-6 Филиала АО «Концерн Росэнергоатом» «Нововоронежская атомная станция» (Нововоронежская АЭС), г. Нововоронеж, Воронежская обл., Российская Федерация.

e-mail: UsachevDE@nvnpp1.rosenergoatom.ru

Александр Александрович Самодеевко, начальник ЦТАИ Филиала АО «Концерн Росэнергоатом» «Нововоронежская атомная станция» (Нововоронежская АЭС), г. Нововоронеж, Воронежская обл., Российская Федерация.

e-mail: SamodeenkoAA@nvnpp1.rosenergoatom.ru

AUTHORS' CONTRIBUTION:

Povarov V.P. – the concept of a technical solution, general leadership;
Usachev D.E. – testing the solution;
Samodeenko A.A. – work with automation.

FUNDING:

There are no sources of external funding.

CONFLICT OF INTEREST:

No conflict of interest.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:

Vladimir P. Povarov, Dr. Sci. (Engin.), Head of Novovoronezh nuclear plant the branch of Rosenergoatom Concern JSC (Novovoronezh NPP), Novovoronezh, Voronezh Region, Russian Federation.

<https://orcid.org/0000-0001-9092-9160>

e-mail: nvnpp1@nvnpp1.rosenergoatom.ru

Dmitry E. Usachev, Turbine supervisor Head of Novovoronezh nuclear plant the branch of Rosenergoatom Concern JSC (Novovoronezh NPP), Novovoronezh, Voronezh region, Russian Federation.

e-mail: UsachevDE@nvnpp1.rosenergoatom.ru

Alexander A. Samodeenko, Instrumentation and Controls (I&C) Supervisor of Novovoronezh nuclear plant the branch of Rosenergoatom Concern JSC (Novovoronezh NPP), Novovoronezh, Voronezh region, Russian Federation.

e-mail: SamodeenkoAA@nvnpp1.rosenergoatom.ru

Поступила в редакцию / Received 27.10.2025

После доработки / Revision 30.02.2026

Принята к публикации / Accepted 03.03.2026