

Анализ и диагностика работы регулирующего клапана без применения дополнительного диагностирующего оборудования

Б.В. Доровских, В.В. Люльчак, В.В. Малышев., Я.Б. Солдатов,
Московский филиал «Центратомтехэнерго» ОАО «Атомтехэнерго»

Эффективность эксплуатации атомных электростанций (АЭС) неразрывно связана с контролем, управлением и оперативной диагностикой состояния технологического оборудования, а также самой АСУ ТП, включая системы автоматического регулирования, которые обеспечивают непрерывную и стабильную работу энергоблока в течение длительного времени. Глубокая самодиагностика, заложенная в ТПТС51 – программно-технический комплекс (ПТК), на базе которого строятся системы контроля и управления (СКУ) вновь вводимых энергоблоков АЭС в России, а также на ряде АЭС за рубежом по российским проектам, – способствует минимизации количества накопленных дефектов и исключает необходимость выполнения заметного объема профилактических работ на работающем энергоблоке. Для обнаружения отказов регулирующих клапанов, которые не диагностируются ТПТС, необходимо применять дополнительные диагностирующие средства.

Целью диагностики регулирующих клапанов является определение их состояния и обслуживание не по времени в соответствии с регламентом, а по фактическому состоянию. Данная задача актуальна для клапанов, установленных в труднодоступных местах, а также для тех, обслуживание и ремонт которых влечет останов энергоблока, или важных для безопасности технологических систем.

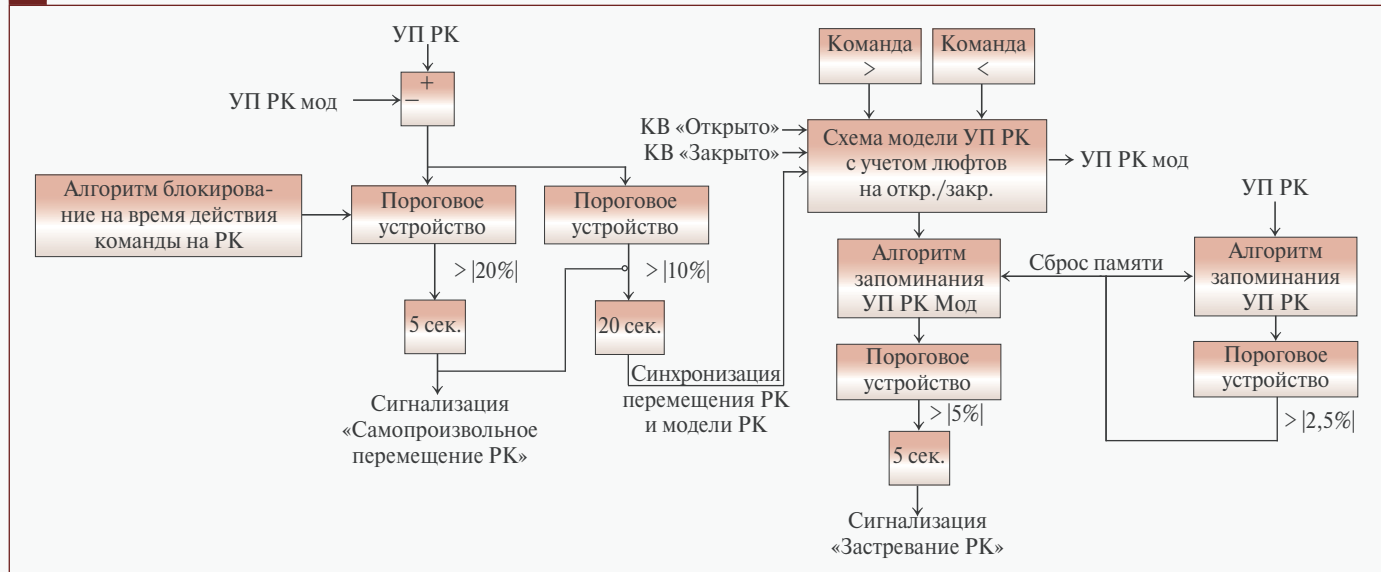
В традиционных методах диагностики используются дополнительные средства – датчики, считывающие с арматуры информацию, характеризующую ее техническое состояние, дополнительные программные средства сбора, обработки данных, анализа данных и визуализации диагностики. При этом необходимо ус-

танавливать диагностирующие модули на каждом регулирующем клапане, что неоправданно дорого из-за большого количества таких клапанов на АЭС, либо периодически производить диагностику регулирующих клапанов с помощью переносного комплекса, но в этом случае необходимо привлечение дополнительного персонала, а также теряется возможность непрерывной диагностики.

Современные микропроцессорные АСУ ТП, такие как ТПТС51, позволяют существенно повысить уровень автоматизации процессов на электростанциях. Это дает возможность значительно изменить характер действий оперативного персонала, выдвигая в качестве основной его задачи контроль за ходом автоматизированного процесса. При этом не применяются дополнительные средства диагностики. Однако, в процессе эксплуатации энергоблока возможно возникновение отказов регулирующих клапанов, как в механической, так и в электрической части управления клапаном, которые не диагностируются штатными средствами, и, как следствие, не приводят к формированию сигнала «Неисправность». (Сигнал формируется при неисправности командного выхода, неисправности схемы управления, неисправности конечных выключателей, неисправности моментных выключателей, ошибки модуля, неисправности датчика положения, аварийном моменте в направлении «закрыть»/«открыть» и т.д.)

Для обеспечения своевременного выявления первых признаков неисправности регулирующих клапанов и невозможности выполнения ими своих функций специалистами «Центратомтехэнерго» были разработаны дополнительные вспомогательные алгоритмы диагностики их работоспособ-

Рис. 1. Диагностика застревания и самопроизвольного перемещения РК



ности. Данные алгоритмы размещаются в пользовательской структуре программного обеспечения функциональных модулей (ФМ) ПТК СКУ, что позволяет не использовать дополнительные диагностические средства.

Разработаны и частично реализованы следующие вспомогательные диагностические алгоритмы:

1. Диагностика «застревания» регулирующих клапанов – алгоритм позволяет установить факт отсутствия перемещения клапана при наличии рассогласования и выходных команд из ФМ (как автоматических, так и дистанционных) (см. рис. 1).

2. Диагностика самопроизвольного перемещения регулирующих клапанов – алгоритм позволяет установить факт перемещения клапана при отсутствии выходных команд из ФМ (как автоматических, так и дистанционных) (см. рис. 1).

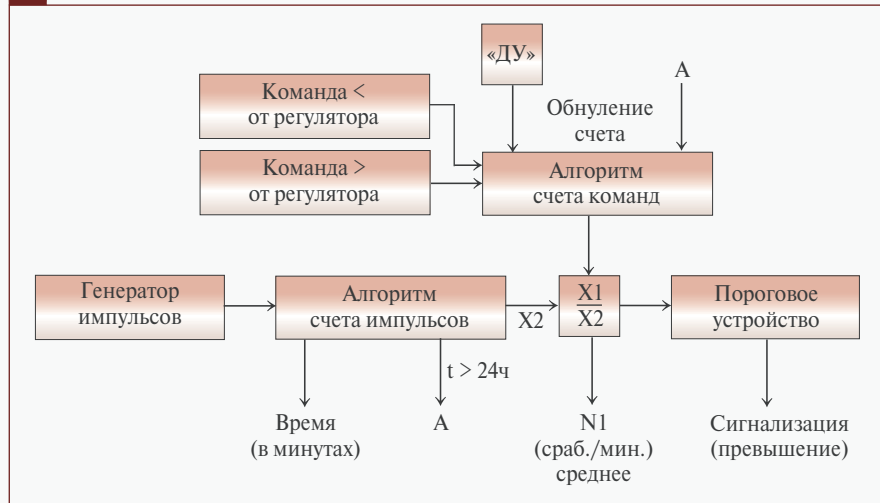
3. Анализ частоты срабатывания регулирующих клапанов – алгоритм позволяет оценить количество срабатываний клапана за единицу времени для определения

нагрузки исполнительного механизма. Количество срабатываний клапана анализируется только при наличии команд от регулятора (см. рис. 2, 3).

На рисунке 1 представлена схема диагностирования «застревания» и самопроизвольного перемещения регулирующего клапана. Алгоритм определения самопроизвольного перемещения реализован следующим образом. В указанной схеме производится моделирование сигнала УП РК в соответствии с выдачей команд на клапан в сторону открытия и закрытия. Сигналы реального УП клапана и моделируемого УП суммируются и сравниваются с пороговыми уставками. Если отклонение суммарного УП достигает 10% и в течение 20 секунд не увеличивается до 20%, то моделируемому УП присваивается значение реального УП (при достижении клапаном конечных выключателей закрыто/открыто УП модели присваивается значение 0%/100%). Если отклонение суммарного УП достигает 20%, то выдается (с задержкой 5 секунд) сообщение оператору «Самопроизвольное перемещение РК».

На время перемещения клапана производится блокирование работы алгоритма определения самопроизвольного перемещения РК. Алгоритм определения застревания РК реализован следующим образом. В схеме производится запоминание значения реального и моделируемого УП РК. При изменении УП РК по сравнению с предыдущим значением на величину 2,5% производится сброс памяти алгоритма запоминания УП РК и УП РК модели и запоминается новое текущее значение УП. Если УП РК модели изменился на величину более 5%, а УП РК изменилось на величину менее 2,5% (сброса памяти не произошло), то выдается (с выдержкой времени 5 секунд) сообщение оператору «Застревание РК».

Рис. 2. Вычисление частоты срабатывания РК



На *рисунке 2* представлена схема анализа частоты срабатывания регулирующих клапанов. Частота срабатываний регулятора – это количество управляющих импульсов на перемещение клапана в сторону больше или меньше, поступающих от регулятора на исполнительный механизм в единицу времени. Частота срабатываний регулятора является одним из основных критериев приемки регуляторов в эксплуатацию, которым определено, что число срабатываний регулятора не должно превышать шести знакопеременных включений в минуту. Это связано с тем, что частое срабатывание регулятора может привести к преждевременному износу электродвигателя и подвижных частей регулирующего органа, а также к перегреву электродвигателя.

Представленный алгоритм был разработан для вычисления среднего числа срабатываний за некоторый период времени (в данном случае за 24 часа). В указанном алгоритме производится формирование и суммирование управляющих импульсов от регулятора, представляющих собой дискретный сигнал, длительность которого определяет величину перемещения регулирующего органа. В алгоритме подсчета импульсов производится накопление импульсов частотой 1 Гц, формирование сигнала, характеризующего время, в течение которого производился анализ, а также сигнала на обнуление всего алгоритма по истечении 24 числа срабатываний регулятора. На пороговом устройстве производится формирование сигнализации в случае превышения установленной величины среднего числа срабатываний.

Обнуление числа срабатываний и времени накопления срабатываний производится при переходе с автоматического управления регулятора на дистанционное.

Достоинством алгоритма является то, что оператору предоставляется среднее число срабатываний за интересующий его интервал времени, например, в течение некоторого переходного процесса. Недостатком данного алгоритма является то, что у оператора нет возможности получить информацию о количестве срабатываний регулятора в данный момент времени.

На *рисунке 3* представлен алгоритм вычисления текущего числа срабатываний регулятора. Данный алгоритм отличается от предыдущего тем, что в нем вычисляется число срабатываний регулятора за последнюю минуту. Также в алгоритме производится блокирование сигнализации оператору в случае динамического режима на энергоблоке (формирование признака «Динамика» описано ниже).

Косвенным признаком неисправности регулирующего клапана является значительное повышение рассогласования регулятора при отсутствии динамической ситуации на энергоблоке, поэтому реализован перевод клапана в режим «ДУ» при повышении рассогласования более $\pm 10\%$, при отсутствии динамической ситуации на энергоблоке. Повторный перевод клапана в режим «АУ» осуществляется только оператором после квитирования отключением/включением клапана в режим «АУ».

Разработанный алгоритм формирования признака «Динамика» характеризует наличие динамической ситуации на энергоблоке. Признак «Динамика» действует в течение установленного времени с момента формирования по последнему инициирующему сигналу. Признак «Динамика» формируется в случае включения/отключения основного технологического оборудования энергоблока (ГЦН, ТПН, ПВД и т.д.) или значительного изменения основных технологических параметров машзала (давление пара перед ТПН, давление пара на входе в ЦВД, давление пара в деаэраторе, расход питательной воды и т.д.).

Кроме алгоритмов диагностики работы регулирующих клапанов, нами были разработаны алгоритмы диагностики систем автоматического регулирования, в которых в качестве признаков неисправности использован выход за установленные пределы текущих значений показателей качества регулирования САР. Требования к качеству процесса регулирования в каждом случае могут быть самими разнообразными, однако из всех качественных показателей можно выделить наиболее существенные, такие как время регулирования, скорость изменения регулируемого параметра, перерегулирование, вычисление запаса до достижения уставок срабатывания защит.

В алгоритме вычисления времени регулирования определяется время от момента отклонения регулируемой величины от заданного значения (с учетом зоны нечувствительности регулятора) до момента возвращения регулируемой величины в заданные пределы с учетом колебательности процесса.

В алгоритме вычисления скорости изменения регулируемого параметра вычисляется скорость изменения регулируемого параметра, а также формируются сигналы предупредительной и аварийной сигнализации о превышении данным параметром критического значения.

При срабатывании технологических защит производится останов основного оборудования или энергоблока. Система

Рис. 3. Вычисление текущего числа срабатываний

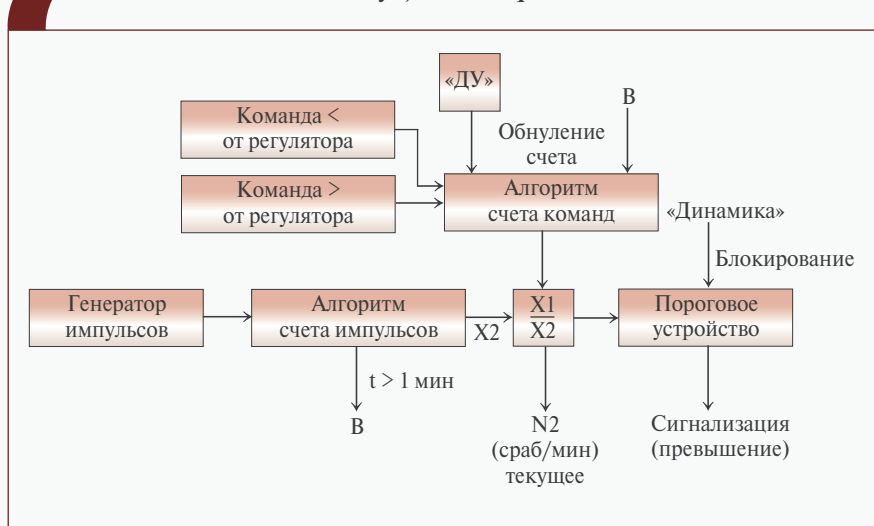


Рис. 4. Визуализация показателей качества регулирования



автоматического регулирования может считаться работоспособной, если обеспечивает поддержание регулируемого параметра с запасом до срабатывания технологических защит. Также данный критерий можно использовать для сигнализации оператору о приближении текущего значения регулируемого параметра к уставке срабатывания защиты. В указанном алгоритме производится сравнение текущего значения параметра регулирования с уставками технологических защит.

Перерегулирование — это один из основных показателей качества, используемый при настройке регуляторов. Данный показатель характеризует, насколько регулируемая величина отклоняется от заданного значения при внесении возмущений в систему. В алгоритме вычисления перерегулирования производится определение отношения максимальной разности между текущим и заданным значениями параметра к заданному значению параметра.

Сброс вычисленного значения происходит при переходе с автоматического на дистанционное управление РК.

Для представления информации оператору, а также для отладки алгоритмов вычисления показателей качества регулирования было предложено вынести все диагностические сигналы в отдельное окно диагностики. Окно диагностики раскрывается при нажатии кнопки «Показатели качества» в окне управления регулятором (рис. 4).

Подводя итог, можно отметить, что специалистами «Центратомтехэнерго» были разработаны диагностические алгоритмы, которые позволяют своевременно определять неисправности в работе регулирующих клапанов без применения дополнительных диагностических средств. Разработанные алгоритмы можно применять как на вновь вводимых, так и ранее построенных энергоблоках АЭС.