

Обозначения и сокращения:

ПТН – питательный турбонасос;

ПТ – питательный насос;

ПЭ – питательный электронасос;

ТЭЦ – теплоэлектроцентраль;

Р – противодавленческая турбина;

ПТ – теплофикационная турбина с промышленным отбором пара;

САУРиЗ – система автоматического управления, регулирования и защиты;

СК – стопорный клапан;

РК – регулирующий клапан;

ВР – вентиль рециркуляции;

НЗ – электрифицированная напорная задвижка;

КПД – коэффициент полезного действия;

ПТК – программно-технический комплекс;

ТЗ – тепловые защиты;

МЭО – механизм электрический однооборотный;

МЭОФ – механизм электрический однооборотный фланцевый;

БЩУ – блочный щит управления;

ТП – технологический параметр;

КТЦ – котлотурбинный цех;

ПУЭ – правила устройства электроустановок;

ЭВМ/ПЭВМ – персональная электронная вычислительная машина;

ИВК – измерительно – вычислительный комплекс;

КИП – контрольно – измерительный прибор;

ПГ – парогенератор;

АРМ – автоматизированное рабочее место;

ПДУ – предельно допустимый уровень;

СУ – сужающее устройство.

## 1 Система автоматического управления, регулирования и защиты турбопривода питательного насоса

САУРиЗ обеспечивает контроль и участвует в управлении работой

ПТН в следующих эксплуатационных режимах [4]:

1) проверка предпусковой готовности;

2) пуск ПТН;

- 3) вывод ПТН на рабочие обороты;
- 4) ввод в сеть питательного насоса;
- 5) режим нормальной эксплуатации;
- 6) перевод ПТН в режим холостого хода при отключении насоса от сети питательного трубопровода (режим рециркуляции);
- 7) режим останова (как нормального, так и аварийного).

### 1.1 Обеспечение надежности действия тепловых защит

Повреждённое тепловое оборудование по причине аварии и последствия связанные с аварией наносят большие убытки в связи с простоями. В то же время замена систем тепловых защит (ТЗ) действиями операторов в аварийных ситуациях невозможна. Поэтому системы ТЗ должны быть более надёжны, чем информационные подсистемы и САУРиЗ.

Надёжность ТЗ определяют как числом отказов в срабатывании, так и количеством ложных срабатываний. Под ложным срабатыванием понимают отказ какого-либо элемента системы ТЗ, например отказ типа короткого замыкания в электрической схеме, приводящий к срабатыванию системы в целом. Мерой надёжности систем защит служит среднее время наработки на один отказ (ложное срабатывание):

$$t_{TЗ} = \sum_{i=1}^n t_i \ln , \quad (1)$$

где:  $t_i$  – время  $i$ -й наработки между отказами;

$n$  – число отказов.

### 1.2 Структура систем защит и блокировок

Ложное действие или отказ (несрабатывание) системы ТЗ определяется не только надёжностью входящих в нее технических устройств (приборов, аппаратуры, соединительных линий и т.д.), но во многом зависит от видов логических функций, реакций системы в целом. На выбор логических

функций оказывают влияние те последствия, к которым могут привести отказы ТЗ.

1) Логическая функция «один из одного».

При использовании одного датчика его отказ определяет отказ системы в целом, а каждое ложное действие контактного устройства сопровождается ложным действием. Поэтому система ТЗ с одним датчиком предусматривается только для защит, в которых используются специальные высоконадежные приборы.

2) Логическая функция «один из двух».

Два датчика с одинаковыми уставками контакта, которые включены в параллели друг с другом в соответствии с логической функцией «ИЛИ» применяется в тех случаях, когда тепловое оборудование требует повышения надежности, действия защиты или отсутствие отказов в своей работе. А ложные срабатывания ТЗ либо маловероятны, либо не ведут к тяжелым последствиям в открытии клапанов при повышении давления пара на выходе котла либо других объектов работающих под давлением. Данная схема изображена на рисунке 4.

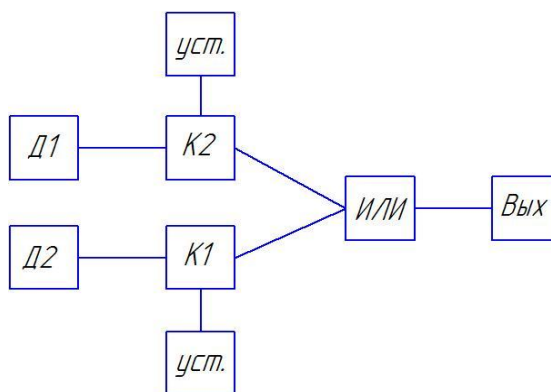


Рисунок 4 – Схема логической функции «один из двух»

3) Логическая функция «два из двух».

Два датчика с одинаковыми уставками контакта, которые соединены по схеме «И» применяют в системах защиты для уменьшения вероятности их ложного срабатывания. Случай, когда защита воздействует на снижение

нагрузки или приводит к останову оси оборудования, а при этом датчики не обладают достаточной надежностью. Данная схема изображена на рисунке 5.

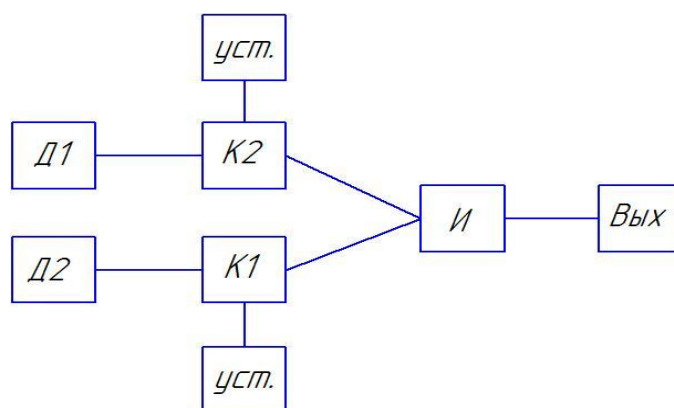


Рисунок 5 – Схема логической функции «два из двух»

4) Два датчика с разными уставками. Оба контактных устройства включаются последовательно по схеме «И». Применяется в двухступенчатой системе технической защиты. При этом контактное устройство первого прибора настраивают на срабатывание при достижении параметром первой аварийной уставки, при которой осуществляют локальную операцию, а контактное устройство второго порядка настраивают на вторую аварийную уставку, превышающую первую, тогда защита не остановится, будет срабатывать только при замыкании общих контактов.

5) Три датчика с одинаковыми уставками контакта, которые соединены последовательно – параллельно и реализуют логическую функцию два из трех. Система в целом позволяет повысить надежность действия защиты по сравнению с вариантами, реализующими функции «И» и «ИЛИ», но требует большее количество приборов, вследствие повышается объем профилактических и восстановительных работ. Данную схему защиты применяют в высокоответственных системах технической защиты, таких как осевой сдвиг ротора турбины. Данная схема изображена на рисунке 6.

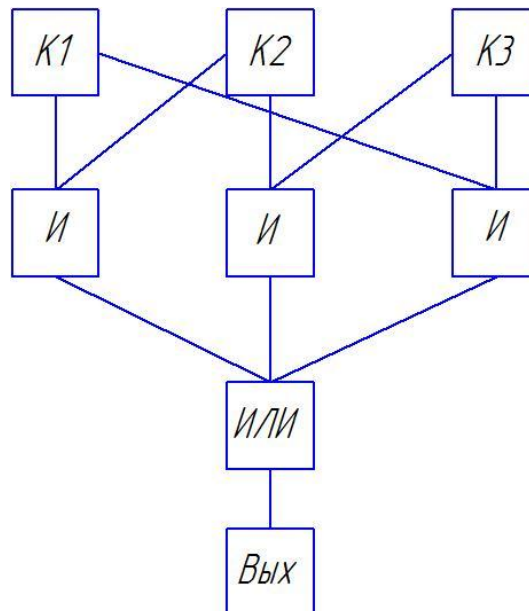


Рисунок 6 – Схема логической функции «два из трех»

Надежность систем ТЗ должна быть определяющим фактором при их проектировании. Однако безотчетное стремление повысить надежность ТЗ с помощью синтеза сложных логических функций может привести к противоречивым результатам.

Надежность элементов защиты приведена в таблице 2.

Таблица 2 – Надежность элементов защиты

Наименование логической функции	Вероятность безотказной работы	
	отказ в срабатывании	ложное срабатывание
один из одного	0,9	0,9
два из двух	0,81	0,99
один из двух	0,99	0,81
два из трех	0,997	0,97

Для подачи питательной воды в ПГ используются электро- и турбонасосы. Аварийная остановка питательных насосов производится как при срабатывании собственных защит насосов, так и при действии общеблочных защит.

Турбонасосы, как правило, используются в мощных энергоблоках. Защиты такого турбоагрегата во многом схожи с защитами турбогенератора. Рассмотрим защиты питательного турбонасоса для парового котла типа ТП – 87.

Тепловые защиты срабатывают в определенных ситуациях, в случае питательного турбонасоса защиты срабатывают при:

- 1) сдвиге оси ротора турбины на  $\pm 1$  мм, схема «два из двух»;
- 2) понижении давления питательной воды на всасе насоса до 1,2 МПа с выдержкой времени 2 с, схема «два из трех»;
- 3) повышении частоты вращения вала до 3750 об/мин, схема «два из трех»;
- 4) повышении расхода воды через питательный насос до 4500 м<sup>3</sup>/ч с выдержкой времени 5 с, схема «два из трех»;
- 5) понижении давления масла на смазку редуктора до 0,03 МПа, схема «два из трех»;
- 6) понижении давления масла на смазку турбины до 0,045 МПа, «два из трех»;
- 7) повышении давления питательной воды после турбонасоса до 40 МПа с выдержкой времени 2 с, схема «два из трех».

Основой САУРиЗ является программно – технический комплекс (ПТК), базирующийся на оборудовании цифровой системы управления.

Структурная схема САУРиЗ, разрабатываемая в выпускной квалификационной работе, представлена на листе ФЮРА.421000.013 С1.

Структурная схема САУРиЗ представляет собой иерархическую структуру, включающую три уровня:

- 1) нижний уровень – расположены исполнительные механизмы и датчики технологических параметров;
- 2) средний уровень – расположена микропроцессорная система управления (контроллер), служащая для выполнения функций сбора,

первичной обработки входных сигналов и логику технологических защит и регулирования;

3) верхний уровень обеспечивает реализацию функций отображения информации и дистанционного управления регулирующими клапанами, задвижками и исполнительными механизмами.

В состав ПТК входят следующие технические средства:

- 1) программируемый контроллер Siemens S7 – 300;
- 2) станции ввода/вывода ET200M;
- 3) модули ввода/вывода;
- 4) специализированные модули контроллера связи (коммуникационные процессоры);
- 5) сетевые средства связи сети Industrial Ethernet (коммутаторы Scalance X208);
- 6) стабилизирующие блоки питания 220/24 В;
- 7) модули резервирования блоков питания;
- 8) стандартный кабель для Profibus;
- 9) стандартный ИТР кабель для Industrial Ethernet.