



Республика Таджикистан

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ПАТЕНТНОЕ
ВЕДОМСТВО

(19) **TJ** ⁽¹¹⁾ **796**
(51) МПК Н 02 Н 7/00

(12) **Описание изобретения**

К МАЛОМУ ПАТЕНТУ

(21) 1500994

(22) 15.12.2015

(46) Бюл. 122, 2016

(71) Гуламов Ш.Р.(TJ); Пугачёв Е.В.(RU);
Кипервассер М.В. (RU); Мирзоаминов Х.М.(TJ);
Гуломзода А.Х. (TJ).

(72) Гуламов Ш.Р.(TJ); Пугачёв Е.В.(RU);
Кипервассер М.В. (RU); Мирзоаминов Х.М.(TJ);
Гуломзода А.Х. (TJ).

(73) Гуламов Ш.Р.(TJ); Пугачёв Е.В.(RU);
Кипервассер М.В. (RU); Мирзоаминов Х.М.(TJ);
Гуломзода А.Х. (TJ).

(54) УСТРОЙСТВА ЗАЩИТЫ СИНХРОННОГО ГИДРОАГРЕГАТА РАБОТАЮЩЕГО НА АВТОНОМНУЮ НАГРУЗКУ ОТ МЕХАНИЧЕСКИХ ПОЛОМОК И ПОПАДАНИЯ ИНОРОДНОГО ТЕЛА В ГИДРОТУРБИНУ.

(56) 1. Государственный реестр средств измерений. Р/н. №36537-07 ЕУ 4277-001-55181848-06 область применения: непрерывный контроль вибрационного состояния турбоагрегатов, насосов, двигателей и другого промышленного оборудования в энергетической, нефтегазовой и других отраслях промышленности и науки.

2. Государственный реестр средств измерений. Р/н. №38553-08 ТУ 4212-001-70666137-2008 область применения: непрерывный контроль температуры и давления в маслonaпорной системе гидроагрегата.

3. Патент RU №2566613. Устройство защиты гидротурбины от выхода из строя опорного подшипника. (Пугачёв Е.В. и др.)

(57) **Устройства защиты синхронного гидроагрегата, работающего на автономную нагрузку, от механических поломок и попадания инородного тела, в гидротурбину.**

Изобретение относится к устройствам защиты синхронного гидроагрегата, работающего на автономную нагрузку, от механических поломок и попадания инородного тела, в гидротурбину. Задачей изобретения является повышение быстроты действия и предупреждения аварийных ситуаций, связанных с механическими поломками или попадания инородного тела в гидротурбину, на ранних стадиях с целью минимизировать последствия аварий. Для этого устройство защиты включает в себя блок управления системами гидротурбины и синхронного генератора, датчик тока статора синхронного генератора для измерения тока в фазах синхронного генератора, выход которого соединен с блоком сравнения с нормальными значениями тока статора син-

хронного генератора, блок задания нормальных значений тока статора синхронного генератора, выход которого соединен с блоком сравнения с нормальными значениями тока статора синхронного генератора, датчик угла открытия задвижки в напорном водоводе для измерения угла открытия задвижки напорного водовода, выход которого соединен с блоком сравнения с нормальными значениями угла открытия задвижки напорного водовода, блок задания нормальных значений угла открытия задвижки напорного водовода, выход которого соединен с блоком сравнения с нормальными значениями угла открытия задвижки напорного водовода, датчик тока обмотки возбуждения синхронного генератора для измерения тока обмотки возбуждения синхронного генератора, выход которого соединен с блоком сравнения нормальных значений тока обмотки возбуждения синхронного генератора, блок задания нормальных значений тока обмотки возбуждения синхронного генератора, выход которого соединен с блоком сравнения нормальных значений тока обмотки возбуждения, датчик давления, для измерения давления в напорном водоводе, выход которого соединен с блоком сравнения нормальными значениями давления в напорном водоводе, блок задания нормальных значений давления в напорном водоводе, выход которого соединен с блоком сравнения с нормальными значениями давления в напорном водоводе, выход блока сравнения с нормальными значениями тока статора синхронного генератора соединен с блоком сравнения с уставками и определения знака отклонения по току статора синхронного генератора, блок задания уставок по току синхронного генератора, выход которого соединен с блоком сравнения с уставками и определения знака отклонения по току статора синхронного генератора, выход блока сравнения с нормальными значениями угла открытия задвижки напорного водовода соединен с блоком сравнения с уставками и определения знака отклонения по углу открытия задвижки напорного водовода, блок задания уставок по углу открытия задвижки напорного водовода, выход которого соединен с блоком сравнения с уставками и определения знака отклонения по углу открытия задвижки напорного водовода, выход блока сравнения с нормальными значениями тока обмотки возбуждения синхронного генератора соединен с блоком сравнения с уставками и определения знака от-

клонения по току обмотки возбуждения, блок задания уставки по току обмотки возбуждения синхронного генератора, выход которого соединен с блоком сравнения с уставками и определения знака отклонения по току обмотки возбуждения синхронного генератора, выход блока сравнения с нормальными значениями давления в напорном водоводе соединен с блоком сравнения с уставками и определения знака отклонения по давлению в напорном водоводе, блок задания уставок по давлению в напорной водоводе, выход которого соединен с блоком сравнения с уставками и определения знака отклонения по давлению в напорной водоводе, выход блока сравнения с уставками и определения знака отклонения по току статора синхронного генера-

тора соединен с блоком выработки аварийного сигнала, выход блока сравнения с уставками и определения знака отклонения по углу открытия задвижки напорного водовода соединен с вторым входом блока выработки аварийного сигнала, выход блока сравнения с уставками и определения знака отклонения по току обмотки возбуждения синхронного генератора соединен с третьим входом блока выработки аварийного сигнала, выход блока сравнения с уставками и определения знака отклонения по давлению в напорной водоводе соединен с четвертым входом блока выработки аварийного сигнала, выход блока выработки аварийного сигнала соединен с входом управления системами гидротурбины и синхронного генератора. 2 илл

Изобретение относится к устройствам защиты гидротурбины от механических поломок, в частности от попадания инородного тела в гидротурбину, выхода из строя направляющих подшипников, поломкой вращающихся частей гидротурбины или синхронного генератора, выхода из строя опорного подшипника.

Известно, что устройство защиты гидротурбины в виде автоматизированной системы контроля вибрации, применяется во всех гидроагрегатах. Вибрационная защита основана на принципе контроля вибрационного состояния агрегата. Измерения вибрации для автоматизированного контроля и защиты гидротурбин и синхронных генераторов проводятся у следующих узлов турбины: крышка турбины, турбинный подшипник, крышки направляющих подшипников синхронного генератора. В зависимости от места установки в той или иной части гидротурбины, возможны сочетания стационарных и нестационарных датчиков контроля вибрации. (Государственный реестр средств измерений. Регистрационный №36537-07 ТУ 4277-001-55181848-06 область применения: непрерывный контроль вибрационного состояния турбоагрегатов, насосов, двигателей и другого промышленного оборудования в энергетической, нефтегазовой и других отраслях промышленности и науки). Датчики состоят из собственно первичных преобразователей и преобразователей сигналов. На объект измерения устанавливается первичный преобразователь, который связан с блоком питания и обработки информации специальным кабелем. Увеличение вибрации в гидротурбине может быть вызвано попаданием инородного тела в рабочее колесо агрегата, поломкой лопастей рабочего колеса турбины, ослаблением крепления узлов турбины, заклиниванием направляющих подшипников гидротурбины и синхронного генератора, нарушением центровки агрегата, гидравлическими ударами в трубопроводе. Диапазон контроля вибрации на каждом участке гидротурбины и синхронного генератора определяется нормативными документами. Если величина вибрации больше нормативных показателей, то вырабатывается аварийный сигнал в схеме управления системами гидротурбины и синхронного генератора.

Недостатком данного устройства защиты является то обстоятельство, что реальный вибрационный процесс представляет сложную аддитивную комбинацию, вызванную действием нескольких факторов. Вычленение спектра вибрации, связанного с конкретной причиной, является затруднительным, а полученные складывающиеся вибрационный процесс не всегда могут быть однозначно классифицированы, как вызванные действием определенного фактора. В совокупности это может привести к неадекватной оценке реального процесса. Случайные ударные процессы, гидравлические шумы, происходящие один за другим с наложением резонансных откликов приводят к тому, что использовать полученные оценки вибрационных процессов, как критерия уровня вибрации гидротурбины из-за той или

иной аварийной ситуации, не корректно. Поэтому вибрационная защита будет иметь малую чувствительность, не будет реагировать на значимые процессы в гидроагрегате или окажется слишком чувствительной к кратковременным изменениям, например при переходных процессах, что вызовет ложные срабатывания системы автоматической защиты.

Другим близким к предлагаемому устройству по технической сущности является устройство защиты гидротурбины от перегрева сегментов "подпятника". Смазка опорного подшипника гидротурбины – подпятника – осуществляется циркулирующей маслa. В системе подачи смазки предусмотрен контроль температуры и давления масла. (Государственный реестр средств измерений. Регистрационный №38553-08 ТУ 4212-001-70666137-2008 область применения: непрерывный контроль температуры и давления в маслонапорной системе гидроагрегата). В обратном трубопроводе маслостанции установлены датчики температурного контроля, которые измеряют температуру масла на выходе из узлов агрегата. Увеличение температуры зависит от силы трения в подпятнике. Причинами увеличения трения является выработка сегментов подпятника, нарушение масляного клина. При чрезмерном увеличении температуры масла, вырабатывается аварийный сигнал в схеме управления системами гидротурбины и синхронного генератора.

Недостатком устройства защиты от перегрева сегментов подпятника турбины является низкое быстродействие, зависящее от скорости нагрева масла в обратном трубопроводе и собственного времени срабатывания температурного датчика. Полное время срабатывания защиты составляет 7...9 секунд. Результатом низкого быстродействия являются аварии с тяжелыми последствиями: выплавление баббитового слоя опорных сегментов, разрушение подшипника, штатное отключение агрегата.

Наиболее близким к предлагаемому устройству является устройство защиты гидротурбины от выхода из строя опорного подшипника (№2566613 Заявка №201450744/06(081372) Зарегистрировано в Государственном реестре изобретений Российской Федерации 29 сентября 2015 г.). Данное устройство определяет механическую неисправность, возникающую в узле опорного подшипника гидроагрегата. Устройство имеет: датчик тока, датчик давления, блок сравнения с нормальными значениями тока статора синхронного генератора, блок сравнения с нормальными значениями давления в напорном водоводе, блок задания нормальных значений по току статора синхронного генератора, блок задания нормального значения давления, блок сравнения с уставками и определения знака отклонения по току статора синхронного генератора, блок сравнения с уставками и определения знака отклонения давления в напорном водоводе, блок задания уставок по току статора синхронного генератора, блок задания уставок по давлению в напорном водоводе, блок выработки

аварийного сигнала, блок управления системами гидротурбины и синхронного генератора.

Недостатком устройства защиты гидротурбины от выхода из строя опорного подшипника является невозможность применения данного устройства при работе синхронного гидроагрегата на автономную нагрузку.

Задачей настоящего изобретения является повышение быстродействия и предупреждения аварийных ситуаций, связанных с механическими поломками или попаданием инородного тела в гидротурбину, на ранних стадиях с целью минимизировать последствия аварий при работе синхронного генератора на автономную нагрузку.

Решение задачи достигается тем, что устройство защиты синхронного гидроагрегата, работающего на автономную нагрузку, от механических поломок и попадания инородного тела, в гидротурбину включает в себя блок управления системами гидротурбины и синхронного генератора, датчик тока для измерения тока в фазах синхронного генератора, выход которого соединен с блоком сравнения с нормальными значениями тока статора синхронного генератора, блок задания нормальных значений тока статора синхронного генератора, выход которого соединен с блоком сравнения с нормальными значениями тока статора синхронного генератора, датчик угла открытия задвижки напорного водовода, для измерения угла открытия задвижки в напорном водоводе, выход которого соединен с блоком сравнения с нормальными значениями угла открытия задвижки в напорном водоводе, блок задания нормальных значений угла открытия задвижки напорного водовода, выход которого соединен с блоком сравнения с нормальными значениями угла открытия задвижки в напорном водоводе, датчик тока обмотки возбуждения синхронного генератора, для измерения тока обмотки возбуждения, выход которого соединен с блоком сравнения с нормальными значениями тока обмотки возбуждения синхронного генератора, блок задания нормальных значений тока обмотки возбуждения синхронного генератора, выход которого соединен с блоком сравнения с нормальными значениями тока обмотки возбуждения синхронного генератора, датчик давления, для измерения давления в напорном водоводе, выход которого соединен с блоком сравнения с нормальными значениями давления в напорном водоводе, блок задания нормальных значений давления в напорном водоводе, выход которого соединен с блоком сравнения с нормальными значениями давления в напорном водоводе, выход блока сравнения с нормальными значениями тока статора синхронного генератора соединен с блоком сравнения с уставками и определения знака отклонения по току статора синхронного генератора, блок задания уставок по току синхронного генератора, выход которого соединен с блоком сравнения с уставками и определения знака отклонения по току статора синхронного генератора, выход блока сравнения с нормальными

значениями угла открытия задвижки в напорном водоводе соединен с блоком сравнения с уставками и определения знака отклонения по углу открытия задвижки в напорном водоводе, блок задания уставок по углу открытия задвижки в напорном водоводе, выход которого соединен с блоком сравнения с уставками и определения знака отклонения по углу открытия задвижки в напорном водоводе, выход блока сравнения с нормальными значениями тока обмотки возбуждения синхронного генератора соединен с блоком сравнения с уставками и определения знака отклонения по току возбуждения обмотки возбуждения синхронного генератора, блок задания уставок по току возбуждения обмотки возбуждения синхронного генератора, выход которого соединен с блоком сравнения с уставками и определения знака отклонения по обмотке возбуждения синхронного генератора, выход блока сравнения с нормальными значениями давления в напорном водоводе соединен с блоком сравнения с уставками и определения знака отклонения по давлению в напорном водоводе, блок задания уставок по давлению в напорном водоводе, выход которого соединен с блоком сравнения с уставками и определения знака отклонения по давлению в напорном водоводе, выход блока сравнения с уставками и определения знака отклонения по току статора синхронного генератора соединен с блоком выработки аварийного сигнала, выход блока сравнения с уставками и определения знака отклонения по углу открытия задвижки в напорном водоводе соединен с вторым входом блока выработки аварийного сигнала, выход блока сравнения с уставками и определения знака отклонения по току возбуждения обмотки возбуждения синхронного генератора соединен с третьим входом блока выработки аварийного сигнала, выход блока сравнения с уставками и определения знака отклонения по давлению в напорном водоводе соединен с четвертым входом блока выработки аварийного сигнала, выход блока сравнения с уставками и определения знака отклонения по давлению в напорном водоводе соединен с входом управления системами гидротурбины и синхронного генератора

Функциональная схема заявленного устройство защиты гидротурбины от выхода из строя опорного подшипника приведена на фиг. 1.

На фиг. 2 (а – ж) приведены: а – угловая скорость вращения гидротурбины; б – ток статора синхронного генератора; в – ток обмотки возбуждения синхронного генератора; г – давление воды в напорном водоводе; д – угол открытия задвижки в напорном водоводе; е – исходный сигнал управления системами гидротурбины и синхронного генератора, ж – выход блока 11 выработки аварийного сигнала.

Устройства защиты синхронного гидроагрегата, работающего на автономную нагрузку, от механических поломок и попадания инородного тела, в гидротурбину содержит: датчик тока статора синхронного генератора 1; датчик угла открытия задвижки в напорном водоводе 2; датчик тока обмотки возбуждения 3; датчик

тора, сигнал от тока обмотки возбуждения синхронного генератора 3 подается в блок 7 сравнения с нормальным значением тока обмотки возбуждения, в блоке 7 сравнения с нормальным значением тока обмотки возбуждения сравнивается текущее значение тока обмотки возбуждения с нормальными значениями тока обмотки возбуждения и определяется величина отклонения тока обмотки возбуждения синхронного генератора, в блок 7 сравнения с нормальным значением тока обмотки возбуждения, нормальное значение тока обмотки возбуждения задается с блока 11 задания нормального значения, выход блока 7 сравнения с нормальным значением тока обмотки возбуждения соединен с блоком 15 сравнения с уставкой и определения знака отклонения по току обмотки возбуждения синхронного генератора, в блоке 15 сравнения с уставкой и определения знака отклонения по току обмотки возбуждения величина отклонения сравнивается с уставкой тока обмотки возбуждения и определяется знак отклонения тока обмотки возбуждения синхронного генератора, задание уставки в блок 15 сравнения с уставками и определения знака отклонения тока обмотки возбуждения подается с блока 19 задания уставки по отклонению тока обмотки возбуждения синхронного генератора, выход блока 15 сравнения с уставкой и определения знака отклонения тока обмотки возбуждения синхронного генератора соединен с блоком 21 выработки аварийного сигнала, датчик 4 давления для непрерывного измерения давления в напорном водоводе, выход датчика 4 давления соединен с блоком 8 сравнения с нормальными значениями давления в напорном водоводе, в блоке 8 сравнения с нормальным значением давления в напорном водоводе сравнивается текущее значение давления с нормальным значением давления в напорном водоводе и определяется величина отклонения давления, в блоке 8 сравнения с нормальным значением давления значение нормального давления в напорном водоводе задается с блока 12 задания нормального значения давления, выход блока 8 сравнения с нормальным значением давления в напорном водоводе соединен с блоком 16 сравнения с уставкой и определения знака отклонения давления в напорном водоводе, в блоке 16 сравнения с уставкой и определения знака отклонения давления в напорном водоводе величина отклонения давления сравнивается с уставкой давления и определяется знак отклонения давления в напорном водоводе, величина уставки по давлению в напорном водоводе в блоке 16 сравнения с уставкой и определения знака отклонения давления задается с блока 20 задания уставки по давлению в напорном водоводе, выход блока 16 сравнения и определения знака отклонения давления в водонапорной трубе соединен с вторым входом блока 21 выработки аварийного сигнала, выход блока 21 выработки аварийного сигнала соединен с блоком 22 управления системами гидротурбины и синхронного генератора.

Устройства защиты синхронного гидроагрегата, работающего на автономную нагрузку, от механических поломок и попадания инородного тела, в гидротурбину работает следующим образом.

Включение системы (условно принято с момента времени $t=0$) происходит по сигналу “(Пуск гидротурбины)” поступающему с управляющего входа схемы управления гидротурбины. Сигнал управления подается с пульта управления оператором.

На фиг. 2а приведен график изменения угловой скорости вращения гидротурбины и синхронного генератора. Весь цикл работы состоит из четырех участков:

1. Первый участок (t_0 до t_1) – участок разгона, где гидроагрегат движется с ускорением до момента t_1 набора номинальной скорости вращения гидроагрегата с включенной нагрузкой.

2. Второй участок (t_1 до t_2) – установившийся режим работы гидроагрегата и синхронного генератора.

3. Третий участок (от t_2 до t_3) – режим работы при возникновении механической поломки или попадания инородного тела в гидротурбину.

4. Четвертый участок (от t_3 до t_4) – остановка синхронного гидроагрегата под нагрузкой. Для остановки синхронного гидроагрегата уменьшается напор в напорном водоводе, тем самым уменьшается скорость вращения синхронного гидрогенератора и уменьшается ток статора и ток обмотки возбуждения.

На фиг. 2б приведен график изменении действующих значений тока статора синхронного генератора. С момента t_0 начинается процесс нагружения синхронного генератора до номинальной или заданной нагрузки, далее с момента времени t_1 до t_2 установившийся режим работы на установленной нагрузке синхронного генератора. В момент времени t_2 происходит выход из строя опорного подшипника и увеличивается момент сопротивления на валу гидротурбины. Это приводит к тому, что уменьшается скорость синхронного гидроагрегата, механический момент на валу синхронного генератора и уменьшается ток статора. Одновременно увеличивается давление в напорном водоводе и ток возбуждения (увеличение тока обмотки возбуждения производится системой управления синхронным генератором для поддержания постоянно напряжения статора синхронного генератора). В момент времени t_3 вырабатывается аварийный сигнал устройством защиты. Далее, в период времени от t_3 до t_4 происходит процесс остановки синхронного гидрогенератора.

Выходное напряжение U датчика 1 тока, пропорционально току статора синхронного генератора

$$I = I_{\text{ст}} k_{\text{тт}} k_{\text{дт}},$$

где $k_{\text{тт}}$ – передаточный коэффициент трансформатора тока;

$k_{\text{дт}}$ – передаточный коэффициент схемы датчика тока;

$I_{\text{ст}}$ – ток статора синхронного генератора.

$$I = I_{\text{об}} k_{\text{тт}} k_{\text{дт}},$$

График изменения напряжений U датчиков тока повторяет динамику изменения действующих значений токов обмотки статора $I_{ст}$ и обмотки возбуждения синхронного генератора $I_{ов}$. Выходы датчиков тока являются информационными входами устройства защиты синхронного гидроагрегата, работающего на автономную нагрузку, от механических поломок и попадания инородного тела, в гидротурбину.

На фиг. 2в приведен график изменения тока обмотки возбуждения. Данное устройства разработано для синхронных генераторов с дополнительной обмоткой самовозбуждением для питания обмотки возбуждения. Начиная с момента времени t_0 до t_1 , разгон гидротурбины до номинальной скорости и возрастания тока в обмотке возбуждения до номинального значения. В промежутке времени от t_1 до t_2 генератор работает в установившемся режиме и ток обмотки возбуждения не изменяется. Период времени от t_2 до t_3 происходит механическая поломка и увеличения тока в обмотке возбуждения для поддержания постоянства напряжения статорной обмотки синхронного генератора. В момент времени t_3 происходит срабатывание устройства защиты. С момента времени t_3 начинается остановка гидроагрегата.

На фиг. 2г приведен график изменения давления в напорном водоводе. Начиная с момента времени t_0 до t_1 , разгон гидротурбины до номинальной скорости происходит за счет постепенного открытия задвижки напорного водовода и плавного роста давления до установленной мощности синхронного гидроагрегата. В промежутке времени от t_1 до t_2 генератор работает в установившемся режиме и давление остается неизменным. В момент времени t_2 происходит механическая поломка или попадания инородного тела в гидротурбину и в период времени от давления в напорном водоводе возрастает. Это связано с увеличением момента сопротивления на валу гидротурбины. В момент времени t_3 происходит срабатывание устройства защиты. С момента времени t_3 начинается остановка гидроагрегата.

На фиг. 2д приведен график изменения угла открытия задвижки в напорном водоводе t_0 до t_1 , разгон гидроагрегата под нагрузкой до установленной мощности за счет плавного открытия водяной задвижки в напорном водоводе. В промежутке времени от t_1 до t_2 генератор работает в установившемся режиме и угол открытия задвижки напорного водовода остается неизменным. В момент времени t_2 происходит механическая поломка или попадания инородного тела в гидротурбину и в период времени от t_2 до t_3 угол открытия задвижки не изменяется. В момент времени t_3 происходит срабатывание устройства защиты. С момента времени t_3 начинается остановка гидроагрегата.

На фиг. 2е, 2ж приведены выходные сигналы блока 22 управления системами гидротурбины и синхронного генератора и сигнал бло-

нала вырабатывает аварийный сигнал на снятие нагрузки, отключение синхронного генератора и остановку гидротурбины.

Запуск гидроагрегата производится посредством релейной схемы, блока 22 управления системами гидротурбины и синхронного генератора. Время пуска - это участок от t_0 до t_1 . Начиная с момента времени t_0 сигналы датчиков 1, 2 тока статора и обмотки возбуждения синхронного генератора и датчика 3, 4 давления и угла открытия задвижки в напорном водоводе подаются в блоки 5, 6, 7, 8 сравнения с нормальными значениями токов статора и обмотки возбуждения, угла открытия задвижки и давления в напорном водоводе.

В блоке 5 сравнения с нормальным значением тока статора сигнал, пропорциональный действующему значению тока статора, сравнивается с нормальным значением и определяется величина отклонения тока статора.

В блоке 5 сравнения с нормальным значением тока статора синхронного генератора реализуется следующая функция

$$I_{дст} - I_{нст} = \Delta I_{ст},$$

где $I_{дст}$ - действующее значение тока статора синхронного генератора;

$I_{нст}$ - нормальное значение тока статора синхронного генератора;

$\Delta I_{ст}$ - выходной сигнал блока 3 сравнения с нормальным значением по току статора, показывает величину отклонения тока статора синхронного генератора.

В блоке 6 сравнения с нормальным значением угла открытия задвижки напорного водовода сигнал, пропорциональный действующему значению угла открытия задвижки, сравнивается с нормальным значением и определяется величина отклонения угла открытия задвижки.

В блоке 6 сравнения с нормальным значением угла открытия задвижки напорного водовода реализуется следующая функция

$$W_{дз} - W_{нз} = \Delta W,$$

где $W_{дз}$ - действующее значение угла открытия задвижки напорного водовода;

$W_{нз}$ - нормальное значение угла открытия задвижки напорного водовода;

ΔW - выходной сигнал блока 3 сравнения с нормальным значением по углу открытия задвижки, показывает величину отклонения угла открытия задвижки напорного водовода.

В блоке 7 сравнения с нормальным значением тока обмотки возбуждения сигнал, пропорциональный действующему значению тока обмотки возбуждения, сравнивается с нормальным значением и определяется величина отклонения тока обмотки возбуждения.

В блоке 7 сравнения с нормальным значением тока обмотки возбуждения синхронного генератора реализуется следующая функция

$$I_{доэ} - I_{ноэ} = \Delta I_{оэ},$$

где $I_{доэ}$ - действующее значение тока обмотки возбуждения синхронного генератора;

$\Delta I_{\text{сз1}}$ – выходной сигнал блока 3 сравнения с нормальным значением по току обмотки возбуждения, показывает величину отклонения тока в обмотки возбуждения синхронного генератора.

В блоке 8 сравнения с нормальным значением давления в напорном водоводе сигнал, пропорциональный действующему значению давления в напорном водоводе, сравнивается с нормальным значением и определяется величина отклонения давления.

В блоке 8 сравнения с нормальным значением давления реализуются следующая функция

$$P_z - P_n = \Delta P_1,$$

где P_z – действующее значение давления в напорном водоводе;

P_n – нормальное значение давления в напорном водоводе;

ΔP_1 – выходной сигнал блока 8 сравнения с нормальным значением по давлению в напорном водоводе, показывает величину отклонения давления в напорном водоводе.

Нормальные значения тока статора, тока обмотки возбуждения, угла открытия задвижки и давления в зависимости от величины нагрузки синхронного генератора подаются с блоков 9, 10, 11 и 12 задания нормальных значений тока статора, тока обмотки возбуждения, углы открытия задвижки и давления в напорном водоводе.

Далее сигнал $\Delta I_{\text{с1}}$ от блока 5 сравнения с нормальным значением тока статора подается в блок 13 сравнения с уставкой и определения знака отклонения по току статора. В блоке 13 сравнения с уставкой и определения знака отклонения по току статора, сравнивается входное значение отклонения с заданным отклонением.

В блоке 13 сравнения с уставкой и определения знака отклонения по току статора реализуются следующие функции

$$x(t)_{\text{с1}} = \begin{cases} \Delta I_{\text{с1}} + \Delta I_{\text{yc}} = \Delta I_{\text{с2}} = 0, \\ \Delta I_{\text{с1}} + \Delta I_{\text{yc}} = \Delta I_{\text{с2}} > 0, \\ \Delta I_{\text{с1}} + \Delta I_{\text{yc}} = \Delta I_{\text{с2}} < 0, \end{cases}$$

где $x(t)_{\text{с1}}$ – выходной сигнал блока 7 сравнения с уставкой и определения знака отклонения по току статора синхронного генератора;

ΔI_{yc} – величина уставки по изменению тока статора синхронного генератора;

$\Delta I_{\text{с1}}$ – величина изменения тока статора синхронного генератора;

$\Delta I_{\text{с2}}$ – величина и знак отклонения по току статора синхронного генератора.

Одновременно сигнал ΔW_1 от блока 6 сравнения с нормальным значением угла открытия задвижки подается в блок 14 сравнения с уставкой и определения знака отклонения по углу открытия задвижки. В блоке 14 сравнения с уставкой и определения знака отклонения по углу открытия задвижки, сравнивается входное значение отклонения с заданным отклонением.

ки реализуются следующие функции

$$x(t)_{\text{w1}} = \begin{cases} \Delta W_1 + \Delta W_y = \Delta W_2 = 0, \\ \Delta W_1 + \Delta W_y = \Delta W_2 > 0, \\ \Delta W_1 + \Delta W_y = \Delta W_2 < 0, \end{cases}$$

где $x(t)_{\text{w1}}$ – выходной сигнал блока 14 сравнения с уставкой и определения знака отклонения по углу открытия задвижки напорного водовода;

ΔW_y – величина уставки по углу открытия задвижки напорного водовода;

ΔW_1 – величина изменения угла открытия задвижки напорного водовода;

ΔW_2 – величина и знак отклонения по углу открытия задвижки напорного водовода.

Одновременно сигнал $\Delta I_{\text{сз1}}$ от блока 7 сравнения с нормальным значением тока обмотки возбуждения подается в блок 15 сравнения с уставкой и определения знака отклонения по току обмотки возбуждения. В блоке 15 сравнения с уставкой и определения знака отклонения по току обмотки возбуждения, сравнивается входное значение отклонения с заданным отклонением.

В блоке 15 сравнения с уставкой и определения знака отклонения по току обмотки возбуждения реализуются следующие функции

$$x(t)_{\text{сз1}} = \begin{cases} \Delta I_{\text{сз1}} + \Delta I_{\text{ycз}} = \Delta I_{\text{сз2}} = 0, \\ \Delta I_{\text{сз1}} + \Delta I_{\text{ycз}} = \Delta I_{\text{сз2}} > 0, \\ \Delta I_{\text{сз1}} + \Delta I_{\text{ycз}} = \Delta I_{\text{сз2}} < 0, \end{cases}$$

где $x(t)_{\text{сз1}}$ – выходной сигнал блока 15 сравнения с уставкой и определения знака отклонения по току обмотки возбуждения синхронного генератора;

$\Delta I_{\text{ycз}}$ – величина уставки по изменению тока обмотки возбуждения синхронного генератора;

$\Delta I_{\text{сз1}}$ – величина изменения тока обмотки возбуждения синхронного генератора;

$\Delta I_{\text{сз2}}$ – величина и знак отклонения по току обмотки возбуждения синхронного генератора.

Одновременно сигнал ΔP_1 с блока 8 сравнения с нормальным значением давления, подается в блок 16 сравнения с уставкой и определения знака отклонения по давлению в напорном водоводе. В блоке 16 сравнения с уставкой и определения знака отклонения по давлению в напорном водоводе сравнивается входное значение отклонения с заданным отклонением.

В блоке 16 сравнения с уставкой и определения знака отклонения по давлению в напорном водоводе реализуются следующие функции

$$x(t)_{\text{p1}} = \begin{cases} \Delta P_1 - \Delta P_y = \Delta P_2 = 0, \\ \Delta P_1 - \Delta P_y = \Delta P_2 > 0, \\ \Delta P_1 - \Delta P_y = \Delta P_2 < 0, \end{cases}$$

где $x(t)_{\text{p1}}$ – выходной сигнал блока 16 сравнения с уставками и определения знака отклонения по давлению в напорном водоводе;

ΔP_y – величина уставки по давлению в напорном водоводе;

ΔP_2 — величина и знак отклонения давления в напорном водоводе.

Величина уставок по току статора, тока обмотки возбуждения, угла открытия задвижки и давлению в напорном водоводе задается блоками 17, 18, 19 и 20 задания уставок.

Далее сигнал с блоков 13, 14, 15 и 16 сравнения и определения знака отклонения по току статора, тока обмотки возбуждения, угла открытия задвижки и давления в напорном водоводе поступает в блок 21 выработки аварийного сигнала.

В блоке 21 выработки аварийного сигнала реализуются следующие логические функции

$$\begin{aligned}
 x_1(t)_1 = \text{раб.}, \text{ если } & \begin{cases} x(t)_{Ic1} = 0; \\ x(t)_{w1} = 0; \\ x(t)_{Ios1} = 0; \\ x(t)_{p1} = 0; \end{cases} \\
 x_1(t)_2 = \text{раб.}, \text{ если } & \begin{cases} x(t)_{Ic1} > 0; \\ x(t)_{w1} > 0; \\ x(t)_{Ios1} > 0; \\ x(t)_{p1} > 0; \end{cases} \\
 x_1(t)_3 = \text{раб.}, \text{ если } & \begin{cases} x(t)_{Ic1} < 0; \\ x(t)_{w1} < 0; \\ x(t)_{Ios1} < 0; \\ x(t)_{p1} < 0; \end{cases} \\
 x_1(t)_4 = \text{откл.}, \text{ если } & \begin{cases} x(t)_{Ic1} < 0; \\ x(t)_{w1} = 0; \\ x(t)_{Ios1} > 0; \\ x(t)_{p1} > 0; \end{cases}
 \end{aligned}$$

где $x_1(t)_1$ — нормальный режим работы, аварийный сигнал на выходе блока 11 выработки аварийного сигнала не вырабатывается;

$x_1(t)_2$ — режим увеличения вырабатываемой мощности синхронного генератора, аварийный сигнал на выходе блока 11 выработки аварийного сигнала не вырабатывается;

$x_1(t)_3$ — режим снижения вырабатываемой мощности синхронного генератора, аварийный

$x_1(t)_4$ — комбинация сигналов на входе блока 11 выработки аварийного сигнала соответствует аварийной ситуации механической поломки или попадания инородного тела турбину синхронного гидроагрегата. В этом случае увеличивается давление в напорном водоводе. Это связано с увеличением момента сопротивления, вызванным механической поломкой или попадания инородного тела в гидротурбину синхронного гидроагрегата. Ток статора уменьшается, ток обмотки возбуждения увеличивается потому, что вращающий момент и скорость на валу синхронного генератора уменьшается. На выходе блока 11 выработки аварийного сигнала вырабатывается аварийный сигнал.

Далее аварийный сигнал поступает в блок 22 управления системами гидротурбины и синхронного генератора и происходит процесс остановки и отключения синхронного гидроагрегата.

Появления аварийного сигнала обеспечивается последовательным срабатыванием девяти блоков при контроле величины тока статора, угла открытия задвижки, тока обмотки возбуждения и давления, при контроле величины отклонения. При собственном срабатывании аналоговых блоков $5 \cdot 10^{-6} \dots 10^{-5}$, полное время срабатывания устройств будет определяться в основном собственными временами срабатывания блока 22 управления системами гидротурбины и синхронного генератора, составляющим $0,07 \dots 0,09$ с., и датчика 2 давления. Время срабатывания датчика давления составляет $0,12 \dots 0,14$ с., а полное время срабатывания устройства составит $0,19 \dots 0,23$ с.

Таким образом, предлагаемое устройство защиты синхронного гидроагрегата, работающего на автономную нагрузку, от механических поломок и попадания инородного тела, в гидротурбину позволяет распознать аварийную ситуацию на ранних стадиях и увеличивает быстродействие срабатывания защиты, что позволит минимизировать последствия аварии.

Формула изобретения

Устройства защиты синхронного гидроагрегата, работающего на автономную нагрузку, от механических поломок и попадания инородного тела, в гидротурбину, включающее, датчик тока статора синхронного генератора, датчик давления в напорном водоводе, блок сравнения с нормальными значениями тока статора синхронного генератора, блок сравнения с нормальными значениями давления в напорном водоводе, блок задания нормальных значений по току статора синхронного генератора, блок задания нормального значения давления, блок сравнения с уставками и определения знака отклонения по току статора синхронного генератора, блок сравнения с уставками и определения знака отклонения давления в напорном водоводе, блок задания уставок по току статора синхронного генератора, блок задания уставок по давлению в напорном водоводе, блок выработки аварийного сигнала, блок управления системами гидротурбины и синхронного генератора, **отличающийся тем что**, дополнительно имеет датчик угла открытия задвижки в напорном водоводе, выход которого соединен с блоком сравнения с нормальными значениями угла открытия задвижки в напорном водоводе, датчик тока обмотки возбуждения, выход которого соединен с блоком сравнения с нормальными значениями тока обмотки возбуждения синхронного генератора, блок сравнения с нормальными значениями угла открытия задвижки в напорном водоводе, выход которого соединен с блоком сравнения

с уставками и определения знака отклонения по углу открытия задвижки в напорном водоводе, блок сравнения с нормальными значениями тока обмотки возбуждения синхронного генератора, выход которого соединен с блоком сравнения с уставками и определения знака отклонения по току обмотки возбуждения, блок задания нормальных значений по углу открытия задвижки в напорном водоводе, выход которого соединен с блоком сравнения с нормальными значениями угла открытия задвижки в напорном водоводе, блок задания нормальных значений по току обмотки возбуждения синхронного генератора, выход которого соединен с блоком сравнения с нормальными значениями тока обмотки возбуждения синхронного генератора, блок сравнения с уставками и определения знака отклонения по углу открытия задвижки в напорном водоводе, выход которого соединен с блоком выработки аварийного сигнала, блок сравнения с уставками и определения знака отклонения по току обмотки возбуждения, выход которого соединен с блоком выработки аварийного сигнала, блок задания уставок по углу открытия задвижки в напорном водоводе, выход которого соединен с блоком сравнения с уставками и определения знака отклонения по углу открытия задвижки в напорном водоводе, блок задания уставок по току обмотки возбуждения синхронного генератора, выход которого соединен с блоком сравнения с уставками и определения знака отклонения по току обмотки возбуждения.

Компьютерный набор: Фатхуллова М.С.

Заказ

Тираж

Подписное

Национальный патентно-информационный центр РТ
734042, г. Душанбе, ул. Айни, 14а