

Гидравлические системы управления для газовых и паровых турбин

Гидравлические системы управления и регулирования имеют долгую историю применения в конструкции турбин, и это, несомненно, одно из первых практических применений технологии масляных гидравлических систем управления (например, регулятор Дж. Ватта с использованием центробежных сил).

Около 15 лет назад компания Bosch Rexroth одной из первых начала заменять концепцию гидравлических систем управления низкого давления на системы высокого давления.

Турбины с давлением 100-160 атм. рассматривались как системы с высоким давлением. Применение гидравлики в подобных системах описано в документах «Гидравлика в газовых турбинах» и «Гидравлика высокого давления в современных газо- и паротурбинных системах» (Bosch Rexroth RE 09 722/07.90).

Наиболее важные аспекты применения гидравлического управления и регулирования турбин — это безопасность, ремонтпригодность и ресурс. Рассмотрим эти аспекты более подробно.

Безопасность — независимо от режима работы оборудование должно находиться под стопроцентным контролем. Неспособность контролировать нештатные ситуации может привести к травмам персонала, повреждениям оборудования или даже к катастрофам.

Ремонтпригодность и ресурс — обеспечение длительной и непрерывной работы генераторов. Наиболее важный аспект для электростанций — это работа без отказов, независимо от режима. Только таким образом обеспечивается максимальная эксплуатационная эффективность. Согласно статистике, сбой в работе турбинной группы из-за отказа гидравлической системы регулирования происходит не ранее чем через 5-6 лет с начала эксплуатации.

Применение гидравлики в системах регулирования газовых и паровых турбин описано ниже, на примере турбинной установки Siemens.

Основная тенденция в современном развитии технологии электростанций — это переход к так называемым парогазовым комбинированным схемам (комбинированному циклу) с КПД около 58%.

◆ Газовые турбины

Для обеспечения управляемости газовых турбин в контуре топливной системы необходимы различные регулирующие компоненты.

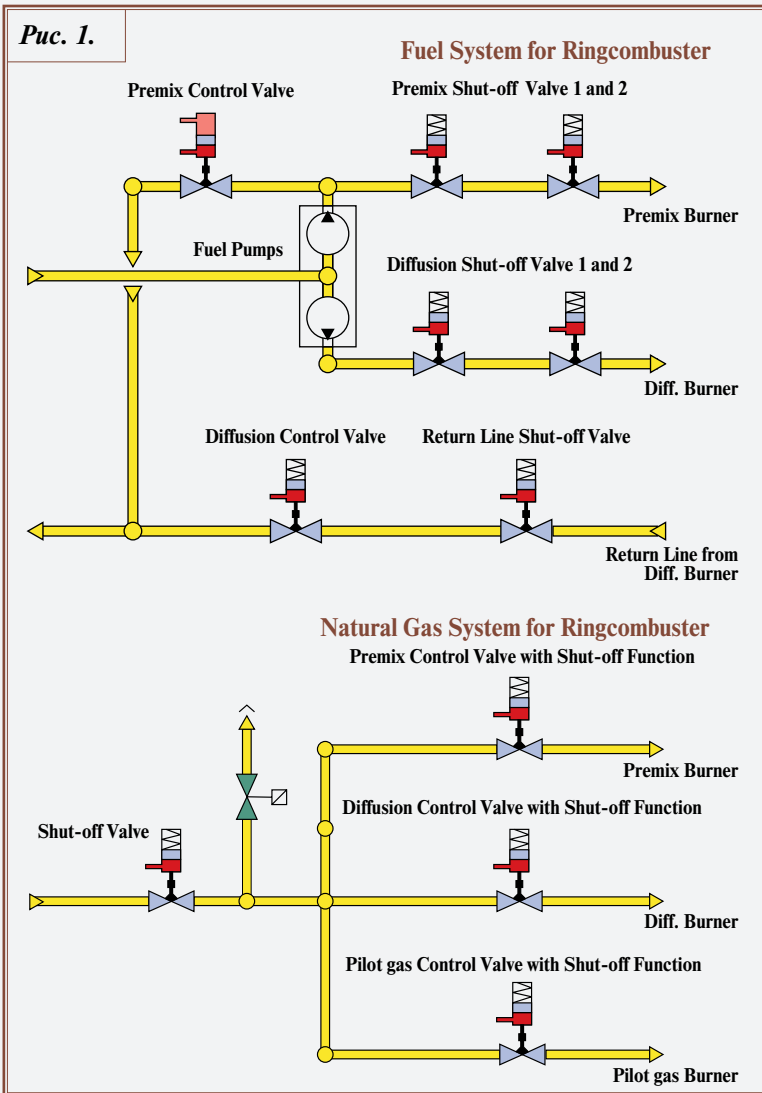


Газовые турбины могут быть оборудованы топливными системами для различных видов топлива, в основном это природный газ и/или топливо/мазут. Возможны и другие типы топлива, например: каменноугольный газ или керосин.



Выбор вида топлива газотурбинного двигателя зависит от заказчика. На *рис. 1* показаны различные варианты схем топливопитания камеры сгорания газовых турбин (топливо — мазут, газ). Как видно из схемы, для работы газовой турбины возможно использование нескольких режимов эксплуатации (работа с предварительным смешением или диффузионный режим работы). Данные режимы работы предполагают использование систем регулирования и безопасности, показанных на *рис. 1*. В таких системах используется запорная и регулирующая арматура для жидкого и газообразного

Рис. 1.



топлива, оснащенная гидроприводами производства компании Bosch Rexroth.

Соответствия номинальных размеров и давлений показаны в *таблице*.

Благодаря специальной конструкции топливорегулирующей арматуры (клапаны внутренне сбалансированы по давлению – рабочие усилия практически не зависят от размера клапана), гидроприводы одного типоразмера возможно использовать для оснащения различных типов турбин. Например: газовый клапан управления с номинальным размером 5 дюймов (125 мм) может управляться таким же цилиндром, что используется для клапана управления с номинальным размером 10 дюймов (250 мм).

Другой особенностью является то, что все клапаны регулирования топливного контура имеют приоритетную функцию отсечки. Подобное сочетание функций отсечки и регулирования в конструкции одного клапана обеспечивает ту же способность изоляции линии, как и отдельно установленный отсечной клапан (*Рис. 1*).

Принцип обеспечения безопасности дублированием реализован за счет применения быстрозапорного клапана и комбинаций быстрозапорного клапана и регулировочного клапана. Необходимость в наличии второго запорного клапана (например, когда используется регулирующий клапан управления, допускающий утечки) исключается.

Все гидравлические приводы являются сервоприводами, оснащенными встроенными блоками

Таблица

Среда	Регулирующий клапан			Отсечной клапан				Регулирующий клапан			Отсечной клапан			Управляющий распределитель
	Мазут			Мазут			Керосин	Газ			Газ			
Диаметр (мм)	65	80	100	65	80	100	80	125	200	250	125	200	250	50
Диаметр (дюйм)	2.5	3	4	2,5	3	4	3	5	8	10	5	8	10	2
Давление (бар)	100	100	100	100	100	100	160	40	40	40	40	40	40	40
Размер (ANSI)	600	600	600	600	600	600	900	300	300	300	300	300	300	300
Массовый расход (г/мин)	20	45	65	55	120	170	100	150	330.	520	250	460	900	45
Объемный расход (м³/ч)	17	38	56	47	103	145	85	128	282	444	214	393	769	38
T (°C)	150	150	150	150	150	150	150	200	200	200	200	200	200	200
T (°F)	300	300	300	300	300	300	300	400	400	400	400	400	400	400
Класс утечки (ANSI BI. 16.104)	V	V	V	V	V	V	V	VI	VI	VI	VI	VI	VI	VI

управления. Полости цилиндров соединены друг с другом напрямую, через блок управления (без использования внешних трубопроводов). Все клапаны открываются гидравлически с преодолением усилия пакета пружин, устанавливаемого в верхней части привода. Дозирование топлива осуществляется механически за счет преодоления усилия пакета пружин. Гидравлический цилиндр с двойным штоком сконструирован как синхронизирующий привод.

Поскольку объем масла с обеих сторон поршня привода одинаков (цилиндр равных площадей), во время быстрого закрытия гидравлическое масло может быть напрямую направлено в заднюю часть привода через блок управления (время закрытия 120-200 миллисекунд).

При использовании данной конструкции во время операции быстрого закрытия нет необходимости обеспечивать возврат масла к питающей гидростанции. Как следствие, трубопроводы наружной разводки обеспечивают только малорасходные операции управления и имеют минимальные размеры. Это позволяет уменьшить габариты гидравлического блока питания, соединительных трубопроводов, а также потребляемую мощность.

Все применяемые гидроклапаны, за исключением сервораспределителей, имеют исключаяющую перетечки конструкцию. Безопасность отключения системы гарантируется (все электромагнитные распределители имеют клапанную конструкцию).

Перетечки в системе минимальны (так, гидроцилиндры быстрого срабатывания вообще не имеют перетечек), поэтому гидростанция с резервными электромоторами на 10 л.с. (7,5 кВт) может обеспечить одновременную работу нескольких приводов.

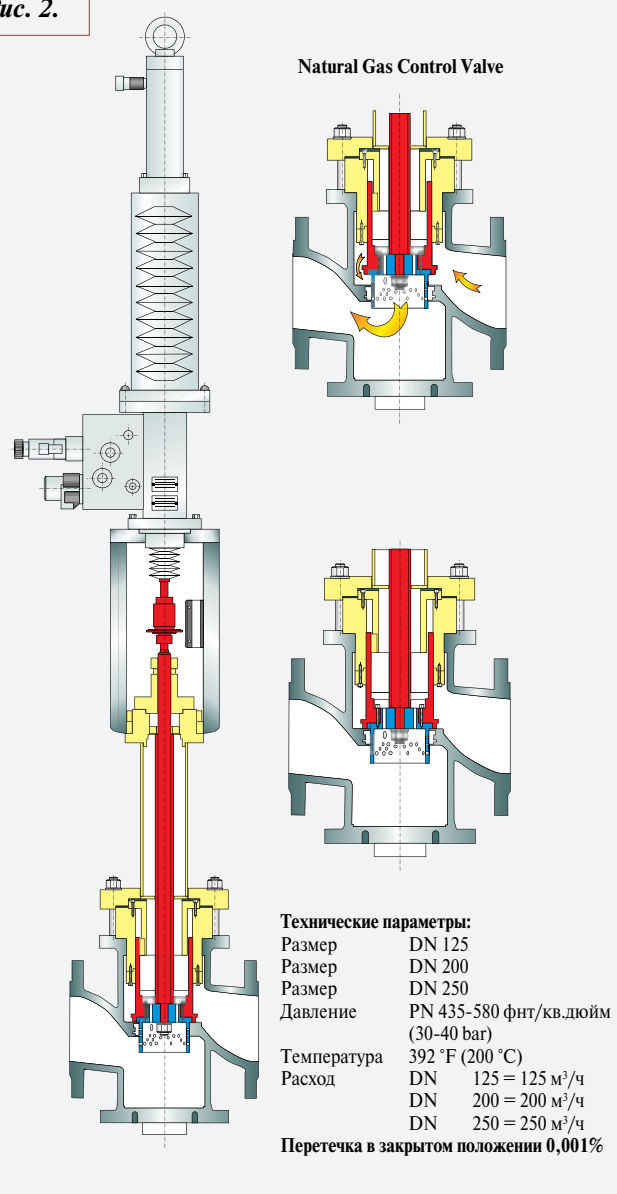
На *рисунке 2* показан оснащенный гидроприводом регулирующий клапан для системы топливоподачи природного газа.

◆ Паровые турбины

В сравнении с газовыми турбинами, системы безопасности и управления паровых турбин должны сохранять управляемость во всем диапазоне тепловой мощности



Рис. 2.



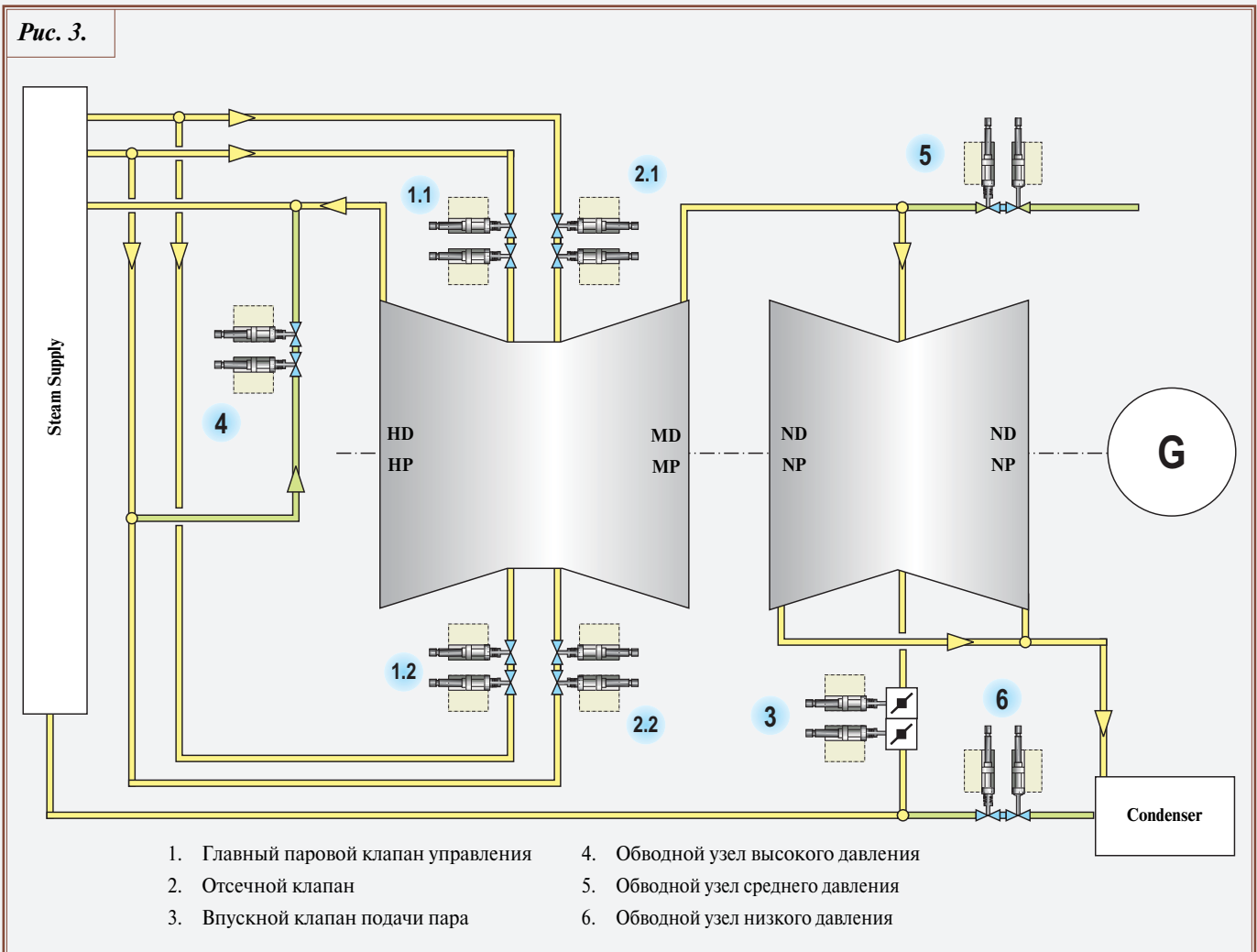
турбины. Управление газовой турбиной происходит за счет изменения количества топлива, подаваемого в камеру сгорания газотурбинного двигателя (подобно насосу-инжектору в дизельном двигателе); в паровой турбине клапаны управления регулируют весь поток пара, подаваемого на турбину.

Номинальные размеры паровых клапанов, величины давления и температуры пара, воздействию которых подвергаются компоненты гидравлического оборудования, значительно выше, чем у газовых турбин. В результате управляющие усилия должны быть намного выше, поэтому габариты и нагрузки пружин гидроприводов увеличиваются.

Типовая схема паровой турбинной группы в комплекте с необходимыми паровыми клапанами показана на *рис. 3*.

Пар от «источника» проходит к ступени высокого давления паровой турбины через два главных паровых регулирующих клапана, *поз. 1.1* и *поз. 1.2*. После первого цикла расширения, пар поступает на ступень среднего давления паровой турбины, через отсекающие клапаны

Рис. 3.



поз. 2.1 и поз. 2.2. После ступени среднего давления пар проходит через ступень низкого давления к конденсатору и далее, в виде конденсата, возвращается в технологический процесс.

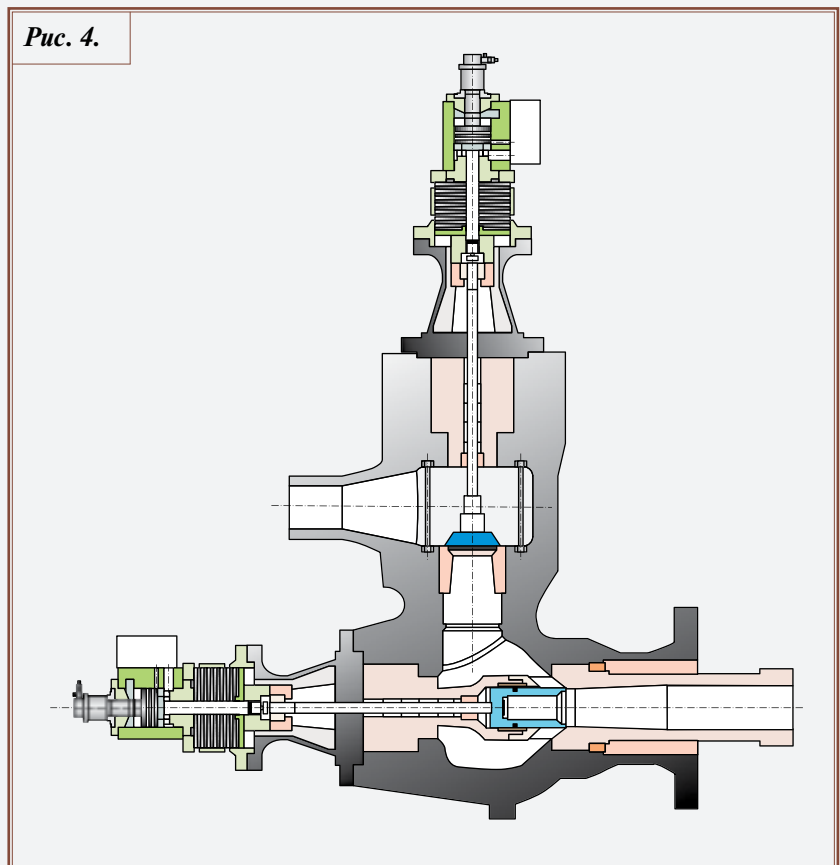
Для сохранения управляемости технологического процесса на случай нештатных ситуаций и отказов предусмотрены байпасные линии высокого давления поз. 4, среднего давления поз. 5 и низкого давления поз. 6. Использование байпасных линий позволяет направлять подачу пара в обход турбины.

Встроенные клапаны управления турбиной разрабатываются и изготавливаются производителем турбины.

В зависимости от места установки клапана в системе рабочая температура может достигать 550 °С, а диапазон изменения давления — 8–300 бар. Каждый клапанный блок включает в себя отсечной клапан быстрого заперения и регулирующий клапан управления.

Функции обеспечения безопасности и управления предусмотрены для каждого клапанного блока. К корпусу клапана крепятся два гидрпривода (См. рис. 4).

Рис. 4.



Независимо от привода все требуемые функции управления объединены в одном клапанном блоке. Оба узла привода напрямую соединены с блоком управления.

Закрытие клапана обеспечивается пакетом пружин. Компания Bosch Rexroth производит комплектные серии гидроприводов и пакетов пружин для различных паровых клапанов. Диапазон диаметров – 110–240 мм, а диапазон изменения хода составляет 50–250 мм.

Привод представляет собой модульную конструкцию, состоящую из различных функциональных блоков; в стандартный ряд диаметров входят три типоразмера корпусов и три типоразмера пакетов пружин. (Рис. 5).

Приводы и пакеты пружин среднего и большего размеров рядов могут быть взаимозаменяемы, что позволяет для этих серий охватить спектр паровых клапанов для турбин мощностью 50–1000 MW.

Паровые клапаны удерживаются в открытом положении гидроприводом, преодолевающим усилие пружинного блока, что контролируется сервораспределителем в замкнутом контуре управления.

Каждый клапанный блок включает в себя отсечной клапан быстрого запирания и регулирующий клапан управления.

Отсечка подачи пара может быть реализована приводами управления, которые обладают приоритетной функцией быстрого закрытия. При закрытии клапана (120–200 миллисекунд) поток масла с высоким расходом (2000–3000 л/мин. для больших гидравлических цилиндров) направляется напрямую в противоположную часть цилиндра. Подобно приводам для газовых турбин, во время быстрого закрытия не происходит возврата масла к гидравлической станции. Поэтому подсоединение к питающей гидравлической станции необходимо подбирать только из условия обеспечения операций регулирования.

В конструкции типовой гидравлической станции для управления главными паровыми клапанами предусмотрены резервные насосные группы, водомасляный теплообменник, распределительная аппаратура и фильтры очистки гидравлической жидкости.

◆ Байпасные системы

В дополнение к гидроагрегатам управления, компания Bosch Rexroth поставляет схожие системы управления для вспомогательных систем, таких как системы управления байпасными линиями турбины.

Основные особенности конструкции типовых гидравлических станций Bosch Rexroth для управления перепускными клапанами: наличие резервных групп электронасосов, использование вертикальной установки погружных насосов, что снижает уровень шума и повышает ресурс насосов, наличие аварийного аккумулятора (на случай отключения электропитания), наличие процессора управления и т. д.

На сегодняшний день компания Bosch Rexroth разрабатывает, производит и поставляет экономичные модульные системы регулирования для газовых и паровых турбин мощностью до 1000 мегаватт, удовлетворяющие современным требованиям обеспечения безопасности и управляемости.

Более детальная техническая и экономическая информация предоставляется по запросу.

◆ Обучение и сервисное обслуживание

Корпорация Bosch Rexroth имеет развитую сеть сервисного обслуживания и технической поддержки, обеспечивающую ремонт оборудования как у производителя, так и на месте эксплуатации; осуществляет пусконаладочные работы.

Обучение персонала проводится в центрах подготовки Bosch Rexroth, также возможно обучение на предприятии заказчика.

Рис. 5.

