

УДК 621.165.62-5

БЕЗМАСЛЯНЫЕ СИСТЕМЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ ПАРОВЫХ ТУРБИН

OIL-FREE CONTROL SYSTEMS OF STEAM TURBINES

Литвинов Егор Владимирович, аспирант каф. «Турбины и двигатели», Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Россия, 620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19. E-mail: litvinov@uer.ru, Тел.: +7(912)291-26-88

Новоселов Владимир Борисович, д-р. техн. наук, профессор каф. «Турбины и двигатели», Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Россия, 620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19. E-mail: vnowoselov@mail.ru. Тел.: +7(922)208-79-53

Голубев Андрей Эдуардович, магистрант каф. «Электропривод и автоматизация промышленных установок» Уральского федерального университета имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Россия, 620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19. E-mail: a.golubev@uer.ru, Тел.: +79049818443

Egor V. Litvinov, Graduate student, Department «Turbines and engines», Ural Federal University named after the first President of Russia B.N.Yeltsin, 620002, Mira street, 19, Ekaterinburg, Russia. E-mail: litvinov@uer.ru. Ph.: +7(912)291-26-88

Vladimir B. Novoselov, Doctor Sc., Prof., Department «Turbines and engines», Ural Federal University named after the first President of Russia B.N.Yeltsin, 620002, Mira str., 19, Ekaterinburg, Russia. E-mail: vnowoselov@mail.ru. Ph.: +7(922)208-79-53

Andrey E. Golubev, Master student, Ural Federal University named after the first President of Russia B.N.Yeltsin, 620002, Mira street, 19, Ekaterinburg, Russia. E-mail: a.golubev@uer.ru. Ph.: +79049818443

Аннотация: В статье рассмотрены перспективные системы автоматического регулирования паровых турбин на базе электромеханических приводов. Описано применение клапана с электромеханическим приводом в качестве регулирующего органа на линии дополнительного отбора пара из турбины. Рассмотрена возможность применения электромеханических приводов в качестве привода стопорного и регулирующих клапанов высокого давления паровой турбины.

Abstract: In article perspective control systems of steam turbines on the basis of electromechanical drives are considered. Use of the valve with the electromechanical drive as regulator on additional steam extraction from the turbine is described. The possibility of use of electromechanical drives as drive for high pressure stop and control valves is considered.

Ключевые слова: паровая турбина; система регулирования; система защиты; электромеханический привод.

Key words: steam turbine; control system; protection system; electromechanical drive.

ВВЕДЕНИЕ

На сегодняшний день наиболее распространенными являются гидромеханические системы регулирования и защиты паровых турбин. Постепенно выполняются реконструкции систем регулирования существующих турбин с переводом их в электрогидравлические [1]. Такие мероприятия позволяют значительно снизить нечувствительность системы регулирования, повысить её надежность и эксплуатационные характеристики. Однако полностью исключить гидравлический привод органов регулирования не представлялось возможным в силу низкого быстродействия или значительных габаритных размеров приводов другого типа.

ОАО «УРАЛЭНЕРГОРЕМОНТ» (УЭР) планомерно развивает новое направление модернизации систем регулирования и защиты паровых турбин на основе только электрических приводов - **безмасляных систем регулирования и защиты (БМСРЗ)**.

Преимущества БМСРЗ очевидны:

- **пожаробезопасность** (отсутствие маслопроводов высокого давления);
- **упрощение конструкции САР** (полная ликвидация гидравлической части системы регулирования, а также электрогидравлических и электромеханических преобразователей);
- **экономичность** (в установившихся режимах потребление энергии необходимо только для контроля состояния системы);

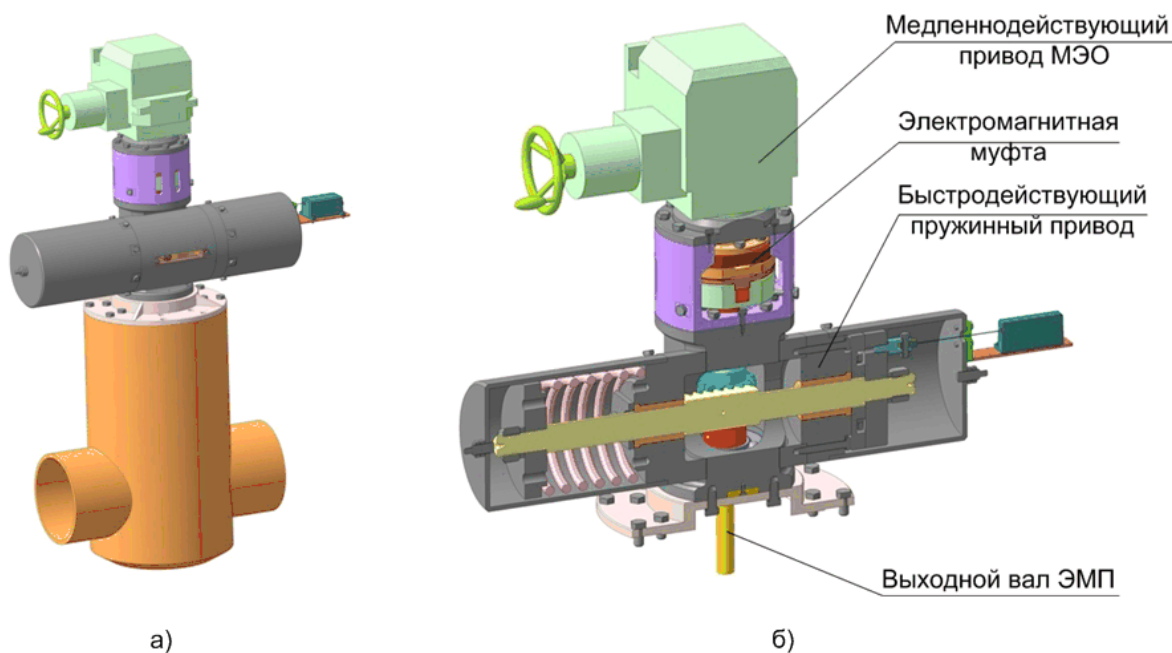


Рис.1 а) ЭМП в сборе с поворотным клапаном для установки на паропроводе отбора пара из турбины
б) ЭМП в разрезе

• **компактность** (возможность размещения приводов в стеснённых условиях компоновки турбоустановки).

Основными трудностями при реализации БМСРЗ всегда считалось несоответствие высоких показателей быстродействия и мощности электропривода. Исследования, выполненные в ОАО «УРАЛЭНЕРГОРЕМОНТ», показали, что основные требования в части обеспечения высоких эксплуатационных качеств в различных режимах работы (включая аварийные) [2], могут быть удовлетворены за счёт сочетания электрического и механического (пружинного) приводов. Элементом, позволяющим осуществить такую комбинацию приводов, является электромагнитная муфта (ЭММ), причём механический (пружинный привод) соединён с регулирующим органом непосредственно, а электропривод – через ЭММ.

КОНСТРУКЦИЯ ПРИВОДА

Конструкция электромеханического привода (ЭМП) показана на рис.1а,б. Медленнодействующий привод МЭО через электромагнитную муфту соединен с выходным валом ЭМП и обеспечивает работу клапана в медленнотекущих процессах регулирования. На валу клапана также установлена шестерня, которая при повороте клапана в сторону открытия перемещает зубчатую рейку и тем самым сжимает пружину. При подаче напряжения на электромагнитную муфту происходит сцепление вала клапана с валом мотор-редуктора и обеспечивается работа клапана в эксплуатационном относительно медленнотекущем процессе регулирования. При

снятии напряжения с электромагнитной муфты происходит расцепление вала мотор-редуктора с валом клапана и под действием пружины клапан поворачивается в сторону закрытия. Собственное время закрытия из полностью открытого состояния для таких приводов составляет 0,1-0,2 с, что сопоставимо со временем закрытия гидравлического сервомотора.

Такая схема организации управления регулирующими (защитными) органами (РО) турбины позволила обеспечить её безопасность в аварийных ситуациях за счёт отключения электропривода (обесточивание ЭММ) и быстрого закрытия РО освободившимся пружинным приводом, и хорошую управляемость турбиной в эксплуатационных режимах работы (управление нагрузкой) с относительно небольшими скоростями (30-40 с. на полный ход РО).

ПРИМЕНЕНИЕ ЭМП ДЛЯ КЛАПАНА ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ОТБОРА ПАРА ИЗ ТУРБИНЫ

Возможно применение ЭМП и для привода регулирующего и стопорного клапана на линии отбора пара из турбины. ОАО «УРАЛЭНЕРГОРЕМОНТ» разработало и внедрило на нескольких турбинах типа Т-110/120-130 проекты дополнительных отборов пара из перепускных труб ЦВД-ЦСД с использованием электромеханических приводов регулирующего и стопорного поворотных клапанов. Параметры пара в перепускных трубах ЦВД-ЦСД этих турбин в номинальном режиме имеют параметры в пределах 30-33 кгс/см². Использование этого пара для подачи его в стационарный коллектор собственных нужд 8-16 кгс/см² взамен пара РОУ

(вытеснение пара РОУ) очевидно даёт большой экономический эффект.

Традиционно для управления дополнительным отбором используется блок защитно-регулирующего клапана (БЗРК) с гидравлическими исполнительными механизмами (сервомотором и автозатвором). Установка БЗРК сложна в связи с плотной компоновкой турбоустановки, большим собственным весом БЗРК и необходимостью прокладки напорных, импульсных и сливных маслопроводов. Кроме того, снижается пожаробезопасность турбоустановки в связи с расположением БЗРК и его маслопроводов в зоне высоких температур. Клапаны с ЭМП лишены перечисленных недостатков. Они имеют малые габариты и вес, легко встраиваются в плотную компоновку турбоустановки, обеспечивает дистанционное и автоматическое управление от прилагаемой электрической части. На линии отбора пара из турбины последовательно устанавливается два клапана с ЭМП. Первый по ходу движения клапан выполняет функцию регулирования давления (расхода) пара в отборе. Второй клапан является защитным (стопорным) и дополняется обратным клапаном. Для получения необходимой температуры пара на паропроводе устанавливают охлаждающее устройство.

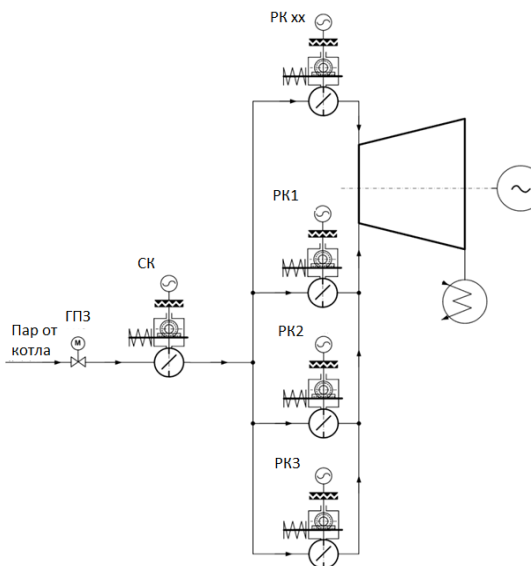
В настоящее время ОАО «УРАЛЭНЕРГОРЕМОНТ» разработало и реализовало на 7 турбинах типа Т-110/120-130 УТЗ электрическую безмасляную систему автоматического регулирования дополнительного отбора пара из перепускных труб ЦВД-ЦСД, на одной турбине типа ПТ-60-130, работающей в составе ПГУ, электрическую систему регулирования клапанами контура низкого давления.

ЭМП В СИСТЕМЕ РЕГУЛИРОВАНИЯ И ЗАЩИТЫ ТУРБИНЫ

Результаты исследований показывают возможность применения ЭМП для привода регулирующих и стопорных клапанов турбины на паропроводах высокого давления. Принципиальная схема системы регулирования и защиты, построенная на базе электромеханических приводов представлена на рис. 2. На схеме РК xx – регулирующий клапан холостого хода турбины, обеспечивающий 10% расхода свежего пара (10% номинальной мощности). Быстродействующий электропривод служит для устойчивого поддержания частоты вращения на холостом ходу и участия в первичном регулировании частоты сети при работе под нагрузкой. Расчёты показывают возможность выполнения электромеханического привода клапана холостого хода со временем перемещения на полный ход до 5-6 с. при высоком качестве поддержания частоты вращения (степень

затухания колебаний 70-90%) и мощности электропривода на уровне 0,25 – 1,0 кВт. Быстродействующий пружинный привод со временем закрытия 0,15-0,20 с. обеспечивает закрытие клапана в аварийной ситуации.

Рис. 2. Принципиальная схема системы регулирования и защиты турбины на базе ЭМП.



Регулирующие клапаны нагружения турбины РК1-РК3 обеспечивают оставшиеся 90% расхода свежего пара. Время перемещения клапанов РК1-РК3 на полный ход составляет 30-40 с. Электромеханический привод стопорного клапана (СК) по динамическим характеристикам соответствует приводам РК1-РК3.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

ЭМП сочетают в себе уникальные качества, такие как пожаробезопасность, низкое энергопотребление, быстродействие в аварийных ситуациях, простоту конструкции и надёжность, что крайне важно в энергетической отрасли промышленности. Обладая данными преимуществами, ЭМП являются перспективным направлением в развитии безмасляных систем регулирования и защиты паровых турбин. Сегодня уже разработаны конструкции безмасляных приводов стопорных и сбросных клапанов паровых турбин, регулирующих диафрагм отопительных отборов пара. Ведутся разработки индивидуальных электроприводов регулирующих клапанов паровых турбин.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Леснов В.А., Новоселов В.Б.. Регулирование и автоматизация паровых турбин и газотурбинных установок. Екатеринбург: ГОУ ВПО «УГТУ-УПИ», 2003. 344 с.
2. Фрагин М.С. Регулирование и маслоснабжение паровых турбин. СПб.: ИПК «Коста», 2011. 400 с.