

ВЛИЯНИЕ КАЧЕСТВА СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ЧАСТОТЫ И МОЩНОСТИ ПАРОВЫХ ТУРБИН НА ЭКСПЛУАТАЦИОННУЮ НАДЕЖНОСТЬ И БЕЗОПАСНОСТЬ ЭНЕРГОБЛОКОВ АЭС

Артюх С.Ф., Канюк Г.И.

Украинская инженерно-педагогическая академия

The paper deals with optimization of the systems of automatic control of frequency and power of steam-turbines of AES. The results may be used during modernization of the systems of automatic control of power units of AES with the purpose of increase of their operating reliability and safety.

Введение. Одной из основных причин снижения эксплуатационной надежности, безопасности срока службы главных паропроводов ТЭС и АЭС являются динамические нагрузки, обусловленные вибрациями давления (в т.ч. - автоколебаниями), гидроударами, причина которых – нестационарные режимы движения энергоносителя. Одним из источников нестационарных газодинамических процессов в главных паропроводах являются перемещения стопорно-регулирующих клапанов турбин, обусловленные работой системы автоматического регулирования частоты и мощности (САР Ч и М). Максимальные выбросы регулирования частоты вращения через соответствующие выбросы перемещения регулируемых клапанов, непосредственно воздействуют на паровой поток и ограничиваются срабатыванием автоматов безопасности, но, тем не менее, могут достигать весьма значительных величин – до 12% от номинальных значений. Поэтому повышение технических характеристик САР Ч и М паровых турбин (в частности – уменьшение выбросов регулируемой величины и приближение характера переходных процессов к апериодическому), помимо главной цели – увеличения точности и быстроты действия процесса регулирования, обеспечивает также снижение нестационарных выбросов и пульсаций давления в паровых потоках и, следовательно – уменьшение динамических нагрузок на паропроводы.

Наибольшие резервы повышения качества регулирования имеют электрогидравлические САР Ч и М, разработанные Харьковскими ПО «Турбоатом» и «Монолит», поскольку они оснащены микропроцессорными системами управления, обладающими возможностями для реализации эффективных алгоритмов управления. Однако эти возможности в настоящее время реализуются не полностью: в традиционных САР Ч и М обычно используются простейшие алгоритмы управления с дополнительными корректирующими обратными связями по положению отсечного золотника и сервомотора управления стопорно-регулирующими клапанами.

Математическая модель электрогидравлического контура САР Ч и М. С целью анализа возможностей повышения показателей качества регулирования САР Ч и М в Украинской инженерно-педагогической академии в 1995-1997 г.г. выполнялась фундаментальная НИР, финансируемая из бюджета Министерства образования и науки Украины.

Были разработаны математические модели электрогидравлического контура САР Ч и М, выполнены оценки степени влияния различных процессов и параметров на работу системы регулирования [1].

Для синтеза эффективных алгоритмов управления на основе оценочных статических и динамических расчетов разработана упрощенная, но достаточно адекватная математическая модель электрогидравлического контура управления положением регулирующего клапана турбины [2]. Идентификация (уточнение параметров) исходной математической модели выполнялась методом вычислительного эксперимента путем варьирования определяющих параметров модели до удовлетворительного совпадения расчетных и экспериментальных переходных частотных характеристик системы с традиционным регулятором [2].

Быстродействующий прецизионный астатический регулятор третьего порядка. С помощью полученной модели на основе решения обратной задачи динамики объекта регулирования [3] синтезирован быстродействующий прецизионный астатический регулятор третьего порядка, реализующий дифференциальный закон управления с использованием только математических операторов интегрирования и масштабирования [2].

Путем сравнения расчетных и экспериментальных переходных характеристик предложенного и базового вариантов регулятора установлено, что предложенный регулятор обеспечивает более чем двукратное повышение быстродействия [2]. При этом максимальное перерегулирование на 12-15% меньше, чем в базовом варианте, что свидетельствует о более высоком запасе устойчивости и соответствующем снижении нестационарных газодинамических нагрузок на главные паропроводы.

Астатичность предложенного регулятора обеспечивает компенсацию всех видов статических ошибок, обусловленных процессами с линейными характеристиками. Для компенсации статических ошибок, обусловленных нелинейными эффектами (зона нечувствительности золотникового распределителя, сухое трение и люфты в элементах исполнительного механизма) предложено использовать в алгоритме управления нелинейное корректирующее устройство с переменным коэффициентом усиления, закон изменения которого включает при переходе от области больших коэффициентов усиления (в области малых значений управляющих сигналов) к номинальным содержит горизонтальный участок стабилизации, обеспечивающий достаточные запасы устой-

чивости без ограничения быстродействия системы [1,4].

Предложены также электрогидравлические следящие приводные системы с алгоритмами коррекции систематических погрешностей датчиков обратной связи [5].

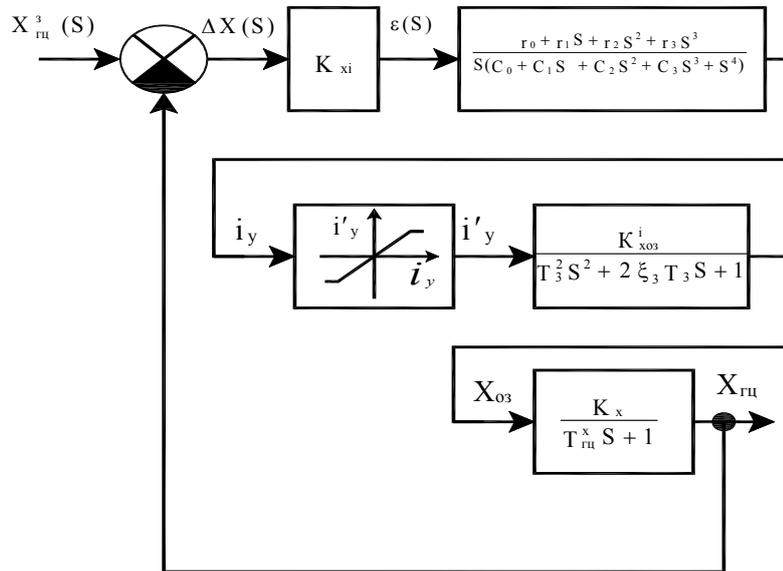


Рисунок 1 - Структурная схема электрогидравлического исполнительного механизма САР Ч и М с регулятором, построенным на решении обратной задачи динамики

Таким образом, предложенный в результате выполнения НИР комплекс технических решений по оптимизации электрогидравлических САР Ч и М паровых турбин (рис.1) одновременно способствует повышению эксплуатационной надёжности и безопасности главных паропроводов ТЭС и АЭС за счет снижения уровня возмущающих газодинамических воздействий.

Выводы

1. Разработаны математические модели электрогидравлического контура САР Ч и М, выполнены оценки степени влияния различных процессов и параметров на работу системы регулирования.
2. Синтезирован быстродействующий прецизионный астатический регулятор третьего порядка, реализующий дифференциальный закон управления с использованием только математических операторов интегрирования и масштабирования.
3. Предложены электрогидравлические следящие приводные системы с алгоритмами коррекции систематических погрешностей датчиков обратной связи.
4. Предложенные технические решения обеспечивают двукратное повышение быстродействия электрогидравлических САР Ч и М паровых турбин АЭС при сохранении допустимых запасов устойчивости, а также компенсацию практически всех видов статических и динамических ошибок системы регулирования. При этом, соответственно, снижаются забросы регулируемой величины (перемещения стопорно-регулирующих клапанов) и, следовательно уровень нестационарных газодинамических сил в главных паропроводах, что обеспечивает повышение эксплуатационной надежности и безопасности энергоблоков.

ЛИТЕРАТУРА

1. Канюк Г.И., Кострыкин В.А., Близниченко Е.Н. Моделирование и анализ технических характеристик электрогидравлической системы автоматического регулирования частоты и мощности (САР Ч и М) паровых турбин // Вестник национального технического университета «ХПИ». Тематический юбилейный выпуск 5 «Энергетические и теплотехнические процессы и оборудование».- Харьков.- 2005.- С.113-123.
2. Канюк Г.И. Повышение качества технических характеристик системы автоматического регулирования частоты и мощности (САР Ч и М) паровых турбин // Совершенствование турбоустановок методами математического и физического моделирования. Сборник научных трудов Института проблем машиностроения им. А.Н. Подгорного НАН Украины.- Харьков.-2003.- Т.1.- с. 55-58.
3. Крутько П.Д. Обратные задачи динамики управляемых систем. Линейные модели.- М.: Наука, 1987.- 304с.
4. Канюк. Г.И., Близниченко Е.Н. Повышение точности и быстродействия электрогидравлического следящего привода путем нелинейной коррекции статической характеристики гидрораспределителя // Восточно-Европейский журнал передовых технологий.- Харьков.- 2005.- Вып. 2/2 (14).- с.52-55.
5. Канюк Г.И. Електрогідрравлічний слідкуючий привід // Патент України № 5700 від 28.12.1994р. Бюл. № 7-1.

Рекомендовано д.т.н. Сивокобиленко В.Ф.