

СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ ПРОКАТНОГО СТАНА

AUTOMATIC CONTROL SYSTEM FOR THE ELECTRIC DRIVE OF THE ROLLING MILL

A. Maltcev

Summary. Rolling mills are inextricably linked with the rolling mill and its electrical equipment. The electric drive is only one part of the complex automated rolling mill system.

This article provides a systematic overview of the elements of the controlled electric drive and its operation with the control system. Also, various types of controls are being considered.

Keywords: electric drive, automation, control systems, electronics, controllers, sensors, measuring devices.

Мальцев Андрей Анатольевич

К.т.н., доцент, Московский Государственный

Технический Университет им. Н.Э. Баумана, РФ, Москва

ppmal@km.ru

Аннотация. Прокатные станы неразрывно связаны с прокатным цехом и его электрооборудованием. Электропривод лишь одна из частей сложной системы автоматизированного прокатного стана.

В этой статье дан систематический обзор элементов контролируемого электропривода и его работа с системой управления. Так же рассматриваются различные виды управлений.

Ключевые слова: электропривод, автоматизация, системы управления, электроника, контроллеры, датчики, измерительные приборы.

Развитие электроники, информационных систем, измерительной техники, технологий и технических решений привели к смене концепций управления во всех сферах промышленности, в том числе, определили основные направления автоматизации прокатного производства.

Современные системы управления, позволяют изменить оператору технологию подготовки производства за короткое время. Управление и контроль качества с графическим представлением оперативной информации в реальном времени оператор может наблюдать на мониторе сервера. Вся автоматическая система работает с большими базами данных и численного анализа с различными технологическими процессами. Так что оператору нужно лишь выбрать необходимый технологический процесс прокатного стана для планового производства, всё остальное выполняет система автоматизированного управления (см. Рис. 1).

Предпосылками к таким системам стали устойчивая тенденция увеличения доли цифровых методов преобразования, обработки, передачи и хранения информации во всех сферах деятельности человека. Регулярная замена поколений технических средств обработки информации и информационного обмена. Данные средства могут непосредственно не затрагивать традиционные области автоматизации: датчики, приводы, регуляторы, но они меняют среду существования средств автоматизации в целом.

Управляемые электроприводы можно рассматривать как наиболее гибкий и эффективный источник контролируемой механической мощности. Понимание и разработка управляемых электрических приводных системы требуют многодисциплинарных знаний, начиная с электрической машины теории, с помощью электронной силовой преобразовательной технологии для управления проектированием системы методы.

Электроприводы представляют собой доминирующий источник механической энергии в различных применениях в производстве, обработке материалов и в обрабатывающих отраслях. Применение технологии управления с обратной связью для электроприводов существенно улучшают их производительность с точки зрения достижения точного и быстрого управления движением (сервоуправление) с высокой эффективностью. Традиционно управляемые электрические приводы были основаны на двигателях с прямым током (DC) и аналоговых контроллерах. Тем не менее, быстрое развитие силовой электроники и микропроцессорной технологии за последние три десятилетия привело к применению сервоуправления для бесщёточных приводов переменного тока (AC) и обеспечило реализацию передовых алгоритмов управления движением, включая компенсацию соответствия передачи, трения и люфта. Значительно улучшены общие характеристики управления, эффективность, надежность и доступность управляемых электроприводов, что ускоряет их проникновение в различные инженерные приложения.



Рис. 1. Структура современной промышленной системы автоматизированного сбора данных и управления [6]

Стационарная форма модели двигателя постоянного тока используется для описания регулировки скорости двигателя (или управления с разомкнутым контуром) в областях ниже и выше номинальной скорости, а также контролируемого пуска и рекуперативного торможения двигателя. Это служит основой для представления каскадной структуры управления обратной связью двигателя, включая оптимальную настройку регуляторов тока, скорости и координат. Для отслеживания приложений система обратной связи расширяется путем прямого доступа или компенсатором прямой связи, чтобы уменьшить динамическую ошибку отслеживания. Естественная развязка обмотки и полевого управления двигателем постоянного тока может применяться к связанной динамике трехфазных двигателей переменного тока. Необходим анализ влияния недостатков передачи, связанных с соблюдением, трением и эффектом люфта на статическое и динамическое поведение сервопривода.

Как мы видим, использование перепрограммируемых и универсальных устройств обеспечит будущее

автоматизированного регулирования, как прокатного стана в целом, так и его отдельных элементов. В современные системы управления технологическими объектами внедряются наряду с традиционными средствами автоматизации и готовые стандартизованные аппаратные и программные технологии.

Новые внедрения в АСУ ТП на основе стандартных компонентов обеспечивает системе такие новые свойства такие как модельность и способность системы адаптироваться к изменению предъявляемых требований и возрастанию объемов решаемых задач.

Этот подход к разработке систем автоматизированного управления получил название концепции открытых систем. Создание АСУ ТП в этом случае требует системной интеграции. Это означает, что аппаратно-программные средства различных фирм-производителей должны быть совместимы снизу доверху и разработчик АСУ ТП (фирма-интегратор) по рекомендации заказчика подбирает всё необходимое оборудование и программное

обеспечение. Значит, что программное оборудование для систем любого уровня создаётся на общих принципах и является достаточно универсальным.

Прогресс в области микропроцессорной техники и сетевых технологий сделал возможным и экономически оправданным строить системы автоматики, в полной мере удовлетворяющие всем требованиям отечественного ГОСТа.

Необходимо отметить, связь между элементами и специфика задач требует высокие скорости сети и её надёжность. Так как она обеспечивает связь и обмен данными между контроллерами и системой человеко-машинным интерфейсом, между удалёнными интеллектуальными датчиками и исполнительными устройствами.

Вся эта взаимосвязанная система автоматизированного управления делает контролируемым и управляемым прокатный стан на уровне датчиков, приводов, исполнительных механизмов и контроллеров.

К конструированию и расчёту электропривода приступают после того, как спроектирована рабочая клетка прокатного стана, рассчитаны скорость, сила и момент прокатки, т.к. при автоматизации производства возрастают требования к этим машинам, что ведёт за собой к ужесточению требований к электроприводу, на который возлагается задача осуществления сложных перемещений рабочих органов механизма. В процессе реализации этих перемещений возникает необходимость разгона, торможения, реверса электропривода, поддержания постоянства регулируемой величины (координаты), изменения её по определённому закону и т.д. Механизм может быть оборудован несколькими электроприводами, каждый со своими собственными системами управления. Может возникнуть необходимость согласованного управления электроприводами нескольких механизмов, каждый из которых может иметь свою систему управления.

Задачей управляющей вычислительной машины (УВМ) является управление технологическим процессом и выдача управляющих воздействий на локальные системы управления электроприводом (рис. 2).

Различия в принципах построения систем программного управления в значительной степени определяется различием формы задания программы. Проектирование автоматического регулирования электроприводом обычно начинается с формирования силовой части, когда определяется род тока, напряжение, частота, система электроснабжения, тип преобразователя. Выбираются электродвигатели, устройства их сочленения с ИО механизма. Разрабатывается математическая модель

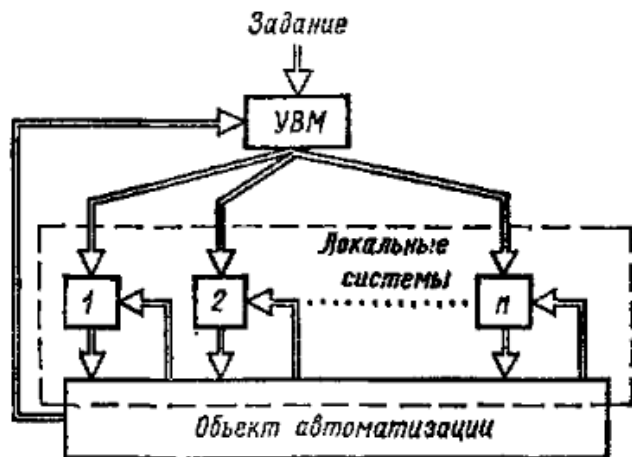


Рис. 2. Управление технологическим процессом и выдача управляющих воздействий

электропривода как объекта управления с учётом особенностей электродвигателя и механизма. Далее определяется структура АСУ ЭП, осуществляется её синтез и анализ.

В последнее время проектируют регулируемые электроприводы как средство энергосбережения в технологических процессах. Решение вопроса энергосбережения позволит снизить расход энергетических и материальных ресурсов производства. Важную роль в этом играет электропривод. В настоящее время электроприводы потребляют до 70% всей вырабатываемой электроэнергии, поэтому в этой сфере заложен основной потенциал энергосбережения. Энергосбережение путём внедрения новейших оборудования и технологий является и наиболее экономичным, и экологически безопасным способом решения проблемы энергоснабжения, т.к. затраты на экономию 1 кВт мощности в 3–4 раза менее затратны, чем на вновь вводимый 1 кВт мощности. Примеры реализации регулируемого электропривода показывают, что экономия электроэнергии может достигать до 50% и более в зависимости от вида и режимов работы.

Наиболее общим принципом проектирования при поиске новых решений является непосредственный синтез систем управления, т.е. проектировщик по известной модели объекта управления и заданной целевой функции специальными методами синтеза определяет структуру, характеристики, численные значения параметров системы и виды сторонних функциональных воздействий. В ходе синтеза того или иного звена, и особенно всей системы в целом, основные задачи приходится решать взаимосвязано, т.е. варьировать возможные решения, добываясь оптимального, наиболее простого и физически реализуемого.

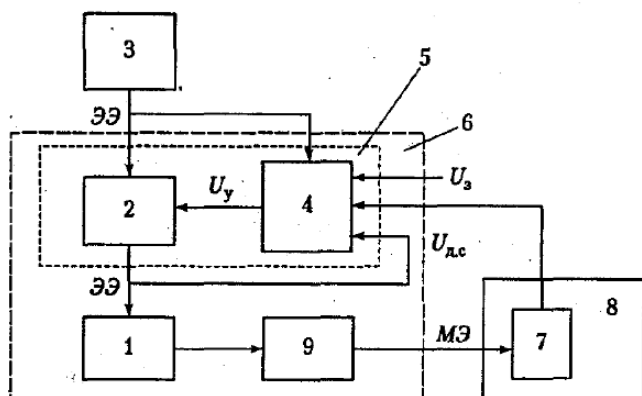


Рис. 3. Система управления электропривода

Регулирование — это частный вид управления, который обеспечивает постоянство некоторой вид физической переменной: температурой, скорости вращения, давления — или её изменение во времени по некоторому закону. Система автоматического регулирования (САР) состоит из регулируемого объекта и регулятора. В состав систем автоматического регулирования входят, так же кроме регулятора: 1) датчики регулируемых переменных, с помощью которых получают информацию об их текущих значениях; 2) датчики регулируемых переменных, с помощью которых системе задаётся требуемый уровень регулируемой переменной; 3) измерительные устройства, с помощью которых определяется отклонение текущего (фактического) значения регулируемой переменной от её заданного значения; 4) устройства сопряжения, позволяющие соединить все элементы и устройства регулирования в единый комплекс.

В состав системы регулирования входят элементы и устройства, обеспечивающие защиту, блокировки и сигнализацию при её работе, а в современных системах регулирования добавляют тестирование, диагностику и резервирование.

Со стороны окружающей среды и сопредельных объектов и систем объект подвергается различным возмущающим воздействиям, которые могут иметь как определённый, так и случайный характер. К возмущающим воздействиям обычно относят и различные аварийные ситуации: исчезновение или колебания питающего напряжения, поломку в рабочей машине, выход из строя элемента системы управления и т.д. Основная задача систем управления состоит именно в том, чтобы при всех возможных возмущающих воздействиях, действующих на объект управления, обеспечить должным образом его управление.

Система управления электропривода является его составной частью. В соответствии со структурной схе-



Рис. 4. Виды электроприводов

мой электропривода, представленной на рисунке 3 и содержащемся в ГОСТ Р 50869–92 [7] определением в состав электропривода 6 входит электрический двигатель 1, который вырабатывает механическую энергию за счёт потребляемой от источника 3 электрической энергии. Параметры и объёмы поступающей на двигатель энергии регулируются силовым преобразователем электроэнергии 2, за счёт чего обеспечивается управление двигателем.

Сигнал управления U_y силовым преобразователем вырабатывается устройством управления 4, в состав которого в общем случае входят устройства получения и выдачи информации, блоки сопряжения, регуляторы переменных (координат), различные функциональные блоки управления и т.д. Устройство управления 4 и преобразователь 2 образуют систему управления электропривода 5.

Устройство управления 4 вырабатывает сигнал управления U_y с помощью сигнала задания (уставки) U_z , задающего характер движения исполнительного органа 7 рабочей машины 8, и ряда дополнительных сигналов $U_{дс}$, дающих информацию о реализации технологического процесса рабочей машины, характере движения исполнительного органа, работе отдельных элементов электропривода, возникновении аварийных ситуаций и т.д. Эти сигналы поступают на устройство управления от различных датчиков, которые на рис. 3 не показаны.

Нетрудно заключить, что управление такими или подобными сложными технологическими комплексами должно быть в максимальной степени автоматизировано, что реализуется на практике с помощью автоматизированных систем управления технологическими процессами. Подобная человекомашина система, обеспечивающая автоматизированный сбор и обработку информации с целью выработки и реализации управля-

ющих воздействий на технологический объект управления в соответствии с принятым критерием управления.

В зависимости от выполняемых функций, вида и количества регулируемых координат и степени автоматизации технологических процессов реализация электропривода может быть самой разнообразной (см. Рис. 4).

Как видно из схемы все электроприводы делятся на две группы: автоматизированные и неавтоматизированные.

Неавтоматизированные — это такие электроприводы, управление которыми выполняет человек (оператор) с помощью простых средств. Для помощи оператору электропривод снабжён необходимыми элементами защиты, блокировок и сигнализации.

В автоматизированном электроприводе операции управления в соответствии с требованиями технологического процесса выполняются системой управления (см. Рис. 1). На оператора возлагаются функции по включению и отключению электропривода, наладке и контролю за его работой (при работе электропривода в общем комплексе автоматизированного производства внешние команды поступают от управляющих устройств).

Электроприводы по схеме рис. 5а выполняются относительно редко из-за отсутствия простых и надёжных датчиков момента нагрузки и других возмущающих воздействий и необходимости вводить соответствующие каналы информации по всем возможным возмущениям.

В связи с этим подавляющее большинство замкнутых структур электропривода используют принцип отклонения (обратной связи). Он характеризуется наличием цепи обратной связи, соединяющей выход электропривода с его входом. Регулированием скорости признаком этой замкнутой структуры является цепь обратной связи (см. рис. 5б), по которой информация о текущем значении скорости, сигнал обратной связи $U_{д.с.} = k_{д.с.} \omega$, подаётся на вход электропривода, где они вычитается из сигнала задания скорости $U_{з.с.}$. Управление осуществляется сигналом отклонения $U_{\Delta} = U_{з.с.} - U_{д.с.}$. Этот сигнал при отличии фактической скорости от заданного уровня автоматически изменяется необходимым образом и устраняет (частично или полностью) с помощью системы управления электроприводом эти отклонения. Тем самым управление скоростью осуществляется с учётом результата управления.

Если требуется регулирование других координат электропривода или технологического процесса, то используются обратные связи по этим координатам. Все виды применяемых в замкнутом электроприводе обрат-

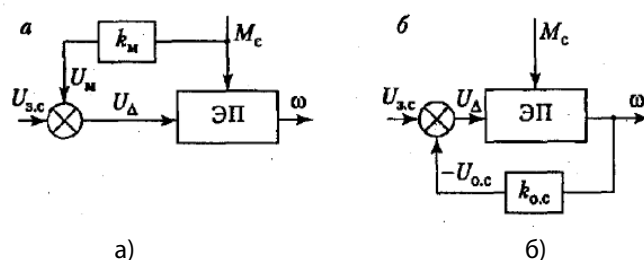


Рис. 5. Замкнутые структуры электропривода:

а — схема с компенсацией внешнего возмущения; б — схема с обратной связью.

ных связей делятся на положительные и отрицательные, линейные и нелинейные, жёсткие и гибкие.

В зависимости от вида регулируемой координаты в электроприводе используются все названные выше связи по скорости, положению, току, напряжению, магнитному потоку, ЭДС. Во многих случаях требуется обеспечить регулирование нескольких координат электропривода, например, тока (момента) и скорости двигателя. Наилучшее качество управления в электроприводе получается в том случае, когда осуществляется модальное управление, а именно регулирование каждой переменной по заданному критерию.

Однако на пути реализации такого управления часто возникают технические и экономические трудности, связанные с необходимостью установки большого числа датчиков переменных, что усложняет электропривод и повышает его дороговизну. Поэтому в современных электроприводах часто отказываются от прямого измерения переменных состояния с помощью различных датчиков и переходят к их вычислению с помощью специального устройства, получившего название наблюдателя.

Основу наблюдателя образует совокупность моделей звеньев электропривода — двигателя, преобразователя, механической передачи, устройств управления — и исполнительного органа рабочей машины, выполненных на базе операционных усилителей или средств микропроцессорной техники. Выходные сигналы (напряжения) этих моделей отражают приближённые значения переменных или дают оценку реальных значений переменных, поскольку модели не учитывают реальных возмущений, действующих на электропривод и рабочую машину, нестабильности параметров электропривода и влияния других факторов функционирования электропривода.

Для повышения точности получаемых оценок переменных состояния значение выходной регулируемой переменной электропривода сравнивают с помощью обратной связи с её оценкой по полной модели электропривода и исполнительного органа и затем в функции выявленной разницы (ошибки) корректируют показания отдельных моделей. Совокупность полной модели и обратной связи по выходной регулируемой переменной электропривода образует наблюдающее устройство.

Многие технологические процессы предусматривают объединение в единый комплекс нескольких рабочих машин и механизмов, должным образом между со-

бой взаимодействующих. Наилучший результат работы такого единого технологического комплекса достигается только при его автоматизации, в чём электроприводу принадлежит основная роль. За счёт соответствующего управления электропривода обеспечивается требуемая последовательность всех технологических операций, достигается наилучшие (оптимальные) режимы работы промышленного оборудования и самого электропривода, осуществляются необходимые блокировки и защиты.

Данная тема является перспективным направлением. Дальнейшие разработки будут давать ответы на вопросы, которые ставят развитие науки и техники.

ЛИТЕРАТУРА

1. Колесников А. Г. Яковлев Р. А. Мальцев А. А. Технологическое оборудование прокатного производства: учебное пособие Печ Москва: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2014. 158с. 5,8 УДК: 621.771.
2. Мальцев А.А., В. А. Соболев, И. В. Кожевников. Исследование в среде MathCAD крутильных колебаний электропривода стана дуо-160. Печ. «Инженерный вестник», Сентябрь, № 09, 2014. С. 96–102. 0,3. УДК: 621.771.
3. Башарин А.В., Новиков В. А., Соколовский Г. Г. Управление электроприводами: Учебное пособие для вузов, 392 с., Ленинград, ЭНЕРГОИЗДАТ, Ленинградское отделение, 1982.
4. Восканьянц А. А. Автоматизированное управление процессами прокатки. Учеб. Пособие. МГТУ им. Н. Э. Баумана, —85 с., 2010.
5. ГОСТ Р 50369–92. Электроприводы. Термины и определения.-М.— Издательство стандартов.— 1993.
6. Онищенко Г. Б. Электрический привод. -М.: Академия, 2003.
7. Анучин А. С. Системы управления электроприводов. -Москва: Издательский дом МЭИ, 2015.— 373 с.

© Мальцев Андрей Анатольевич (rprmal@km.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

