

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Сибирский государственный индустриальный университет»
Кузбасский научный центр Сибирского отделения
Академии инженерных наук имени А.М. Прохорова
Кемеровское региональное отделение САН ВШ
ООО «Объединённая компания Сибшахтострой»

**СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ
В ОБРАЗОВАНИИ, НАУКЕ
И ПРОИЗВОДСТВЕ
AS' 2019**

**ТРУДЫ XII ВСЕРОССИЙСКОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ
КОНФЕРЕНЦИИ**
(с международным участием)

Новокузнецк
2019

УДК 658.011.56
С 409

Редакционная коллегия

д.т.н., профессор С.М. Кулаков,
д.т.н., профессор Л.П. Мышляев

С 409 Системы автоматизации в образовании, науке и производстве. AS'2019: труды XII Всероссийской научно-практической конференции (с международным участием) / Мин-во науки и высшего образования РФ, Сиб. гос. индустр. ун-т [и др.]; под общ. ред.: С. М. Кулакова, Л. П. Мышляева. – Новокузнецк : Изд. центр СибГИУ, 2019. – 382 с.: ил.

ISBN 978-5-7806-0536-2

Труды конференции посвящены научным и практическим вопросам автоматизации управления технологическими процессами и предприятиями, социально-экономическими системами, образованием и исследованиями. Представлены результаты исследования, разработки и внедрения методического, математического, программного, технического и организационного обеспечения систем автоматизации и информационно-управляющих систем в различных сферах деятельности.

Сборник трудов ориентирован на широкий круг исследователей, научных работников, инженерно-технический персонал предприятий и научно-исследовательских лабораторий, преподавателей вузов, аспирантов и студентов.

ОРГАНИЗАТОРЫ И ПАРТНЕРЫ КОНФЕРЕНЦИИ

ОК «Сибшахтострой» (г. Новокузнецк),
ООО «АТЭСКО Сибирь» (г. Новосибирск),
ООО «Научно-исследовательский центр систем управления»
(г. Новокузнецк)

ISBN 978-5-7806-0536-2

© Сибирский государственный
индустриальный университет, 2019

Библиографический список

1. Ляховец М.В. Модернизация автоматизированной системы управления технологическими процессами обогатительной фабрики в условиях технического перевооружения / Ляховец М.В., Венгер К.Г., Мышляев Л.П., Шипунов М.В., Грачев В.В., Мелкозеров М.Ю. // В сборнике: Системы автоматизации в образовании, науке и производстве Труды XI Всероссийской научно-практической конференции. Сибирский государственный индустриальный университет: Под редакцией С.М. Кулакова, Л.П. Мышляева, 2017. - С. 151-156.
2. Мышляев Л.П. Развитие автоматизированной системы управления технологическими процессами обогатительной фабрики / Мышляев Л.П., Макаров Г.В., Ляховец М.В., Венгер К.Г., Леонтьев И.А., Мелкозеров М.Ю. // В сборнике: Научные технологии разработки и использования минеральных ресурсов: науч. журнал / Сиб. гос. индустр. ун-т; под общей ред. В.Н. Фрянова. – Новокузнецк, 2018. - № 4. – С. 316-323.
3. Богданов О.С., Поднек А.К., Янис Н.А., Максимов И.И. Теория и технология флотации руд. 2-е изд. - М.: Недра, 1990. - 363 с.
4. Саламатин А.С. Типовые решения по автоматизации технологических объектов на примере углеобогатительных фабрик / Саламатин А.С., Макаров Г.В., Ляховец М.В., Мышляев Л.П., Раскин М.В. // Научные технологии разработки и использования минеральных ресурсов. 2018. № 4. С. 330-333.
5. Мышляев Л.П. Развитие теории подобия для систем управления / Мышляев Л.П., Евтушенко В.Ф., Ивушкин К.А., Макаров Г.В. // В сборнике: Системы автоматизации в образовании, науке и производстве Труды XI Всероссийской научно-практической конференции. Сибирский государственный индустриальный университет; Под редакцией С.М. Кулакова, Л.П. Мышляева. 2017. С. 351-355.

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДА ВРАЩЕНИЯ ВАЛКОВ ПРОКАТНОГО СТАНА

Кузнецов В.А., Кузнецова Е.С., Харенко В.Н., Зайцев Н.С.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, Россия*

В настоящий момент в прокатном производстве металлургических заводов широкое применение нашли автоматизированные электроприводы вращения валков (главные приводы) по системе «Тиристорный преобразователь – двигатель постоянного тока» и типовыми системами подчиненного регулирования скорости [1].

В докладе проведен анализ режимов работы прокатного электродвигателя стана «900» рельсобалочного цеха с использованием типовой и усовершенствованной двухзонных систем подчиненного регулирования скорости вращения.

Прокатный двигатель имеет следующие номинальные параметры: мощность – 7100 кВт, напряжение якоря – 900 В, ток якоря – 8100 А, скорость – 80/120 об/мин, ток возбуждения – 360 А, коэффициент перегрузки по току (отключение) – 2,75.

В типовой схеме для изменения скорости до основной используются контуры регулирования тока якоря с ИП-регулятором и скорости с П-регулятором. Для регулирования скорости электродвигателя выше основной применяются контуры регулирования потока и ЭДС, где, соответственно, используются П-регулятор потока и И-регулятор ЭДС. Настройка регуляторов тока, скорости, ЭДС и потока (РТ и РС, РЭ и РП) выполнена по модульному оптимуму [2]. Достоинством приведенной системы является стандартная, достаточно простая (типовая) методика расчета параметров электропривода (регуляторов и датчиков), простота настройки контуров регулирования, когда вначале оптимизируется внутренний контур, а затем следующий в структуре, причем настройка контуров происходит независимо друг от друга, достаточно просто реализуется ограничение основных параметров регулирования.

Подчиненное последовательное регулирование координат позволяет обеспечить практически любые желаемые передаточные функции регуляторов на интегральных операционных усилителях или в цифровой форме [3, 4].

Недостатками типовых систем подчиненного регулирования являются следующие. При набросе нагрузки выходная величина регулятора скорости ограничивается на величину ошибки воспроизведения динамического тока, что приводит к недоиспользованию мощности электродвигателя при разгоне под нагрузкой и, соответственно, снижению производительности прокатной клетки. При работе в зоне ограничения на входе регулятора скорости накапливается значительная ошибка, которая при снижении статического момента уменьшается с некоторым запаздыванием. При этом привод на некоторое время становится неуправляемым. К недостаткам типовой схемы можно отнести также зависимое от ЭДС двигателя изменение потока для регулирования скорости во второй зоне. При работе с большими статическими моментами напряжение двигателя становится под ограничение, что приводит к недоиспользованию электропривода по мощности, а при малых статических нагрузках двигатель недоиспользуется по якорному напряжению.

Для устранения указанных недостатков предложен усовершенствованный электропривод, содержащий двухзонную систему регулирования скорости, где, в отличие от типовой системы, реализовано независимое от ЭДС управление потоком электродвигателя. Структурная схема усовершенствованной САУ представлена на рис. 1 и содержит двухконтурную систему подчиненного регулирования ЭДС до основной скорости электродвигателя и двухконтурную систему регулирования потока выше основной скорости. Система регулирования ЭДС содержит внутренний контур динамического тока, состоящий из пропорционально-интегрального регулятора РДИ и датчика динамического тока ДДТя, а также внешний контур регулирования ЭДС, состоящий из пропорционального регулятора РН2 и датчика ДЕ. Система регулирования потока электродвигателя содержит внутренний контур регулирования производной потока электродвигателя, состоящий из пропорционального регулятора РПП и датчика производной потока ДПП, а также внешний контур потока, состоящий из пропорционального регулятора потока РП и датчика потока ДП. Для ограничения максимального тока в схему введен узел токоограничения, содержащий датчик тока якоря двигателя ДТя и блок задержки DZ2 с уставкой токоограничения. В зоне работы электропривода ниже основной скорости сигнал токоограничения воздействует на регулятор динамического тока, а в зоне выше основной скорости – на вход регулятора потока РП. Для сохранения постоянства динамического тока в зоне регулирования выше основной скорости задающий сигнал на поток формируется в функции куба потока. С этой целью ограничение РП выполнено в блоке SD3 с регулируемым напряжением ограничения, поступающим от датчика куба потока ДКП. Для перехода из первой во вторую зоны регулирования и обратно используются электронные ключи K1, K2, КД, которые управляются устройствами сравнения УКТ и УКД [5, 6]. Производная потока электродвигателя рФ реализуется в датчике производной потока ДПП и определяется следующим образом:

$$p\Phi = U_{овд} - I_{овд} * I_{овд} \quad (1),$$

где $U_{овд}$ – напряжение на обмотке возбуждения двигателя (ОВД);

$I_{овд}$ – ток ОВД;

$I_{овд}$ – сопротивление обмотки.

Настройка параметров регуляторов и датчиков производится с использованием известных методов настройки систем подчиненного регулирования [2]. Особенностью настройки контура производной потока является следующее упрощение: так как изменение тока возбуждения $I_{овд}$ происходит значительно медленнее напряжения $U_{овд}$ вследствие большой индуктивности обмотки возбуждения, то обратной связью по току возбуждения в динамических режимах можно пренебречь. Таким образом, на практике производится настройка контура производной потока, как контура напряжения ОВД на модульный оптимум. Параметры токоограничения определялись с использованием программы «Матлаб-Симулинк».

Для анализа типовой и усовершенствованной систем управления выполнено их моделирование в среде «Матлаб – Симулинк». Модели САУ приведены на рисунках 2 и 3.

В типовой и усовершенствованной системах электропривода с целью сравнения режимов работы при различной величине статического момента уставка токоограничения была настроена на ток якоря – 16 кА, а темп разгона электроприводов на холостом ходу выбран также одинаковым – 4 рад/сек*сек.

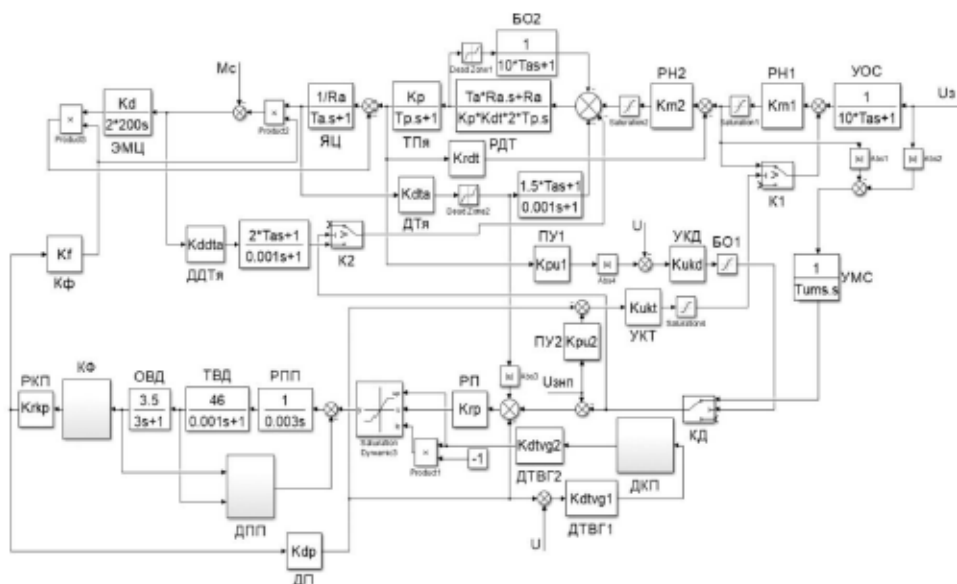


Рисунок 1 – Структурная схема усовершенствованной двухзонной САУ

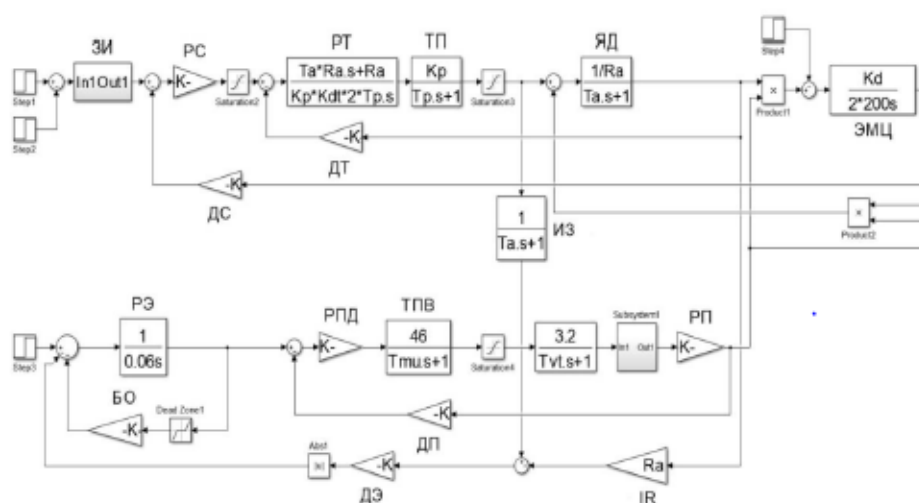


Рисунок 2 – Математическая модель типовой двухзонной САУ

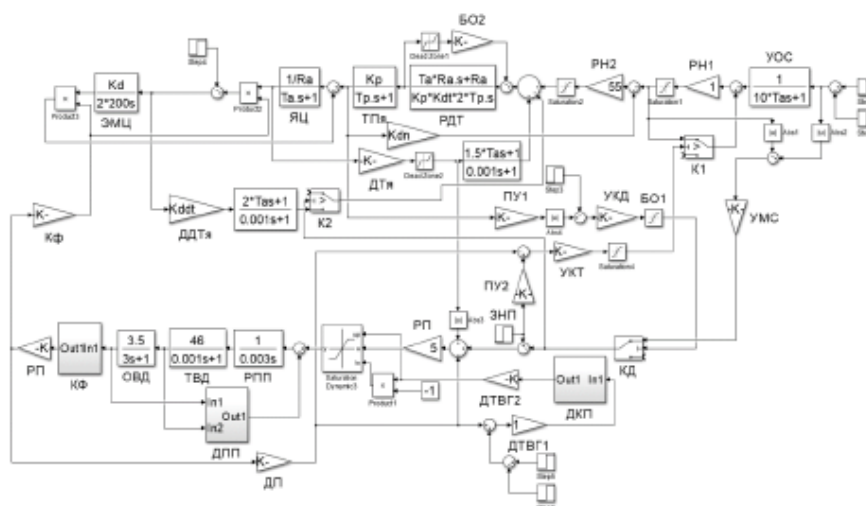


Рисунок 3 – Математическая модель усовершенствованной двухзонной САУ

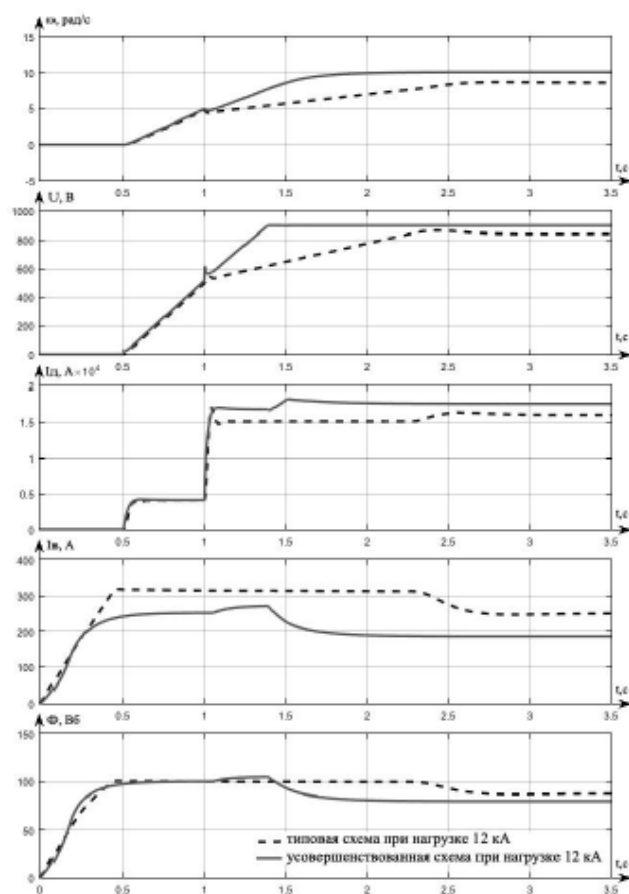


Рисунок 4 – Переходные процессы, полученные при моделировании работы под нагрузкой

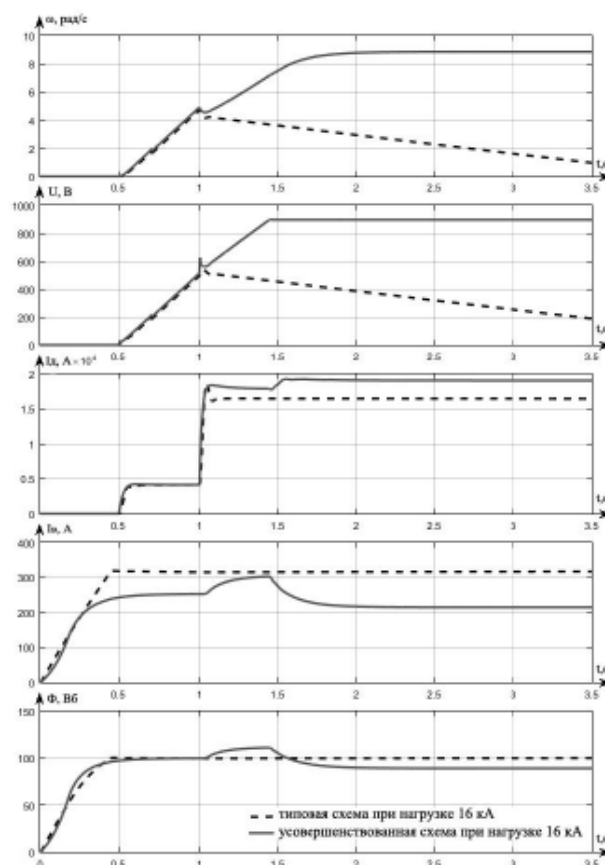


Рисунок 5 – Переходные процессы, полученные при моделировании работы электропривода с предельной нагрузкой

Из анализа осциллограмм переходных процессов, приведенных на рисунке 4 следует, что в момент захвата заготовки при токе нагрузки 12 кА в типовой схеме происходит снижение темпа нарастания скорости, что увеличивает время разгона двигателя (снижается производительность стана), в то время, как темп нарастания скорости усовершенствованной схемы не изменяется.

На рисунке 5 приведены параметры электроприводов при увеличении статической нагрузки до 16 кА. Темп нарастания скорости в усовершенствованной двухконтурной схеме снижается, так как ток якоря двигателя превышает уставку токоограничения, в то время, как типовая двухконтурная система с такой нагрузкой уже не справляется, о чём свидетельствует процесс торможения вплоть до остановки электродвигателя и его стоянки под током, что может привести в конечном итоге к аварийной ситуации.

Выводы

Анализ режимов работы электропривода с типовой и усовершенствованной системами подчиненного регулирования выявил следующие преимущества усовершенствованной системы:

- в усовершенствованной системе регулирования при набросе нагрузки, просадка скорости отсутствует вплоть до начала действия токоограничения;
- высокое качество токоограничения позволяет увеличить максимальный момент на валу электродвигателя.

– электродвигатель усовершенствованной системы полностью используется по якорному напряжению.

Опыт эксплуатации усовершенствованной САУ в обжимном, рельсобалочном и сортопрокатном цехах Кузметкомбината показал высокое качество переходных процессов и надежность работы.

Библиографический список

1. Белов М.П. Автоматизированный электропривод типовых производственных механизмов и технологических комплексов: учебник для студ. высш. учеб. заведений / М.П. Белов, В.А. Новиков, Л.Н. Рассудов. – 3-е изд., испр. – М.: Издательский центр «Академия», 2007. – 576 с.
2. Расчет системы подчиненного регулирования электроприводом постоянного тока: Учеб. пособие / А.К. Мурышкин, С.А. Дружилов, Т.В. Богдановская – СибГИУ, Новокузнецк, 2007. – 55 с.
3. Терехов В.М. Системы управления электроприводов: учебник для студ. высш. учеб. заведений / В.М. Терехов, О.И. Осипов; под ред В.М. Терехова. – 2-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2006. – 304 с.
4. Гарнов В.К. Унифицированные системы автоуправления электроприводом в металлургии / В.К. Гарнов, В.Б. Рабинович, Л.М. Вишневецкий. – 2-е изд., доп. и перераб. – М.: Металлургия, 1977. – 192 с.
5. Внедрение усовершенствованной системы управления главным приводом стана «1100» Кузнецкого металлургического комбината. Тезисы докл. Научно-технического совещания «Основные направления развития современных систем автоматизированного электропривода и вопросы эксплуатации и ремонта электрооборудования предприятий черной металлургии» / Кузнецов В.А. –Магнитогорск, 1983. – 35с.
6. Устройство для разделения режимов управления электродвигателем постоянного тока. Авторское свидетельство №972644 по заявке № 3304111 от 17.06.81 / Кузнецов В.А.

СИСТЕМА МОДЕЛИРОВАНИЯ И ИДЕНТИФИКАЦИИ ПАРАМЕТРОВ ВНЕШНЕГО ТЕПЛООБМЕНА В НАГРЕВАТЕЛЬНОЙ ПЕЧИ НА ПЛАТФОРМЕ ASP.NET CORE MVC

Болгов А.Е., Спирин Н.А., Лавров В.В., Гурин И.А.

*Уральский федеральный университет
имени Первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия*

Одним из важнейших теплотехнических процессов, происходящих в металлургических агрегатах, является нагрев металла. Благодаря нагреву уменьшается сопротивление пластической деформации при обработке металлов давлением, что приводит к повышению качества изготавливаемой металлопродукции и срока эксплуатации теплотехнического оборудования. Нагрев способствует изменению кристаллической структуры металла при термообработке и придает материалу требуемые свойства.

Эффективное управление процессом нагрева возможно при использовании математических моделей. Они дают возможность производить изучение теплотехнических процессов в металлургических агрегатах при минимальных затратах, поскольку эксперименты на действующих агрегатах, лабораторных стендах или физических установках приводят к дополнительным денежным расходам. Кроме этого, благодаря математическим моделям можно еще на этапе разработки проекта нового агрегата определить для него наилучшее конструктивное решение и выбрать оптимальные режимные параметры его работы [1].

Одной из главных проблем при создании систем управления нагревательными печами оказывается проблема получения объективной информации о температурных полях изгото-