

15. Пупков К.А., Фам С.Ф., Дивеев А.И. Синтез оптимального управления динамическим объектом со случайными начальными значениями // Наука и образование. – 2012. – №3. <http://technomag.edu.ru/doc/376455.html>.

16. Соболев И.М., Статников Р.Б. Выбор оптимальных параметров в задачах со многими критериями. - М.: Дрофа. - 2006. - 175 с.

17. Современная прикладная теория управления: Синергетический подход в теории управления // под ред. А.А. Колесникова. Ч.II. - Таганрог: Изд-во ТРТУ. - 2000. - 559 с.

18. Сушкин В.А. Применение многокритериальной оптимизации на основе точек Соболя // Сборник научных трудов SWorld. Материалы международной научно-практической конференции «Современные направления теоретических и прикладных исследований '2013». - Выпуск 1. - Том 9. Технические науки. - Одесса: КУПРИЕНКО, 2013. - С. 19-21.

19. Сушкин В.А., Кузнецова О.А. Эффективное множество расчетных вариантов оценки электромеханических систем. - Тула: Изд-во ТулГУ. - 2006. - 80 с.

УДК 621.31

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЗАИМОСВЯЗАННОГО ЧАСТОТНО-РЕГУЛИРУЕМОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА ПРОКАТНОГО СТАНА

В.В.Шохин, О.В.Пермякова, Е.В.Короткова

*ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический
университет им. Г.И. Носова», Россия, г. Магнитогорск
shww@mgn.ru*

Аннотация

Проводится моделирование прокатного стана с частотно-регулируемым электроприводом. Структурная схема асинхронного двигателя с преобразователем частоты и система регулирования скорости представлены во вращающейся системе координат с ее ориентацией по вектору потокосцепления ротора, при этом учитываются перекрестные связи в структуре и возможность учета нелинейности кривой намагничивания двигателя. Силовая связь электроприводов клетей учтена известной зависимостью для натяжения в интегральной форме.

Ключевые слова: моделирование электропривода, прокатный стан, асинхронный электродвигатель, регулирование скорости, регулирова-

ние натяжения, структурная схема.

THE SIMULATION OF INTERCONNECTED FREQUENCY-REGULATED ELECTRIC DRIVE OF ROLLING MILL

V.V. Shokhin, O.V. Permyakova, E.V. Korotkova

*Nosov Magnitogorsk State Technical University, Russia, Magnitogorsk.
shww@mgn.ru*

Abstract

This article explains a rolling mill simulation with frequency-regulated electric drive. The structure chart of induction motor with frequency shifter and speed adjustment system is situated in a rotating coordinate system with its orientation by vector of rotor interlinkage. This structure also includes cross links and ability of registration of nonlinearity magnetization curve of electric motor. Power connection of electric drive of cages is takes into account with known dependence of adjustment in the integral form.

Key words: electric drive simulation, rolling mill, induction motor, speed adjustment, tension adjustment, block diagram, structure chart.

Для исследования принят прокатный проволочный стан с четырехвалковыми калибрами, в электроприводе валков которого используется частотно-регулируемый электропривод с асинхронным двигателем с применением принципа векторного регулирования.

Моделирование прокатного стана ведется с применением среды MATLAB и системы SIMULINK. Составлены структурные схемы асинхронного двигателя с преобразователем частоты и системы векторного управления, а также представлена структурная схема полосы в межклетевом промежутке.

Представленная модель позволяет провести широкие исследование работы стана и его взаимосвязанных электроприводов. Так, например, возможно исследование процессов прокатки без систем регулирования с натяжением между клетями, с системой регулирования натяжения, с системой регулирования размеров проката, с системой стабилизации момента прокатного двигателя[1-4]. Возможно определение изменений натяжения полосы при изменении технологических параметров, приводящих к изменению момента статических сопротивлений. Возможно снятие частотных характеристик систем для канала «момент статических сопротивлений – натяжение в межклетевом промежутке». В качестве исследуемого параметра принято натяжение в межклетевом промежутке по той причине, что оно связано с давлением металла на валки, а, следовательно, с упругой деформацией клетки с

валками и с изменением размеров проката.

Уравнения, описывающие работу асинхронного двигателя во вращающейся системе координат, представлены в [5]. В соответствии с указанными уравнениями представлена структурная схема асинхронного электродвигателя при ориентации вращающейся системы координат α - β по вектору потокосцепления ротора (рис. 1). Входными сигналами в этой модели являются проекции пространственного вектора напряжения $U_{1\alpha}$ и $U_{1\beta}$, величина статического момента электропривода M_c . Выходными переменными являются частота вращения ротора асинхронного двигателя ω и величина потокосцепления ротора Ψ_2 .

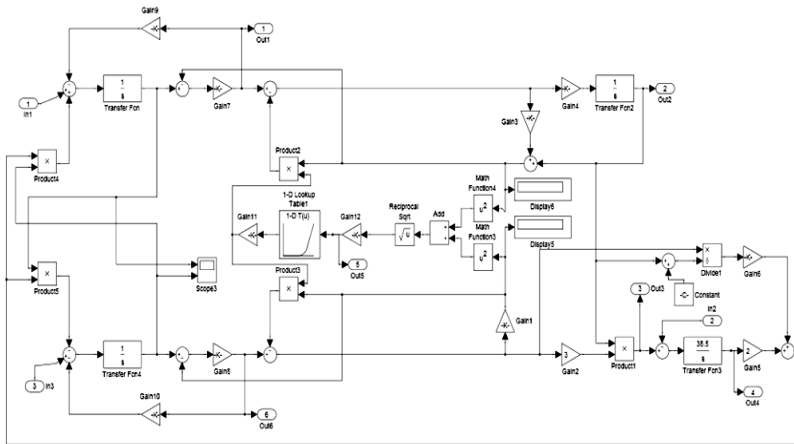


Рис. 1. Структурная схема асинхронного двигателя

Моделирование проведено с учетом перекрестных обратных связей в структуре двигателя. Рассматриваются процессы с учетом насыщения магнитной системы двигателя и без учета насыщения, т.е. определяется влияние этого фактора на процессы, происходящие при прокатке. Кроме того, определяется влияние степени изменения сопротивлений двигателя (например, в результате изменения температуры двигателя) на его статические и динамические свойства и на технологические процессы.

Система автоматического регулирования скорости и момента двигателя строится по принципу подчиненного регулирования координат (рис. 2). Регулирование потокосцепления двухконтурное, регулирование скорости – трехконтурное с контурами регулирования составляющей тока по оси β , момента двигателя и скорости. Регулятор скорости может быть настроен по симметричному и модульному оп-

тимуму. Входными сигналами этой модели являются сигналы задания частоты вращения двигателя, потокосцепления ротора, сигналы обратных связей по составляющим тока $i_{1\beta}$ и $i_{1\alpha}$, потокосцеплению ротора, моменту и скорости двигателя. Выходными сигналами являются проекции пространственного вектора напряжения $U_{1\alpha}$ и $U_{1\beta}$. В системе регулирования предусмотрена компенсация внутренних перекрестных связей по ЭДС. Изучается влияние схемы компенсации ЭДС на статические и динамические свойства электропривода и на работу прокатного стана.

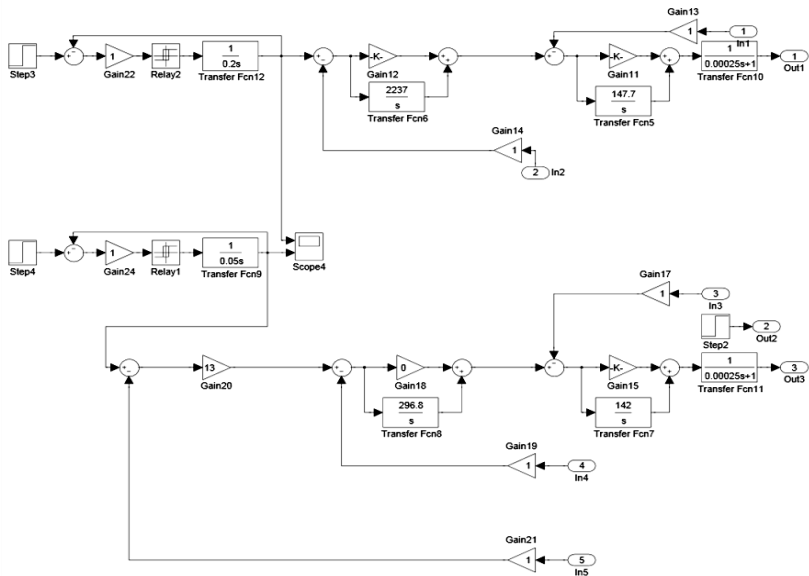


Рис. 2. Структурная схема системы регулирования скорости

Для моделирования полосы в межклетевом промежутке используется известное выражение для натяжения в интегральной форме, предложенное впервые Д.П.Морозовым[6-7]

$$T_{i,i+1} = \frac{EQ_i}{L_{i,i+1}} \int_0^t (v_{i+1} - v_i) dt + T_{(i,i+1)0}$$

где E – модуль упругости прокатываемого материала; Q_i - поперечное сечение полосы между клетями i и $i+1$; $L_{i,i+1}$ – длина межклетевого промежутка; v_i, v_{i+1} - скорости выхода металла из валков клетки с порядковым номером i и входа металла в клетку с порядковым номером $i+1$.

При вычислении скоростей учитываются величины опережения и

отставания скорости металла от скорости валков в очагах деформации. Модель полосы представлена на рис. 3. Входными переменными этой модели являются частота вращения валков смежных клеток, а выходная переменная – величина натяжения в межклетевом промежутке.

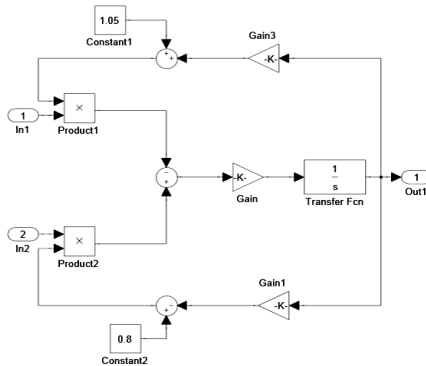


Рис. 3. Структурная схема полосы в межклетевом промежутке

При моделировании каждая модель представляется в виде подсистемы с входными и выходными параметрами. Это дает возможность относительно легко моделировать многоклетевой прокатный стан с взаимосвязанными электроприводами клеток через прокатываемую полосу. На рис.4 в качестве примера приведена схема моделирования работы электропривода последующей по ходу прокатки клетки двухклетевостана. Показанные на рисунке три подсистемы являются представленными выше моделями асинхронного двигателя во вращающейся системе координат, системой подчиненного регулирования скорости двигателя и моделью полосы в межклетевом промежутке.

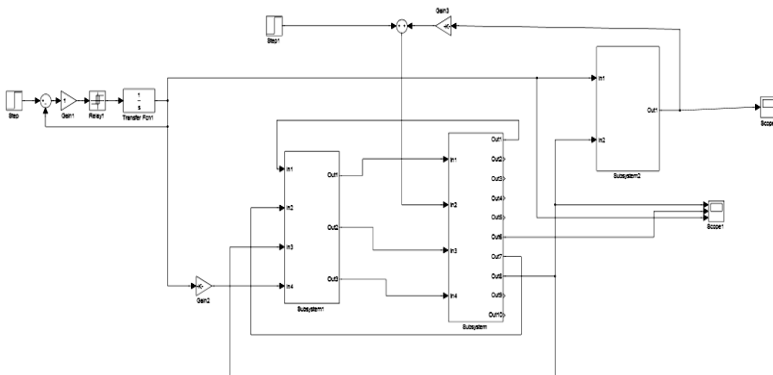


Рис. 4. Пример схемы моделирования электропривода клетки

Таким образом, представленные модели дают большие возможности для проведения различных исследований взаимосвязанных электроприводов непрерывных прокатных станов, в том числе – станов с многовалковыми калибрами.

Список литературы

1. Способ регулирования размеров проката на непрерывном сорто-проволочном стане. Шохин В.В. и др. Авторское свидетельство на изобретение №555928.

2. Устройство регулирования размеров готового проката на непрерывном сорто-проволочном стане. Шохин В.В. и др. Авторское свидетельство на изобретение №555929

3. Устройство регулирования натяжения полосы в межклетевых промежутках непрерывного прокатного стана. Шохин В.В. и др. Авторское свидетельство на изобретение №1519806

4. Пермякова О.В., Радионов А.А., Шохин В.В. Влияние системы стабилизации момента прокатного двигателя на отклонения размеров профиля // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – Вып. 3, ч. 3. – Тула: издательство ТулГУ. – 2010. – С. 119-121.

5. Электроприводы переменного тока с частотным регулированием : учебник для высш. учеб.заведений / Г.Г.Соколовский. – 2-е изд., испр. – М.: Издательский центр «Академия», 2007. – 272 с.

6. Морозов Д.П. К теории электромеханических процессов станов холодной прокатки. // «Вестник электропромышленности». – 1944. – №3. – С. 16-19.

7. Дружинин Н.Н. Непрерывные станы как объект автоматизации. – М.: «Металлургия», 1975. – 336 с.

УДК 621.313.333

ОБЗОР ТЕПЛОВЫХ МОДЕЛЕЙ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

А.В. Макаров, М.В. Вечеркин, А.С. Завьялов

*ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», Россия, г. Магнитогорск
makarov@mgn.ru, vecherkin@inbox.ru*

Аннотация