Научная статья
Original article
УДК 621

РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УСТРОЙСТВА УПРАВЛЕНИЯ ДВИГАТЕЛЕМ ПОСТОЯННОГО ТОКА НЕЗАВИСИМОГО ВОЗБУЖДЕНИЯ

DEVELOPMENT OF AN AUTOMATED DEVICE FOR CONTROLLING A DC MOTOR WITH INDEPENDENT EXCITATION

Пономаренко Данила Сергеевич, Магистрант 2 курс, факультет "Машиностроение", Московский политехнический университет, Россия, г. Москва

Ponomarenko Danila Sergeevich, 2nd year master's student, Faculty of Mechanical Engineering, Moscow Polytechnic University, Russia, Moscow

Аннотация. В статье анализируются особенности разработки автоматизированного устройства управления двигателем постоянного тока независимого возбуждения. Рассматриваются структура электропривода и разновидности двигателей, приводится описание двигателя постоянного тока независимого возбуждения. Выявляются конструкционные особенности и основные элементы автоматизированных устройств управления электроприводом, предъявляемые к ним требования и последовательность выбора технических средств автоматизации.

Annotation. The article analyzes the features of the development of an automated control device for a DC motor of independent excitation. The structure of the electric drive and the types of motors are considered, a description of the DC

motor of independent excitation is given. The design features and main elements of automated control devices for electric drives, the requirements for them and the sequence of choice of technical means of automation are revealed.

Ключевые слова: электропривод, двигатель постоянного тока независимого возбуждения, устройство управления двигателем, автоматизация управления, система автоматического управления.

Key words: electric drive, independent excitation DC motor, motor control device, control automation, automatic control system.

Автоматизация различных видов деятельности является важным направлением научно-технического развития, поскольку приводит к увеличению производительности труда и качества продукции, высвобождению человека из производственного процесса и более полному удовлетворению общественных потребностей [1]. В основе современной автоматизации лежит концепция безлюдной и гибкой технологии. Безлюдность представляет собой высокоавтоматизированный способ производства без участия либо с минимальным участием людей, а гибкость подразумевает устранение или существенное сокращение ограничений касательно характера выпускаемой продукции и резкое снижение необходимых объёмов подготовительных работ в случае перехода на производство новой продукции. Отличительной особенностью современного этапа развития средств автоматизации является широкое внедрение микропроцессорной техники, основанной на функциональных и интегральных микросхемах [2]. Использование современных средств автоматизации в управлении электроприводом в целом и двигателем постоянного тока независимого возбуждения в частности способно существенно повысить производительность технологического оборудования, что делает актуальным исследование особенностей разработки систем автоматического управления в данной области.

Целью работы является изучение особенностей разработки автоматизированного устройства управления двигателем постоянного тока независимого возбуждения. Для её достижения были использованы методы анализа и синтеза научных публикаций и литературных источников по рассматриваемой теме.

Электропривод является сложной электромеханической системой, предназначенной для приведения исполнительного органа рабочей машины в движение и управления этим движением [3]. Электропривод состоит из преобразователя электрической энергии, механического и электромеханического преобразователей и системы управления, включающей информационное устройство, устройства сопряжения и управления.

Преобразование электрической энергии в механическую осуществляется электрическими двигателями, состоящими из электромеханического преобразователя энергии, трансформирующего электрическую энергию в электромагнитную, и ротора, переводящего электромагнитную энергию в механическую [4]. Двигатель развивает момент на валу ротора, вращающемся с угловой скоростью. В зависимости от рода потребляемого тока электрические машины делятся на двигатели постоянного и переменного тока. Первые могут быть параллельного, независимого, последовательного и смешанного возбуждения, с возбуждением от постоянных магнитов, с печатным и полым немагнитным якорем, с полупроводниковым коммутатором и иных типов.

В электроприводах постоянного тока наибольшее распространение получили двигатели независимого возбуждения, что обусловлено простотой их конструкции и значительными регулировочными возможностями [5]. К их статическим характеристикам в первую очередь относятся зависимости угловой скорости от вращающегося момента или тока якоря при постоянном значении напряжения на якоре двигателя [6]. При проектировании систем управления двигателем постоянного тока независимого возбуждения его

модель обычно представляется дифференциальными уравнениями в форме Коши:

$$\frac{di_я}{dt} = \frac{R_я}{L_я} i_я(t) + \frac{u_я(t) - E_я}{L_я},$$

$$\frac{d\omega(t)}{dt} = \frac{M(t) - M_c}{J},$$

где $L_я$ – индуктивность якорной цепи; $R_я$ – сопротивление якорной цепи; $u_я$ – напряжение на якоре; $i_я$ – ток якоря; k – конструктивный коэффициент двигателя; $E_я = k\Phi\omega$ – противо-ЭДС двигателя; $\omega = \pi n/30$ – угловая скорость двигателя; Ф – магнитный поток машины; n – частота вращения якоря; $M = k\Phi i_я$ – электромагнитный момент; $M_c = k\Phi I_c$ – статический момент сопротивления; I_c – ток статической нагрузки; J – момент инерции якоря и вращающихся с ним элементов рабочего органа.

С целью автоматизации управления двигателями постоянного тока независимого возбуждения и электроприводами в целом разрабатываются автоматизированные электроприводы, представляющие собой электромеханические устройства, состоящие из электродвигателя, передаточного, преобразовательного и управляющего устройств [7]. Преобразовательное устройство, располагающееся между электродвигателем и электрической питающей сетью, используется для трансформации неизменных электроэнергетических параметров питающей сети в переменные согласно управлению регулируемого электропривода, а управляющее устройство – для поддержания оптимального управления по ключевым критериям. В настоящее время чаще всего применяются полупроводниковые преобразовательные устройства (тиристорные, транзисторные), трансформирующие трёхфазное напряжение переменного тока, поступающее из промышленной сети, в постоянное напряжение либо в напряжение трёхфазное переменного тока, обладающего иной величиной и частотой.

Управление электроприводом включает не только пуск, реверс и торможение, но и регулирование скорости согласно требованиям

технологического процесса. Схемы управления электроприводами должны отвечать следующим требованиям [8]:

- простота и надёжность, наличие однотипных устройств с минимальным количеством элементов;
- обеспечение гибкости и удобства управления, возможность перехода ко всем предусмотренным режимам работы при помощи простых переключений;
- предупреждение пуска устройства и отдельных операций звуковым и/либо световым сигналом продолжительностью 8-10 с;
- наличие аварийного стопа, мгновенно останавливающего работу всех механизмов;
- наличие в цепи управляющих электродвигателями и механизмами катушек магнитных пускателей защитных аппаратов с размыкающими контактами, предназначенных для защиты механизмов от перегрузок;
- обеспечение условий разгона инерционных механизмов и машин;
- осуществление рабочего стопа начиная с головного механизма;
- обеспечение контроля и быстрого обнаружения неисправности схемы;
- наличие режимов ремонтных и наладочных работ, подразумевающих возможность включения отдельных элементов.

Основными элементами системы автоматизированного управления электроприводом являются [9]:

- датчики, измеряющие регулируемые величины управления и преобразующие измеренные величины одной физической природы в другую;
- элементы сравнения, сопоставляющие задающее воздействие и управляемую величину и передающие полученную на выходе разность на исполнительный механизм;

- усилители, использующиеся для усиления задающего воздействия либо разницы в случае недостаточности мощности этих сигналов для нормального функционирования регулятора;
- исполнительные механизмы, изменяющие управляемые величины либо поддерживающие их в определённых пределах;
- элементы настройки, подающие в систему задающие воздействия;
- корректирующие элементы, улучшающие регулировочные свойства системы и её отдельных элементов;
- командоаппараты, посредством которых в систему подаются различные команды и воздействия;
- аппараты защиты, выполняющие защитные функции в случае перехода системы в недопустимый режим работы;
- контрольно-измерительные приборы, контролирующие и измеряющие различные величины.

При выборе технических средств автоматизации разрабатываемой автоматизированной системы управления электроприводом необходимо придерживаться требований энергетической, информационной и конструктивной совместимости [10]. Выбор конкретных средств должен осуществляться на основе сравнительного анализа их технико-экономических показателей и требований к системе управления. Оптимальный выбор средств осуществляется в следующей последовательности: контроллер, измерительные преобразователи, количество которых определяется сложностью разрабатываемой системы, исполнительное устройство, включающее исполнительный механизм и регулирующий орган, преобразователь, блок управления исполнительным механизмом и средства автоматизации, выбирающиеся в зависимости от требований к устройству.

Таким образом, широкое распространение электроприводов постоянного тока делает актуальной разработку автоматизированных систем их управления. Автоматизация управления двигателем постоянного тока независимого возбуждения, базирующаяся на комплексной электрификации и

механизации отдельных операций, способна повысить производительность технологических процессов и качество работ, снизить негативное воздействие на окружающую среду и улучшить условия труда.

Список литературы

1. Абдуллаева З.Ш., Угли Тургунов Ш.Ш. Интеллектуальные приводы КС // Scientific progress. – 2021. – № 8. – С. 229-233.
2. Бородин И.Ф. Автоматизация технологических процессов и системы автоматического управления: учеб. для вузов / И.Ф. Бородин, С.А. Андреев. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Изд-во Юрайт, 2022. – 386 с.
3. Саушев А В., Бова Е.В. Показатели качества и критерии оптимальности при структурно-параметрическом синтезе автоматизированных электроприводов // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова. – 2019. – Т. 11, № 2. – С. 380-395.
4. Дементьев Ю.Н. Электрический привод: учеб. пособие для вузов / Ю.Н. Дементьев, А.Ю. Чернышев, И.А. Чернышев. – 2-е изд. – М.: Изд-во Юрайт, 2022. – 223 с.
5. Бекишев Р.Ф. Электропривод: учеб. пособие для вузов / Р.Ф. Бекишев, Ю.Н. Дементьев. – 2-е изд. – М.: Изд-во Юрайт, 2022. – 301 с.
6. Охоткин Г.П. Виртуальный прибор для анализа статических и динамических характеристик двигателей постоянного тока независимого возбуждения // Вестник Чувашского университета. – 2018. – № 1. – С. 61-68.
7. Павлович С.Н. Автоматизированный электропривод: курс лекций / С.Н. Павлович. – Минск: БНТУ, 2016. – 128 с.
8. Шабаев Е.А. Электрический привод. Разработка электрических схем автоматизированного управления электроприводами сельскохозяйственного назначения: лаб. практ. / Е.А. Шабаев, Н.Е. Пономарева. – Зерноград: Азово-Черноморский инженерный институт ФГБОУ ВО Донской ГАУ, 2018. – 56 с.

9. Серебряков А.С. Автоматика: учеб. и практ. для вузов / А.С. Серебряков, Д.А. Семенов, Е.А. Чернов; под общ. ред. А.С. Серебрякова. – 2-е изд. – М.: Изд-во Юрайт, 2022. – 476 с.
10. Суриков В.Н. Технические средства автоматизации технологических процессов и производств: учебно-методическое пособие по курсовому проектированию / ВШТЭ СПбГУПТД. – СПб., 2020. – 98 с.

Bibliography

1. Abdullaeva Z.Sh., Ugli Turgunov Sh.Sh. Intelligent drives KS // Scientific progress. - 2021. - No. 8. - P. 229-233.
2. Borodin I.F. Automation of technological processes and automatic control systems: textbook. for universities / I.F. Borodin, S.A. Andreev. - 2nd ed., Rev. and additional – M.: Publishing house Yurayt, 2022. – 386 p.
3. Saushev A V., Bova E.V. Quality indicators and optimality criteria for structural-parametric synthesis of automated electric drives // Bulletin of the Admiral S.O. Makarov. - 2019. - T. 11, No. 2. - S. 380-395.
4. Dementiev Yu.N. Electric drive: textbook. allowance for universities / Yu.N. Dementiev, A.Yu. Chernyshev, I.A. Chernyshev. - 2nd ed. - M.: Publishing house Yurait, 2022. - 223 p.
5. Bekishev R.F. Electric drive: textbook. allowance for universities / R.F. Bekishev, Yu.N. Dementiev. - 2nd ed. – M.: Publishing house Yurayt, 2022. – 301 p.
6. Okhotkin G.P. Virtual device for the analysis of static and dynamic characteristics of DC motors of independent excitation // Bulletin of the Chuvash University. - 2018. - No. 1. - P. 61-68.
7. Pavlovich S.N. Automated electric drive: a course of lectures / S.N. Pavlovich. - Minsk: BNTU, 2016. - 128 p.
8. Shabaev E.A. Electric drive. Development of electrical circuits for automated control of electric drives for agricultural purposes: lab. practical / E.A. Shabaev, N.E. Ponomarev. - Zernograd: Azov-Chernomorsky Engineering Institute of FGBOU VO Donskoy GAU, 2018. - 56 p.

9. Serebryakov A.S. Automation: textbook. and pract. for universities / A.S. Serebryakov, D.A. Semenov, E.A. Chernov; under total ed. A.S. Serebryakova. - 2nd ed. – M.: Publishing House Yurait, 2022. – 476 p.
10. Surikov V.N. Technical means of automation of technological processes and production: a teaching aid for course design / Higher School of Economics SPbGUPTD. - St. Petersburg, 2020. - 98 p.

© Пономаренко Д.С., 2022 Научно-образовательный журнал для студентов и преподавателей «StudNet» №6/2022.

Для цитирования: Пономаренко Д.С., РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УСТРОЙСТВА УПРАВЛЕНИЯ ДВИГАТЕЛЕМ ПОСТОЯННОГО ТОКА НЕЗАВИСИМОГО ВОЗБУЖДЕНИЯ// Научно-образовательный журнал для студентов и преподавателей «StudNet» №6/2022.