

ПРОЦЕССЫ И МАШИНЫ АГРОИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ



УДК 621.313.3

В.А. Каргин, А.В. Волгин, А.П. Моисеев, О.В. Логачёва
V.A. Kargin, A.V. Volgin, A.P. Moiseyev, O.V. Logacheva

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ С АВТОПОДСТРОЙКОЙ ВЫХОДНОГО УСИЛИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ФОРМОВАТЕЛЯ КОЛБАСНЫХ ИЗДЕЛИЙ

ELECTRIC CONVERTER WITH AUTOMATIC ADJUSTMENT OF FORCE OUTPUT OF ELECTROMAGNETIC SAUSAGE MOLDING MACHINE

Ключевые слова: линейный электромагнитный двигатель, электромагнитный привод, программируемый логический контроллер, твердотельное реле, тензодатчик, плавный ход якоря, формователь колбасных изделий.

Перспективным направлением в разработке машин для формования колбасных изделий является использование импульсного силового электрического привода, имеющего в основе двигатель с линейной траекторией движения рабочего органа. Импульсное дозирование потока, передаваемой источником в линейный электромагнитный двигатель энергии обеспечивается специальными электрическими преобразователями, благодаря которым энергия источника поступает в обмотку двигателя в виде униполярных импульсов напряжения и тока. Используемые в настоящее время электрические преобразователи предназначены в основном для питания и управления ударными электромагнитными машинами. Формирование питающих импульсов производится здесь без учета необходимой плавности хода якоря линейного электромагнитного двигателя и согласования потребля-

емой энергии и нагрузки, что увеличивает динамические нагрузки на кинематические звенья и снижает срок службы всего устройства. Таким образом, обеспечение плавности пуска и хода якоря линейного электромагнитного двигателя привода формователя колбасных изделий за счет автоматической корректировки потребляемой энергии при изменении свойств нагрузки представляется важным. Питание электромагнитной рабочей машины осуществляется от источника питания через твердотельное реле. Дискретная подача электроэнергии обеспечивается коммутационным элементом, включение и отключение которого увязываются с предельным положением якоря и управляются датчиком положения. Предложенная усовершенствованная система автоматического управления с использованием программируемого логического контроллера и тензодатчика в качестве элемента обратной связи позволит осуществить плавность хода якоря линейного электромагнитного двигателя с одновременной автоматической корректировкой выходного тягового усилия в зависимости от изменения параметров нагрузки.

Keywords: *linear electromagnetic motor, electromagnetic drive, programmable logic controller, solid state relay, strain gauge, smooth running of the anchor; sausage molding.*

A promising direction in the development of sausage molding machines is the use of a pulsed power electric drive which is based on a motor with a linear trajectory of motion of the working member. Pulse metering of the flow transmitted by the source to the linear electromagnetic motor of energy is provided by special electric converters, due to which the energy of the source enters the winding of the motor in the form of unipolar voltage and current pulses. The currently used electric converters are intended primarily for powering and controlling shock electromagnetic machines. The formation of supply pulses is performed here without taking into account the necessary smoothness of the linear electromagnetic motor armature and matching of the consumed energy

and load, which increases the dynamic loads on the kinematic links and reduces the service life of the entire device. Thus, ensuring the smoothness of the start and the armature stroke of the linear electromagnetic motor drive of sausage molding machine due to automatic adjustment of the consumed energy when changing the load properties is important. The power of the electromagnetic working machine is supplied from the power supply via a solid state relay. The discrete power supply is provided by the switching element, the activation and deactivation of which is linked to the limit position of the armature and is controlled by the position sensor. The proposed advanced automatic control system using a programmable logic controller and a load cell as a feedback element will allow for smooth running of the linear electromagnetic motor anchor with simultaneous automatic correction of the output traction force depending on the change in the load parameters.

Каргин Виталий Александрович, к.т.н., доцент каф. «Инженерная физика, электрооборудование и электротехнологии», Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова. Тел.: (8452) 74-96-51. E-mail: vakargin@mail.ru.

Волгин Андрей Валерьевич, к.т.н., доцент каф. «Инженерная физика, электрооборудование и электротехнологии», Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова. Тел.: (8452) 74-96-51. E-mail: saratov-79@list.ru.

Моисеев Алексей Петрович, к.т.н., доцент каф. «Инженерная физика, электрооборудование и электротехнологии», Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова. Тел.: (8452) 74-96-51. E-mail: primenienie@mail.ru.

Логачёва Оксана Владимировна, к.т.н., доцент каф. «Инженерная физика, электрооборудование и электротехнологии», Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова. Тел.: (8452) 74-96-51. E-mail: primenienie@mail.ru.

Kargin Vitaliy Aleksandrovich, Cand. Tech. Sci., Assoc. Prof., Chair of Engineering Physics, Electrical Equipment and Technologies, Saratov State Agricultural University named after N.I. Vavilov. Ph.: (8452) 74-96-51. E-mail: vakargin@mail.ru.

Volgin Andrey Valeryevich, Cand. Tech. Sci., Assoc. Prof., Chair of Engineering Physics, Electrical Equipment and Technologies, Saratov State Agricultural University named after N.I. Vavilov. Ph.: (8452) 74-96-51. E-mail: saratov-79@list.ru.

Moiseyev Aleksey Petrovich, Cand. Tech. Sci., Assoc. Prof., Chair of Engineering Physics, Electrical Equipment and Technologies, Saratov State Agricultural University named after N.I. Vavilov. Ph.: (8452) 74-96-51. E-mail: primenienie@mail.ru.

Logacheva Oksana Vladimirovna, Cand. Tech. Sci., Assoc. Prof., Chair of Engineering Physics, Electrical Equipment and Technologies, Saratov State Agricultural University named after N.I. Vavilov. Ph.: (8452) 74-96-51. E-mail: primenienie@mail.ru.

Введение

Одним из основных условий для решения проблем обеспечения качественной сельскохозяйственной продукцией является внедрение новых и совершенствование имеющихся технических средств. В частности, применяющееся в настоящее время в небольших мясоперерабатывающих цехах технологическое оборудование зачастую не отвечает современным требованиям. Так, для процессов принудительного наполнения колбасных оболочек фаршем используются пневматические, гидравлические устройства с линейным перемещением рабочего органа, для которых характерны многоступенчатое преобразование энергии, относительно высокая цена оборудования,

высокая квалификация обслуживающего персонала и т.д. [1-5].

Перспективным направлением в разработке машин для формования колбасных изделий является использование импульсного силового электрического привода, имеющего в основе двигатель с линейной траекторией движения рабочего органа [6]. При этом применение линейного электромагнитного двигателя (ЛЭМД) является предпочтительным за счет простоты конструкции, малых габаритов, надежности в работе, определяемой отсутствием обмоток возбуждения, относительно высоких удельных показателей [3-6].

Линейные электромагнитные двигатели, осуществляющие дискретное потребление и преоб-

разование электрической энергии в механическую работу, для источника питания представляют собой нагрузку импульсного характера. Импульсное дозирование потока передаваемой источником в ЛЭМД энергии обеспечивается специальными электрическими преобразователями (ЭП), благодаря которым энергия источника поступает в обмотку двигателя в виде униполярных импульсов напряжения и тока [6-8].

Используемые в настоящее время ЭП предназначены в основном для питания и управления ударными электромагнитными машинами, например, сводообрушителям, прессом и др. [6-9]. Формирование питающих импульсов производится здесь без учета необходимой плавности хода якоря ЛЭМД и согласования потребляемой энергии и нагрузки, что увеличивает динамические нагрузки на кинематические звенья и снижает срок службы всего устройства [7]. Таким образом, обеспечение плавности пуска и хода якоря ЛЭМД привода формователя колбасных изделий за счет автоматической корректировки потребляемой энергии при изменении свойств нагрузки представляется важным.

Объект исследований

Питание электромагнитной рабочей машины ЭМРМ осуществляется от источника питания ИП через твердотельное реле ТТР (рис. 1). Дискретная подача электроэнергии обеспечивается коммутационным элементом КЭ, включение и отключение которого увязываются с предельным положением якоря и управляются датчиком положения ДПЯ [6, 9].

Автоматическая коррекция выходного тягового усилия F_T обеспечивается плавным варьированием напряжения на обмотке двигателя посредством изменения управляющего напряжения на твердотельном реле ТТР.

Результаты

При нажатии кнопки «Пуск» (дискретный вход программируемого логического контроллера ПЛК) минимальное значение напряжения, подаваемое на обмотку ЛЭМД через твердотельное реле ТТР

с управлением от ПЛК, составляет $0,2U_n$, где U_n – номинальное напряжение ЛЭМД. Якорь двигателя с рабочим органом РО – поршнем – под действием электромагнитной силы начинает плавное движение, одновременно сжимая тензодатчик ТНД (рис. 1). При недостаточном значении F_T ($F_T < F_{пр}$, где $F_{пр}$ – противодействующее значение силы сопротивления фарша, пружины и др.) сигнал обратной связи от датчика ТНД подается на аналоговый вход контроллера ПЛК, пропорционально которому на его выходе формируется выходной аналоговый сигнал управления твердотельным реле ТТР [10, 11].

Повышение напряжения на обмотке ЛЭМД способствует повышению значения выходного тягового усилия и вызывает плавное без рывков движение рабочего органа.

Таким образом, на обмотку ЛЭМД подается напряжение, при котором обеспечиваются необходимое усилие и плавность хода рабочего органа РО.

Система автоматического управления снабжена защитой привода от аварийных режимов работы. В частности, для защиты от перегрева обмотки ЛЭМД и превышения давления в фаршевом цилиндре используются сигналы обратной связи, соответственно, от термодатчика ТРД и датчика давления ПД, при срабатывании которых отключается двигатель и включается световая сигнализация превышения температуры СПТ либо давления СПД. Отключение двигателя производится кнопкой «Стоп».

Настройка скорости перемещения рабочего органа осуществляется оператором при программировании, настройкой коэффициента пропорциональности П-закона регулирования ПЛК (рис. 2):

$$k = tg\alpha = \frac{U_{\text{вых}} / U_{\text{вых}}^{\text{max}}}{U_{\text{вх}} / U_{\text{вх}}^{\text{max}}},$$

где $U_{\text{вых}}$, $U_{\text{вх}}$ – выходное и входное напряжение ПЛК;

$U_{\text{вых}}^{\text{max}}$, $U_{\text{вх}}^{\text{max}}$ – максимальные значения выходного и входного напряжения ПЛК;

$tg\alpha$ – тангенс угла наклона статической характеристики (рис. 2).

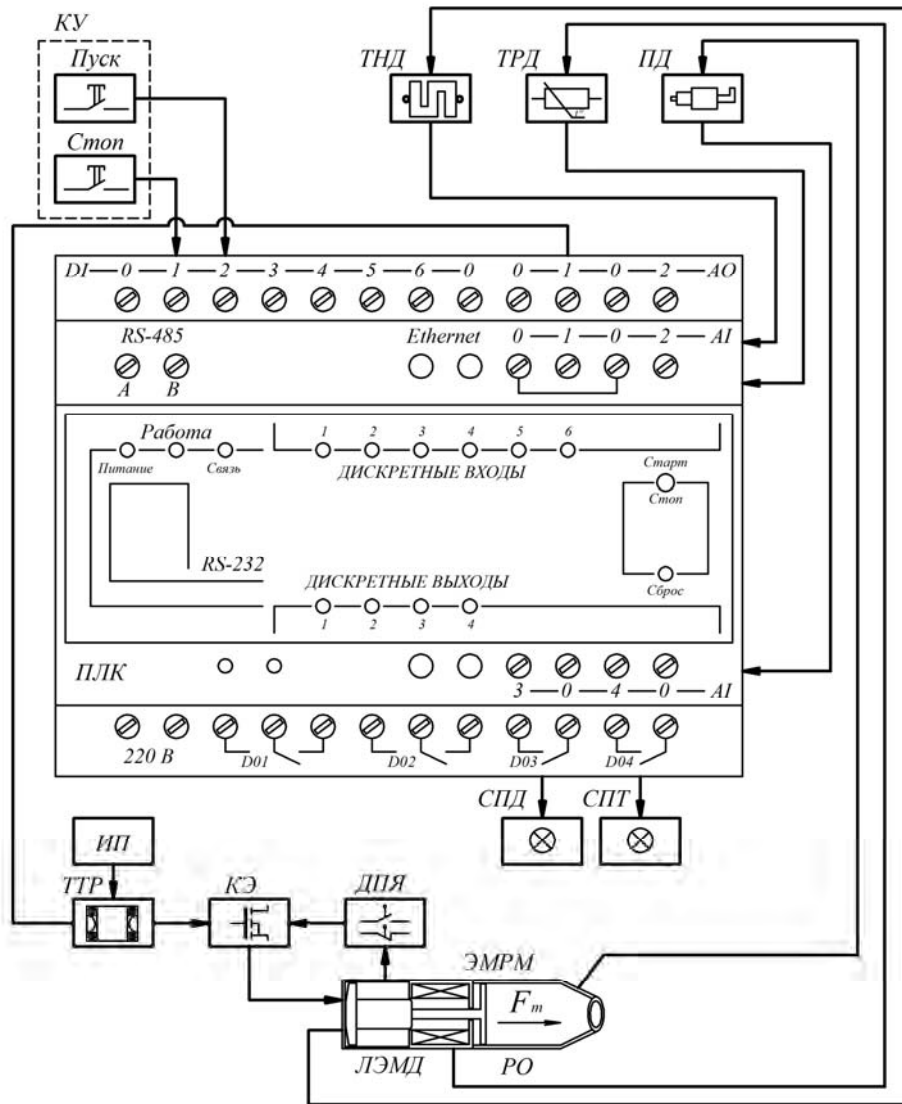


Рис. 1. Система автоматического управления плавным ходом якоря ЛЭМД:
 КУ – кнопки управления; ТНД – тензодатчик; ТРД – термодатчик; ПД – преобразователь избыточного давления;
 ИП – источник питания; ТТР – твердотельное реле; КЭ – коммутационный элемент;
 ДПЯ – датчик положения якоря; ЭМРМ – электромагнитная рабочая машина; РО – рабочий орган;
 ЛЭМД – линейный электромагнитный двигатель; СПД – сигнализация превышения давления
 в фаршевом цилиндре; СПТ – сигнализация превышения температуры обмотки двигателя;
 ПЛК – программируемый логический контроллер

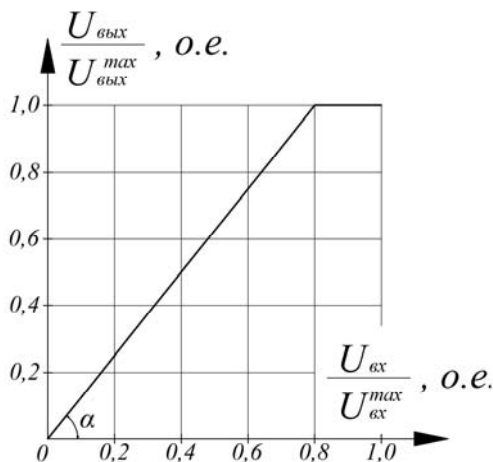


Рис. 2. Настраиваемая характеристика скорости перемещения рабочего органа

Вывод

Предложенная усовершенствованная система автоматического управления с использованием программируемого логического контроллера и тензодатчика в качестве элемента обратной связи позволит осуществить плавность хода якоря ЛЭМД с одновременной автоматической корректировкой выходного тягового усилия в зависимости от изменения параметров нагрузки.

Библиографический список

1. Дуда А.И. Технологическое оборудование мясоперерабатывающей отрасли: учебное пособие. – Саратов: СГАУ, 2006. – 360 с.

2. Бредихин С.А. Технологическое оборудование мясокомбинатов. – М.: Колос, 2005.

3. Усанов К.М., Каргин В.А., Зубарев С.М. Классификация и анализ устройств для принудительного наполнения фаршем колбасных оболочек // Технология и продукты здорового питания: матер. III Междунар. науч.-практ. конф. / под ред. А.В. Голубева; ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ». – Саратов, 2009. – С. 148-152.

4. Усанов К.М., Каргин В.А., Ивченко А.В. Перспективы применения импульсных электромагнитных машин в приводе оборудования для вязки колбасных батонов // Технология и продукты здорового питания: матер. III Междунар. науч. практ. конф. / под ред. А.В. Голубева; ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ». – Саратов, 2009. – С. 152-156.

5. Усанов К.М., Каргин В.А., Зубарев С.М., Ивченко А.В. Импульсные электромагнитные двигатели в приводе в приводе оборудования пищевого производства // Научное обеспечение агропромышленного производства: матер. Междунар. науч.-практ. конф. – Курск: Изд-во Курск. гос. с.-х. ак., 2010. – С. 228-231.

6. Усанов К.М., Мошкин В.И., Каргин В.А., Волгин А.В. Линейные электромагнитные двигатели и приводы в импульсных процессах и технологиях: монография. – Курган: Изд-во Курганского гос. ун-та, 2015. – 202 с.

7. Усанов К.М., Мошкин В.И., Угаров Г.Г. Линейный импульсный электромагнитный привод машин с автономным питанием: монография. – Курган: Изд-во Курганского гос. ун-та, 2006. – 284 с.

8. Каргин В.А. Система управления электромагнитной ударной машиной // Образовательная среда сегодня и завтра: матер. X Междунар. науч.-практ. конф. – М., 2015. – С. 303-306.

9. Каргин В.А. Совершенствование технологии погружения продольно-неустойчивых стержневых элементов на объектах АПК использованием переносного импульсного электромагнитного привода: автореф. ... дис. канд. техн. наук. – Саратов: ФГОУ ВПО Саратовский ГАУ им. Н.И. Вавилова, 2007. – 21 с.

10. Петров И.В. Программируемые контроллеры. Стандартные языки и приемы прикладного проектирования. – М.: СОЛОН-Пресс, 2004. – 246 с.

11. Руководство пользователя по программированию в CoDeSyS 2.3 – редакция RU 2.4, для CoDeSyS v 2.3.6x.

References

1. Duda A.I. Tekhnologicheskoe oborudovanie myasopererabatyvayushchey otrasli: uchebnoe posobie. – Saratov: SGAU, 2006. – 360 s.

2. Bredikhin S.A. Tekhnologicheskoe oborudovanie myasokombinatov. – M.: Kolos, 2005.

3. Usanov K.M., Kargin V.A., Zubarev S.M. Klassifikatsiya i analiz ustroystv dlya prinuditelnogo napolneniya farshem kolbasnykh obolochek // Tekhnologiya i produkty zdorovogo pitaniya: Materialy III mezhdunarodnoy nauch.-praktich. konferentsii / pod red. A.V. Golubeva; FGOU VPO «Saratovskiy GAU». – Saratov, 2009. – S. 148-152.

4. Usanov K.M., Kargin V.A., Ivchenko A.V. Perspektivy primeneniya impulsnykh elektromagnitnykh mashin v privode oborudovaniya dlya vyazki kolbasnykh batonov // Tekhnologiya i produkty zdorovogo pitaniya: Materialy III mezhdunarodnoy nauch. praktich. konferentsii / pod red. A.V. Golubeva; FGOU VPO «Saratovskiy GAU». – Saratov, 2009. – S. 152-156.

5. Usanov K.M., Kargin V.A., Zubarev S.M., Ivchenko A.V. Impulsnye elektromagnitnye dvigateli v privode v oborudovaniya pishchevogo proizvodstva // Nauchnoe obespechenie agropromyshlennogo proizvodstva: Materialy Mezhd. nauch.-prakt. konf. – Kursk: Izd-vo Kursk. gos. s.-kh. ak., 2010. – S. 228-231.

6. Usanov K.M., Moshkin V.I., Kargin V.A., Volgin A.V. Lineynye elektromagnitnye dvigateli i privody v impulsnykh protsessakh i tekhnologiyakh: monografiya. – Kurgan: Izd-vo Kurganskogo gos. un-ta, 2015. – 202 s.

7. Usanov K.M., Moshkin V.I., Ugarov G.G. Lineynyy impulsnyy elektromagnitnyy privod mashin s avtonomnym pitaniem: monografiya. – Kurgan: Izd-vo Kurganskogo gos. un-ta, 2006. – 284 s.

8. Kargin V.A. Sistema upravleniya elektromagnitnoy udarnoy mashinoy // Obrazovatel'naya sreda segodnya i zavtra: Materialy X Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. – M., 2015. – S. 303-306.

9. Kargin V.A. Sovershenstvovanie tekhnologii pogruzeniya prodolno-neustoychivyykh stержnevyykh elementov na obektakh APK ispolzovaniem perenosnogo impulsnogo elektromagnitnogo privoda: avtoref. ... dis. kand. tekhn. nauk. – Saratov: FGOU VPO Saratovskiy GAU im. N.I. Vavilova, 2007. – 21 s.

10. Petrov I.V. Programmiruemye kontrollery. Standartnye yazyki i priemy prikladnogo proektirovaniya. – M.: SOLON-Press, 2004. – 246 s.

11. Rukovodstvo polzovatelya po programmirovaniyu v CoDeSyS 2.3 – redaktsiya RU 2.4, dlya CoDeSyS v 2.3.6kh.

