



ВВЕДЕНИЕ

Рост производительности труда, наращивание объемов производства, удешевление выходной продукции, обеспечение постоянного технического прогресса в промышленности и агропромышленном комплексе страны невозможно без внедрения новой техники и современных технологий.

Концепция инновационного подъема и развития всех отраслей народного хозяйства базируется на широком внедрении передовых научных и технологических достижений в области ресурсосбережения, нанотехнологий и энергосберегающего оборудования. Техническое развитие механических машин и агрегатов, составляющих основу разнообразных технологических линий и производственных процессов, в значительной мере определяется совершенством входящих в их состав электроприводов.

Повышение технического уровня автоматизированного электропривода должно проходить по следующим основным направлениям:

- разработка и выпуск комплектных приводов с использованием современных преобразователей и микропроцессорной техники, обладающих высокой степенью надежности, унификацией и улучшенными энергетическими показателями;
- расширение области применения регулируемого асинхронного электропривода;
- оснащение нового оборудования и переоснащение эксплуатируемых производственных механизмов энерго-

сберегающими типами электроприводов на основе вращательных, линейных, шаговых и вентильных электродвигателей;

- создание новых математических моделей, программных продуктов и роботизированных рабочих мест для более быстрого проектирования всех элементов электропривода;
- подготовка инженерно-технических и научных кадров, способных отслеживать и обобщать мировые технические достижения с новыми подходами, эксплуатировать и разрабатывать высокоэффективные, надежные, обладающие высокими удельными характеристиками электроприводы.

Отличительными особенностями учебного пособия являются:

- полнота и системность изложения материала по основным разделам дисциплины «Электропривод» в объеме, предусмотренном государственными образовательными стандартами для бакалавров и магистров, обучающихся по направлениям: 110800.62, 110800.68 — «Агроинженерия» и 140400.62, 140400.68 — «Электроэнергетика и электротехника»;
- наличие дидактического материала — вопросы для контроля, примеры решения задач, которые дают возможность закреплять изученный материал и планомерно развивать у студентов стремление к самостоятельной инженерной работе;
- добавление главы, в которой решение задач электропривода представлены в электронной среде *Mathcad* с целью привития студентам навыков использования компьютеров и современных электронно-вычислительных продуктов, применяемых для повышения степени автоматизации математических расчетов и быстрого построения графических зависимостей, а также способствующих более эффективному усвоению изучаемого материала и сокращению времени вычислений.

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДА

В различных литературных источниках по электроприводу приводятся самые разнообразные определения электропривода. Наиболее полное понятие представлено в ГОСТ 50369–92 «Электроприводы. Термины и определения». Электропривод (ЭП) — электромеханическая система, состоящая из электродвигательного (ЭД), преобразовательного (ПУ), передаточного (ПМ) и управляющего (УУ) устройств, предназначенная для приведения в движение исполнительных органов рабочей машины и управления положениями координат вращающихся и возвратно поступательных элементов. Принципиальная структурная схема электропривода приведена на рисунке 1.1. Основное назначение электропривода — создание полезной работы на выходном валу нагрузочной машины за счет преобразования электрической энергии в механическую.

На рисунке 1.2 представлена упрощенная схема подключения асинхронного электрического двигателя к трехфазной сети.

В сельскохозяйственном производстве в настоящее время используется большое разнообразие электрифицированных машин и механизмов, но наиболее широкое распространение получили следующие электромеханические установки: насосные агрегаты, вентиляторы, крановые механизмы, устройства для раздачи кормов и уборки навоза, дробилки, системы сортировки и очистки семян, мобильные транспортные средства, ручной инструмент, сепараторы молока и т. д.

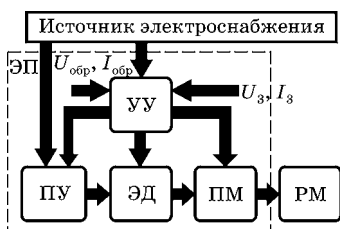


Рис. 1.1
Функциональная схема электропривода:

УУ — устройство управления; ПУ — преобразовательное устройство; ЭД — электродвигатель; ПМ — передаточный механизм; РМ — рабочая машина; ЭП — электропривод.

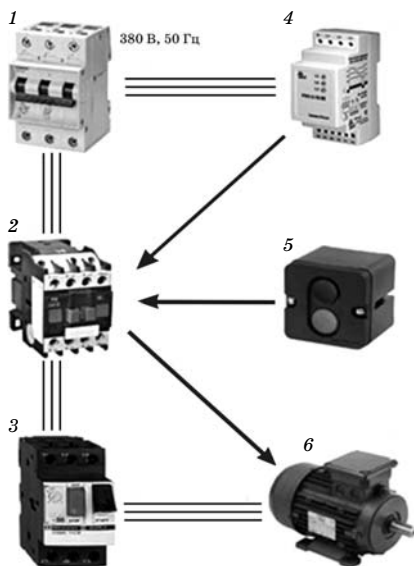


Рис. 1.2
Упрощенная схема подключения асинхронного электропривода:

1 — вводный автоматический выключатель; 2 — магнитный пускатель; 3 — тепловое реле; 4 — реле контроля фаз и уровня напряжения; 5 — кнопки управления; 6 — электродвигатель.

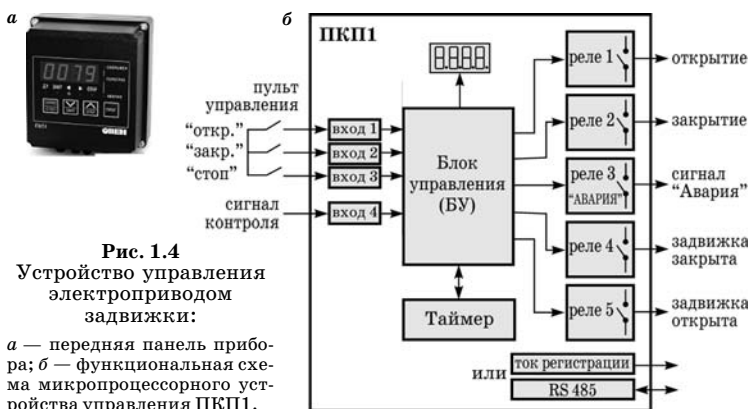


Рис. 1.3
Примеры источников электроснабжения:

а — подключение к сети электропривода насосного агрегата; б — дизель-генератор; в — панели солнечных батарей.

Источником электроснабжения электрического привода традиционно может быть: электрическая сеть, автономный бензо-дизель-генератор, химические аккумулирующие устройства или возобновляемые источники энергии, например панели солнечных батарей, ветроэнергетические установки, электростанции на биогазе, морские, волновые и приливные источники электроэнергии и т. д. На рисунке 1.3 в качестве примера представлены источники электроснабжения, относящиеся к рассмотренным группам.

Устройство управления применяется для выработки управляющих сигналов силовой энергетической части электропривода, в состав которой входят преобразующее устройство, электрическая машина и передаточный механизм. На вход УУ поступают задающие сигналы по току или напряжению, а также импульсы обратных связей. На выходе вырабатывается необходимая функциональная зависимость управления. В состав управляющих устройств входят микропроцессорные средства и разнообразная компьютерная техника. На рисунке 1.4 представлено устройство управления и защиты электропривода задвижки фирмы «ОВЕН», ПКП1 и его функциональная схема. Прибор ПКП1 предназначен для управления задвижками и затворами в системе «Водоканал» и защиты их механизмов и электроприводов при заклинивании без применения концевых выключателей.



Преобразовательное устройство разработано для коммутации и преобразования электрических параметров на входе и выходе. ПУ способно изменять род тока, форму, амплитуду и скважность импульсов входного напряжения и тока, частоту питающей сети и регулировать обороты вращения с учетом обратных связей. В качестве преобразовательных устройств используют магнитные пускатели, контакторы, выпрямители, тиристорные коммутаторы, частотные преобразователи (ПЧ), регуляторы напряжения, устройства плавного пуска.

На рисунке 1.5 изображены преобразователь частоты серии ОМЕГА-2, применяемый для изменения угловой частоты вращения выходного вала электродвигателя, и принципиальная электрическая схема ПЧ на *IGBT*, транзисторах, обладающих более высокой частотой переключения, что позволяет вырабатывать выходной сигнал синусоидальной формы с минимальным искажением.

Устройства плавного пуска (УПП) (рис. 1.6) электродвигателей, производимые на базе тириستоров, предназначены для постепенного запуска и остановки двигателей и представляют собой тиристорное трехфазное регулирующее устройство. Пусковые устройства предназначены для работы с трехфазными асинхронными двигателями с короткозамкнутым ротором. Разработанные на элементной базе отечественных и зарубежных ведущих европейских производителей УПП позволяют мягко управлять элект-

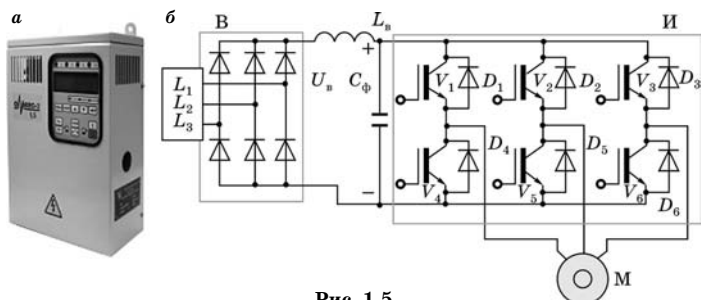


Рис. 1.5

Преобразовательное устройство для электропривода:

a — ПЧ для частотно регулируемых асинхронных электроприводов насосов, компрессоров, вентиляторов; *б* — принципиальная схема управления силовой части ПЧ с широтно-импульсной модуляцией формы токов.



Рис. 1.6

Внешний вид устройства плавного пуска (а) и функциональная схема (б), совмещенная с устройством управления работой асинхронного электродвигателя

родвигателем, используя его в системах автоматизации. К достоинствам систем плавного пуска следует отнести: регулировку электромагнитного момента, уменьшение пускового тока, минимизацию потерь в тиристорах, возможность каскадного запуска электрических машин одним УПП, снижение износа двигателей и редукторов, сокращение расходов на обслуживание.

Выпускаются импортные серии *ESL*, *ATS*, *RSE* и отечественные типа *Triol*, *Kimo*.

Электрический двигатель предназначен для непосредственного преобразования электрической энергии в механическую и наоборот. Электродвигатели подразделяются на синхронные, асинхронные и машины постоянного тока. Наиболее широкое распространение в промышленности и сельскохозяйственном производстве получил электропривод на основе асинхронного короткозамкнутого электрического двигателя и электродвигателя с фазным ротором. В настоящее время выпускаются общепромышленные унифицированные асинхронные электродвигатели на пере-

менное напряжение питания 380, 660 В, с частотой тока 50 Гц. Наиболее известны серии трехфазного типа: АИ, 7АИ, 5А, 6А, и постоянного тока класса: 2П, 4П, 5П, 6П на напряжение 220, 440 В. Электродвигатели асинхронные трехфазные с фазным ротором серий 5АНК, АК4, 6АК, АДФ предназначены для привода механизмов, требующих изменения частоты вращения. Используются в качестве привода вентиляторов, дымососов, компрессоров, металлорежущего и другого оборудования. Широкое распространение получили специализированные модификации двигателей, например, для крановых механизмов разработан линейный ряд *МТФ* и *МТКФ*. В помещениях с повышенной взрывоопасностью, высокой влажностью или агрессивной средой используют электрические двигатели специального назначения — 2В, 2ВР, ВРП. Наряду с применением электродвигателей указанных групп до сих пор эксплуатируются и ранее выпускавшиеся двигатели единой серии 4 А.

На рисунке 1.7 представлены фотографии внешнего вида асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым и фазным ротором и машины постоянного тока.

Асинхронный электродвигатель обладает простотой обслуживания, повышенной надежностью, высокой нагрузкой на отказ, улучшенными удельными характеристиками (отношение потребляемой мощности к общему объему двигателя или к его активным материалам) по сравнению с машиной постоянного тока при одной и той же номинальной мощности.

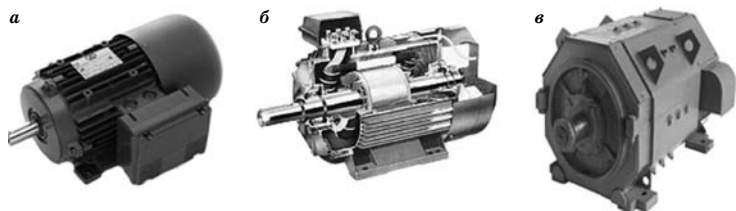


Рис. 1.7

Внешний вид электродвигателей:

а — асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором; б — электродвигатель с фазным ротором; в — машина постоянного тока.

Передаточный механизм необходим для передачи механической энергии от электродвигателя к исполнительному органу рабочей машины и согласования вида и скоростей движения. С целью получения высокоэффективного, энергосберегающего электропривода рекомендуется выбирать электрические машины с высокими скоростями вращения $1500\text{--}3000\text{ мин}^{-1}$, что противоречит методики подбора рабочих машин. Для длительного и нормального функционирования рабочей машины в составе электропривода необходимо с точки зрения механической прочности и сохранения высокой производительности не увеличивать обороты вращения рабочего органа более чем 500 мин^{-1} . В качестве устранения существующего противоречия используются разнообразные передаточные устройства. Различают зубчатые, цепные, ременные передачи, вариаторы, редукторы, механические и электромагнитные муфты.

Наиболее широкое распространение в отраслях промышленности и агропромышленного комплекса находят редукторные и ременные передачи. Промышленность выпускает редукторы цилиндрические двухступенчатые типа РМ и РК, с планетарной зубчатой передачей серий МПз 300, червячные марки Ч, 2Ч, мотор-редукторы МЦ2В, М1Ц2У и вариаторы МВ. Выбор в пользу применения мотор-редуктора следует производить в случаях, когда необходим компактный привод.

В последнее время в системах автоматизированного электропривода все чаще и чаще применяются электромагнитные муфты класса ЭМ и ЭТМ. Электромагнитные муфты обеспечивают плавное регулирование передаваемого момента и частоты вращения, позволяют ограничивать крутящий момент, осуществлять плавность процесса пуска, изменять направление вращения и выполнять торможение по заданному закону.

Фрикционные пары в электромагнитных муфтах сцепляются под действием магнитного притяжения между деталями, находящимися на ведущих и ведомых частях привода. Притяжение возникает благодаря пропусканию через обмотку электромагнитного тока, создающего магнитный поток требуемой величины.



Рис. 1.8
Внешний вид:

a — многоступенчатого редуктора; *б* — электромагнитной муфты; *в* — зубчато-ременной передачи.



Рис. 1.9
Рабочие машины, применяемые в сельском хозяйстве:

a — осевой вентилятор; *б* — центробежный насос; *в* — ленточный скрепковый транспортер.

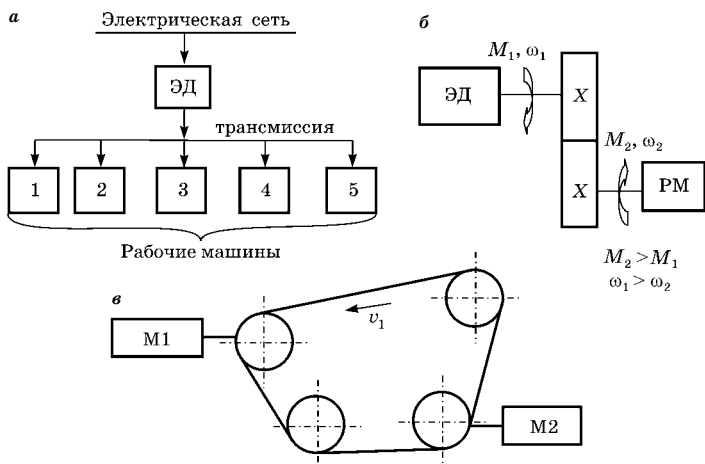


Рис. 1.10
Схемы электропривода:

a — групповой; *б* — индивидуальный; *в* — взаимосвязанный.

На рисунке 1.8 представлены фотографии многоступенчатого редуктора, электромагнитной муфты и зубчато-ременной передачи.

Рабочей машиной называется устройство, предназначенное для изменения формы, свойств, состояния и положения предмета труда. Основным элементом РМ считается исполнительный рабочий орган (РО), который предназначен для выполнения полезной работы электропривода в процессе реализации технологической операции.

На рисунке 1.9 изображены примеры рабочих машин, используемых в сельскохозяйственном производстве.

Классификация электропривода. В зависимости от способа передачи механической энергии от электродвигателя к рабочей машине различают групповой, индивидуальный, взаимосвязанный и многодвигательный электроприводы (рис. 1.10). При групповом электроприводе несколько машин приводятся в действие от одного электрического двигателя через систему передач. Коэффициент полезного действия подобной механической системы очень низок, а потребляемая мощность электродвигателя сильно завышена. Индивидуальный электропривод имеет свою рабочую машину и сопрягается с ней либо напрямую, либо через передаточный механизм. Взаимосвязанный электропривод представляет собой два или несколько ЭП, при работе поддерживается исходя из технологического процесса — требуемого соотношения скоростей вращения, нагрузок и положения исполнительных органов рабочих машин.

По принципу передачи движения и управления электроприводы подразделяются на непрерывного и дискретного, вращательного и линейного действия, реверсивные и нереверсивные, позиционные, следящие и программно-управляемые.

Различают ЭП и по роду тока и степени автоматизации. Выделяют электропривод постоянного и переменного тока, а также классифицируют на неавтоматизированный, автоматизированный и автоматический привода.

Исходя из системы электроснабжения, ЭП разделяют на сетевой, подключаемый к централизованной системе электроснабжения, и автономный электропривод, потреб-

ляющий энергию от бензо-дизель-генераторов, аккумуляторных батарей и возобновляемых источников энергии.

По характеру изменения параметров разграничение происходит на регулируемый ЭП, характеристики которого могут варьироваться под воздействием управляющего устройства, и нерегулируемый. У последнего обороты вращения ротора, нагрузка, диапазон регулирования, жесткость механических характеристик и электромеханическая постоянная времени способны отклоняться от стандартных значений только под действием возмущающих факторов.

Вследствие возможной связи с передаточным механизмом электрический привод подразделяется на редукторный и безредукторный и электропривод со встроенным в одном корпусе червячным ПМ, благодаря особенностям конструкции называемый мотор-редуктор.

В сельскохозяйственном производстве наиболее широкое распространение получил индивидуальный автоматизированный электропривод с асинхронными электродвигателями, имеющими повышенную степень защиты от влияния внешней среды, мощностью до 200 кВт, с синхронными частотами вращения от 750 до 3000 мин⁻¹, приводящий в движение рабочий орган через редуктор, ременную или цепную передачу.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Из каких элементов состоит функциональная схема электропривода?
2. Какие источники электроснабжения используются для питания электрических двигателей?
3. Для каких целей применяется система управления и преобразовательное устройство?
4. Какие серии электродвигателей выпускаются отечественной электротехнической промышленностью?
5. Когда в электроприводах используются передаточные механизмы?
6. Какие разновидности ПМ нашли наиболее широкое распространение в АПК?
7. Каково назначение рабочей машины?
8. Приведите примеры РМ для агропромышленного производства.
9. Как классифицируется электропривод?
10. Какой привод получил наиболее широкое распространение в сельскохозяйственном производстве?

ЭЛЕКТРОПРИВОД ПОСТОЯННОГО ТОКА

2.1. МАШИНЫ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Электродвигатели постоянного тока применяют в тех электроприводах, где требуется большой диапазон регулирования скорости, высокая точность поддержания оборотов вращения привода и регулирования угловой частоты вращения вверх и вниз от номинальной.

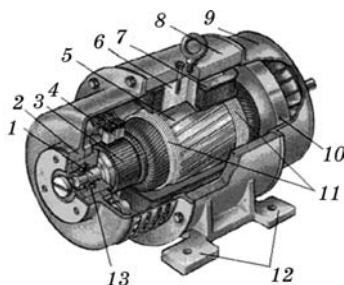
Двигатели постоянного тока (ДПТ) состоят из четырех основных частей: статора, обмотки возбуждения (ОВ), якоря с обмоткой и щеточно-коллекторного узла, необходимого для подведения напряжения к якорной обмотке. При этом щетки неподвижны, а коллектор жестко связан с якорем.

На рисунке 2.1 дано трехмерное изображение конструкции машины постоянного тока.

В ДПТ для улучшения условий коммутации могут быть также предусмотрены и дополнительные полюса, а для компенсации поперечной реакции якоря — компенсационные обмотки на полюсах статора.

Рис. 2.1
Разрез конструкции машины
постоянного тока:

1 — вал; 2, 9 — подшипниковые щиты;
3 — коллектор; 4 — щеткодержатели; 5 —
магнитопровод якоря; 6 — сердечник глав-
ных полюсов; 7 — катушка с обмоткой воз-
буждения; 8 — станина; 10 — вентилятор;
11 — бандаж; 12 — лапы станины; 13 —
подшипник.



В зависимости от способа электромагнитного возбуждения, машины постоянного тока подразделяют на двигатель постоянного тока с независимой обмоткой возбуждения (ДПТ НВ), с параллельной обмоткой возбуждения (ДПТ ПВ), последовательного и смешанного возбуждения.

Наибольшее распространение получили двигатели комбинированного параллельно-последовательного возбуждения и машины постоянного тока с последовательной обмоткой возбуждения.

В сельскохозяйственном производстве двигатели постоянного тока находят применение в металлорежущих станках, вентиляционных установках, в электрокарах, в электротрансмиссиях тракторов и автомобилей большой мощности, в ручном электрифицированном инструменте и т. д.

2.2. МЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

Одним из обязательных условий производительной, надежной и экономичной работы нагрузочной машины является правильный выбор электропривода. Выбранный электропривод должен обеспечивать благоприятную работу исполнительного органа в статическом и динамическом режимах.

Запуск электрической машины, переход с одной скорости на другую, сброс нагрузки и торможение производственного механизма — это процессы, которые определяются характером изменения тока, скоростью вращения и электромагнитного момента.

Связь между угловой частотой вращения двигателя и развиваемым им моментом называется механической характеристикой электродвигателя, $\omega = f(M)$ или $n = f(M)$, а зависимость оборотов вращения от тока определяется как электромеханическая характеристика, $\omega = f(I)$ или $n = f(I)$.

Механические характеристики, построенные по паспортным данным двигателя, называются **естественными**. Характеристики, полученные в результате изменения од-

Конец ознакомительного фрагмента.

Приобрести книгу можно

в интернет-магазине

«Электронный универс»

e-Univers.ru