

УДК 62-83: 621.313

Т.В. Горлова, В.П. Обрусник

## Электропривод, его состояние и перспективы

Приведены известные определения для понятия «электропривод». Сделан анализ состояния электроприводов в России. Изложены предъявляемые к ним требования. Сформулированы основные критерии совершенствования и развития.

**Ключевые слова:** электропривод, преобразователь электроэнергии, мехзвено, электродвигатель, система управления, стабильность скорости, энергоёмкость, энергосберегаемость.

В данной статье нет новых разработок, приводятся сведения, имеющиеся в приведенной ниже литературе [1–7]. Эти сведения взяты из нескольких источников, которых часто нет у пользователей, да и не в каждой библиотеке они имеются.

Электромеханикам будет удобно пользоваться данной статьей, поскольку интересные для них сведения не разбросаны по нескольким первоисточникам.

### Варианты определения для электроприводов

*Вариант 1.1.* Предложен [6].

Электроприводом называется электромеханическое устройство, включающее составляющие его части:

- преобразователи электрической энергии в механическую (электродвигатели);
- устройство передачи движения к рабочему механизму;
- управляющая система движением исполнительных органов рабочей машины, обеспечивающая технологические процессы требуемых движений с заданными точностью и быстротой.

*Вариант 1.2.* Электрический привод (сокращенно – электропривод) – это электромеханическая система для приведения в движение исполнительных механизмов рабочих машин и управления этим движением в целях осуществления технологического процесса (<https://ru.wikipedia.org/wiki/>).

*Вариант 1.3.* Предложен авторами данной статьи.

Электропривод есть электромеханическая система (ЭМС), обеспечивающая технологические процессы заданных видов движения механизмов рабочей машины с требуемой точностью и быстротой.

**Структура электропривода и её составляющие.** Составляющими электропривода на рис. 1 являются: ИЭЭ – источник электрической энергии, например сеть напряжения переменного тока 220 В одной фазы; РРД – регулятор режимов работы двигателя: регулятор напряжения двигателя постоянного тока или частоты и напряжения двигателя переменного тока; БУ – блок управления; Д – электродвигатель; ПУ – передающее устройство движения двигателя к рабочему механизму (механическое, гидравлическое, электромагнитное и др.); РМ – рабочий механизм; ИОРМ – исполнительный орган рабочего механизма; ЭЭ – электрическая энергия; МЭ – механическая энергия; ПЭЭ – преобразователи электрической энергии, полупроводниковые, релейные, например инверторы, ШИМ и др.;  $U_3$  – задающий сигнал;  $U_{дс}$  – дополнительные сигналы, например, сигналы обратных связей.

Электроприводы (ЭП) обеспечивают все виды движений: регулируемые и нерегулируемые, непрерывные и дискретные, однонаправленные и двунаправленные (реверсивные), вибрационные, возвратно-поступательные, движения по программе, движения, повторяющие любые команды (следящие), движения, обеспечивающие наиболее выгодные режимы технического процесса (самонастраивающиеся, адаптивные), и др.

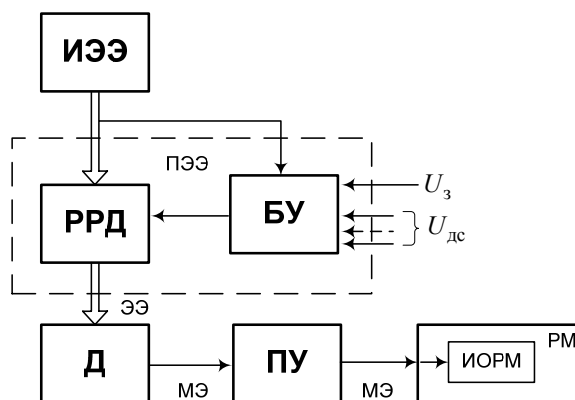


Рис. 1. Структура ЭП

Регуляторы режимов работы двигателя (РРД) могут быть полупроводниковыми (вентильными) на транзисторах, тиристорах, полностью управляемых диодах или релейно-контакторными.

Если диапазон регулирования небольшой, в пределах 1:10, и допускается дискретное (релейное) регулирование, то оно может осуществляться релейно-контакторной аппаратурой. Такое регулирование в инженерной практике очень распространено, используется на промышленных предприятиях.

Если регулирование требуется плавное, то без полупроводниковых (вентильных) РРД не обойтись. Современные вентильные РРД могут обеспечивать диапазоны регулирования скорости до 1:5000. Электромашинные регуляторы типа Г-Д или ЭМУ-Д сейчас не изготавливаются.

В инженерной практике используется классификация ЭП по типу вентильных РРД. Например, ЭП с тиристорным регулятором напряжения, ЭП с транзисторным преобразователем частоты и др.

Важным звеном для ЭП является передающее устройство (ПУ).

Механическое звено ПУ отсутствует в редких случаях – электродрели и шлифовальные круги. Скорость двигателей, которые обычно имеют вращательное движение со скоростью от 500 об/мин и выше, требуется согласовать с тихоходными рабочими механизмами и часто осуществляющими поступательное движение: подъемные устройства, конвейеры, строгальные станки, кривошипно-шатунные механизмы и др.

По конструкционному исполнению ПУ очень разнообразны: редукторы с зубчатыми колесами, редукторы с червячным валом, цепные или ременные преобразователи величины вращательных движений, подъемные устройства по схеме барабан–тросс, домкраты, кривошипно-шатунные устройства, передачи типа колесо–конвейерная лента, дифференциалы и др. Типовые ПУ изготавливаются серийно, на них имеются каталоги и справочники.

**Электропотребляемость электроприводов.** В электротехнике принято подразделять потребители электроэнергии на четыре вида [1, 4, 5]:

1. Электроприводы турбомеханизмов, потребляющие примерно 60% производимой электроэнергии.

2. Технологические установки статистического типа: электрохимические, высокочастотного нагрева, дуговая плавка металлов, электросварка и др. – 25%.

3. Электроосвещение и потребление энергии в быту (электропечи, холодильники, стиральные машины, телевизоры и др.) – 14%.

4. Устройства управления и обработки – 1%.

Итого: 100%.

Эта усредненная статистика для индустриально развитых стран, таких как США, Россия, Германия, Япония, Украина, Белоруссия, Канада, будет отличаться, но показатель потребления электроэнергии электроприводами всегда преобладает над показателями потребления электроэнергии другими системами. В России электроприводы потребляют примерно 65% вырабатываемой государством электроэнергии.

К электроприводам следует относиться с большим вниманием, обеспечивая их достаточным количеством специалистов, занимающихся разработкой, производством и эксплуатацией ЭП. Обеспечивать применяемым ЭП высокую надежность, энергосберегаемость и производительность. Необходимо совершенствовать ЭП, улучшая их технико-экономические и эксплуатационные показатели.

В настоящее время ЭП России имеют показатели:

90% – нерегулируемые (не требуется по технологическим процессам);

10% – регулируемые, в основном постоянного тока;

95% электродвигателей имеют мощность до 100 кВт и лишь 5% – более 100 кВт, некоторые из них имеют мощность 5 МВт и более, но это редкие случаи. Например, электроприводы дымососов на Сургутской ТЭЦ имеют мощность 5,6 МВт.

**Энергообеспечение в России** [1, 5]. По данным 2010 г. в России вырабатывается электроэнергия примерно 800 млрд кВт·ч в год. Немного больше производится энергии только в США. Остальные страны, в том числе Германия, Япония, вырабатывают в 2–3 раза меньше.

Производителями энергии в России являются: газовые станции – 62–65% от общего количества; АЭС – примерно по 11%; гидроэлектростанции (ГЭС) – 21%; теплоэлектроцентрали (ТЭЦ) – 68%; нетрадиционные источники: ветряные двигатели-генераторы, солнечные батареи, аккумуляторы, дизель-генераторы – 5%.

Энергоемкость российского ВВП в 2 раза выше, чем в западных странах. Например, энергоемкость добычи нефти (30–40)%, химические производства и металлургия – более 60%, машиностроение (25–30)% [1, 4].

Газпром снизил снабжение газом ТЭЦ в 2000 г. на 10%, в 2002 г. на 35%, далее каждый год, включая 2010, на 10%. Считается, что сжигать газ экономически нецелесообразно. Газ можно использовать в химической промышленности для производства ценных для народного хозяйства товаров из пластмасс и тканей для одежды [1].

Производство электроэнергии в России ежегодно снижается, например, в 2010 г. оно уменьшилось на 100 млрд кВт·ч. Приходится покупать электроэнергию за рубежом [1, 4].

#### **Требования к электроприводу** (согласно [1, 4]).

1. Надежность. Должно обеспечиваться не менее 15 тыс. часов безотказной работы.
2. Требуемая по техзаданию точность поддержания стабильности регулируемых величин – электромагнитного момента, скорости, перемещения. Наибольшая точность (прецизионная) – 0,01%.
3. Повысить энергетическую эффективность – расход энергии на получение технологического продукта при заданном качестве. Например, киловатт-часов на одну тонну продукции. Показатель задается ЭП в зависимости от назначения привода.
4. Увеличить ресурсоемкость. Чем выше качество показателя, тем больше затраты.

Например, точно и медленно – наименьшая ресурсоемкость, точно и быстро – средняя, точно, быстро и надежно – наибольшая.

#### **Основные направления развития ЭП** [1–3, 5].

1. Расширить области применения регулируемого электропривода. В России они составляют примерно 10%, за рубежом – более 40%.

Сделать регулируемыми ЭП турбомеханизмов (насосы, компрессоры, вентиляторы, аэродинамические устройства и др.). Эти механизмы потребляют около 90% энергии, расходуемой на все электроприводы. Если электродвигатели турбомеханизмов не регулируются, то потери энергии достигают 60%.

2. Повысить требования к динамическим и точностным показателям, расширить функции ЭП, связанные с управлением технологическими процессами.

3. Улучшить энергосберегаемость ЭП. В настоящее время потери электроэнергии в российских электроприводах достигают 75% от общих потерь в системе электроснабжения. Энергоемкость российского ВВП в 2 раза выше, чем в западных странах.

4. Обеспечить все ЭП системами непрерывной внутренней диагностики параметров и режимов работы.

5. Расширить применение цифровых электроприводов с микропроцессорным управлением, работающих по алгоритмам, заранее разработанным для требуемых режимов работы ЭП.

6. Увеличить выпуск инженерных и научных кадров, которых в России пока очень мало, примерно 20% от требуемого числа [1, 4].

**Заключение.** В статье приведены известные в настоящее время в России определения для понятия электропривод (ЭП). Охарактеризована энергосберегаемость ЭП. Даны показатели энергообеспечения ЭП. Сформулированы основные требования и направления развития ЭП. Сделаны выводы, что отечественные электроприводы требуется совершенствовать, в том числе:

- сделать ЭП турбомеханизмов регулируемым, например, за счет вентильных регуляторов напряжения статора;
- увеличить применение регулируемых ЭП не менее чем в 5 раз;
- увеличить выпуск количества отечественных электроприводов, чтобы исключить приобретение дорогих зарубежных;
- уменьшить энергопотребляемость отечественных электроприводов не менее чем в 2 раза;
- увеличить выпуск инженерных кадров для эксплуатации ЭП;
- выделить достаточно средств для разработки, исследования новых ЭП и подготовки научных кадров.

#### *Литература*

1. Ильинский Н.Ф. Электропривод в современном мире // Труды 5-й Междунар. конф. по автоматизированному электроприводу (АЭП–2007). – 2007. – С. 17–19.

2. Обрусник В.П. Электроприводы переменного тока, их проблемы // Труды 5-й Междунар. конф. по автоматизированному электроприводу (АЭП–2007). – 2007. – С. 133–136.
3. Обрусник В.П. Энергосберегаемость электроприводов переменного тока / В.П. Обрусник, А.З. Вахитова // Сборник статей Астраханского госуниверситета. – 2008. – С. 110–112.
4. Ильинский Н.Ф. Перспективы развития регулируемого электропривода // Электричество. – 2003. – № 2. – С. 2.
5. Гладырев А.И. Технологические предпосылки применения регулируемого и управляемого электропривода / А.И. Гладырев, Д.И. Родькин // Научные труды КППИ. – Кременчуг (Украина), 2000. – Вып. 1. – С. 98–102.
6. Ключев В.И. Теория электропривода: учебник для вузов. – М.: Энергоатомиздат, 1985; 2001. – 560 с.
7. Газета «Аргументы и факты». – 2014. – № 24. – С. 7.

---

**Горлова Татьяна Валентиновна**

Ст. преподаватель каф. информационно-управляющих систем  
Кременчугского национального университета им. М. Остроградского (КрНУ), Украина  
Тел.: (380-536-6) 2-60-25  
Эл. почта: gorlova58@list.ru

**Обрусник Валентин Петрович**

Д-р техн. наук, профессор каф. промышленной электроники ТУСУРа  
Тел.: 8 (382-2) 42-30-16  
Эл. почта: vai@ie.tusur.ru

Gorlova T.V., Obrusnik V.P.

**Electric drive: its status and perspectives**

In the paper, we defined the concept of an electric drive and analyzed the problem state in Russia. The specified requirements are given and the basic criteria for development are defined.

**Keywords:** electric power converter, mechanical link, electric motor, control system, speed stability, power consumption, electric power preservation.