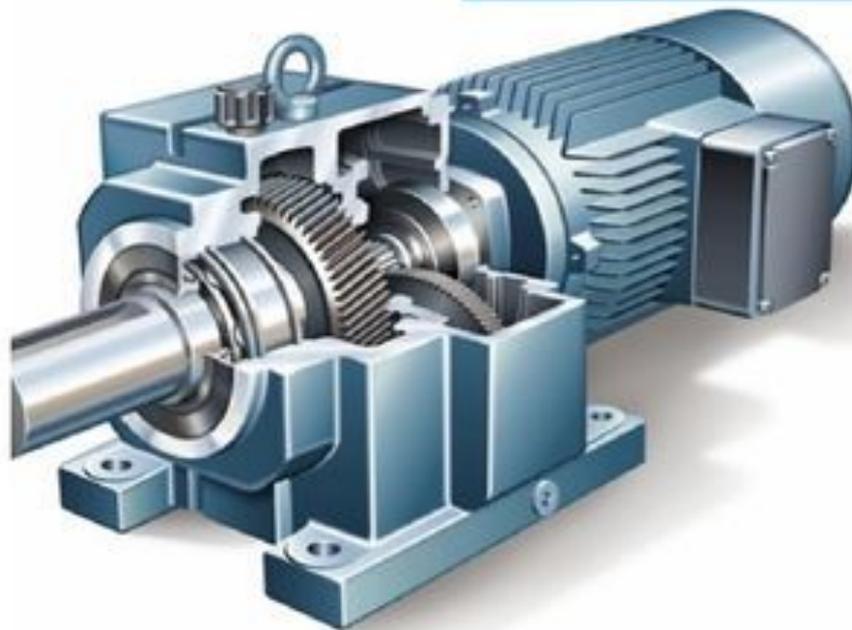


# Электрический привод



# ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОПРИВОДА

Вставка рисунка



# Введение

## Определение понятия «Электрический привод»

*Электропривод* это управляемая электромеханическая система. Ее назначение преобразовывать электрическую энергию в механическую и обратно и управлять этим процессом.

Электропривод имеет два канала *силовой* и *информационный* (рисунок 1.1). По первому каналу транспортируется преобразуемая энергия, по второму каналу осуществляется управление потоком энергии, а также сбор и обработка сведений о состоянии и функционировании системы, диагностика ее неисправностей.

Силовой канал состоит из двух частей *электрической* и *механической* и обязательно содержит связующее звено: *электромеханический преобразователь*.

# ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДА И ЕГО РОЛЬ В СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ

Историю ЭП обычно начинают отсчитывать с разработки русским академиком **Б.С.Якоби** первого **двигателя постоянного тока** вращательного движения. Установка этого двигателя на небольшой катер, который в 1838г. совершил испытательные рейсы по Неве, является первым примером реализации ЭП. В дальнейшем ЭП стали применяться, например, для наведения артиллерийской установки, перемещения электродов дуговой лампы, привода швейной машинки.

Однако из-за отсутствия экономичных источников электроэнергии постоянного тока ЭП долгое время не находил широкого применения и основным оставался тепловой привод.

Не изменило кардинально этого положения и создание в 1870г. промышленного электрического генератора постоянного тока, а также появление однофазной системы переменного тока.

Толчком к развитию ЭП явилась разработка в 1889г. **М.О. Доливо-Добровольским** системы трехфазного тока и появление трехфазного асинхронного электродвигателя, что создало реальные технические и экономические предпосылки для широкого использования электрической энергии, а значит, и ЭП.

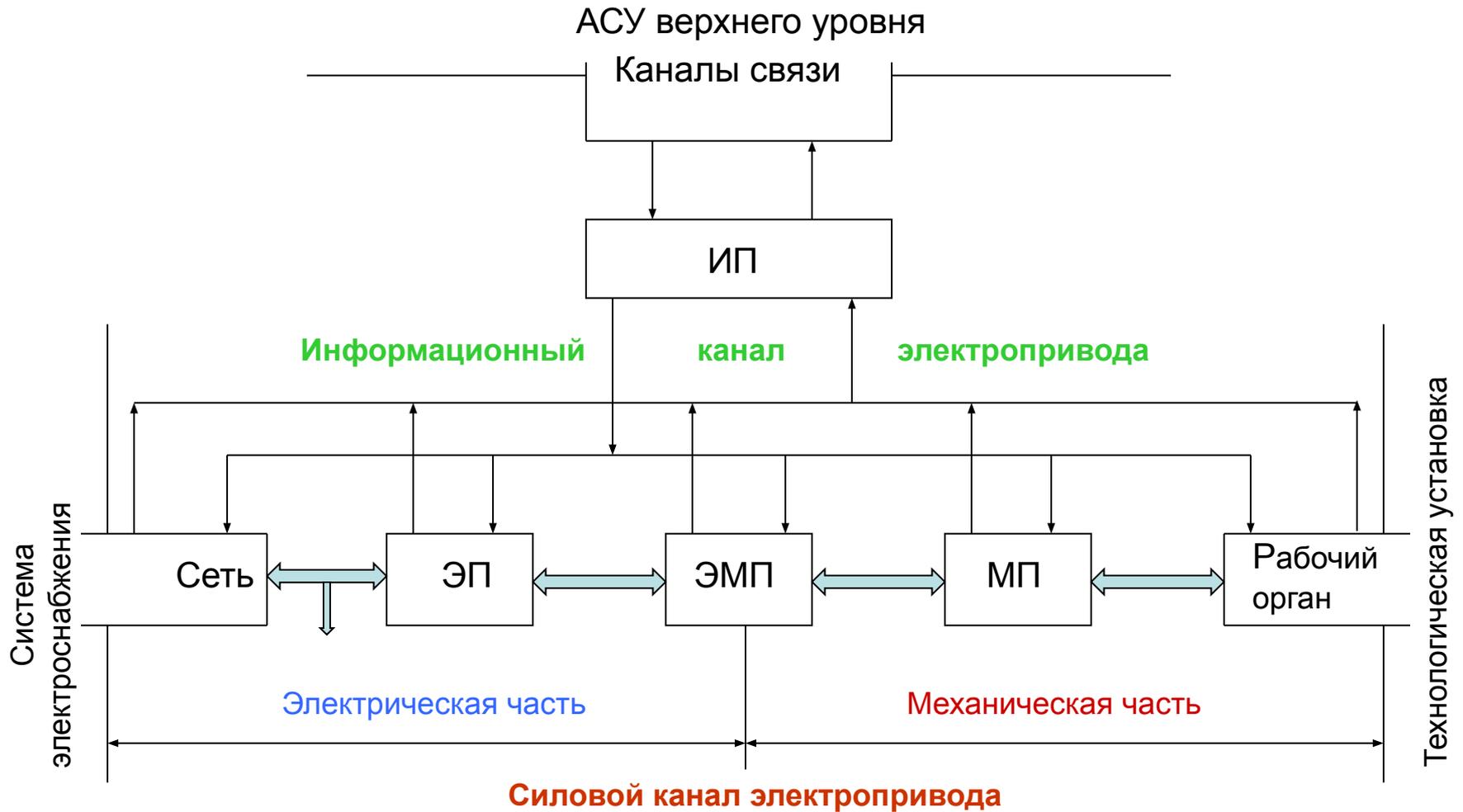
Первой научной работой по теории электропривода явилась опубликованная в 1880г. в журнале «Электричество» статья русского инженера **Д.А. Лачинова** «Электромеханическая работа».

Электрификация нашей страны и широкое применение в народном хозяйстве электроприводов начались после принятия и реализации государственного плана электрификации России - плана ГОЭЛРО, который предусматривал широкое строительство новых и реконструкцию старых электростанций, строительство новых линий электропередач, развитие электротехнической промышленности. В соответствии с этим планом вводились в действие тепловые и гидравлические электростанции, тысячи километров воздушных и кабельных линий, десятки заводов по производству электрических машин, аппаратов и кабельной продукции, создавались научно исследовательские и проектно-конструкторские институты и организации, решавшие крупные научно-технические проблемы по созданию и внедрению в народное хозяйство электроприводов различного типа.

# Основные достоинства электропривода:

- малый уровень шума при работе и отсутствие загрязнения окружающей среды;
- широкий диапазон мощностей (от сотых долей Вт до десятков тысяч к. Вт);
- широкий диапазон угловых скоростей вращения (от долей оборота вала в минуту до нескольких сотен тысяч оборотов в минуту);
  - доступность регулирования угловой скорости вращения;
- высокий КПД;
- легкость автоматизации;
- относительная простота эксплуатации.

# Общая структура электропривода



В *электрическую часть* силового канала электропривода входят электрические преобразователи ЭП, передающие электрическую энергию от источника питания ИП к электромеханическому преобразователю ЭМП и обратно и осуществляющие преобразование параметров электрической энергии.

*Механическая часть* электропривода состоит из подвижного органа электромеханического преобразователя, механических передач МП и рабочего органа установки, в котором полезно реализуется механическая энергия.

Электропривод взаимодействует с *системой электроснабжения* (или источником электрической энергии), *технологической установкой* и через информационный преобразователь ИП с *информационной системой более высокого уровня*.

**Электрический привод** используется в промышленности, на транспорте и в коммунальном хозяйстве. Широкое распространение электропривода обусловлено особенностями электрической энергии: возможностью передавать ее на любые расстояния, постоянной готовностью к применению, легкостью преобразования в другие виды энергии.

**Электрический привод** один из самых энергоемких потребителей и преобразователей энергии. Он потребляет **более 60%** всей производимой электроэнергии.

**Электрический привод** широко используется в промышленности, на транспорте и в коммунальном хозяйстве. Электрический привод один из самых энергоемких потребителей и преобразователей энергии.

Теория регулируемого электропривода получила интенсивное развитие благодаря усовершенствованию традиционных и созданию новых силовых управляемых полупроводниковых приборов (диодов, транзисторов и тиристоров), интегральных схем, развитию цифровых информационных технологий и разработке разнообразных систем микропроцессорного управления.

Владение теорией в области регулируемого электропривода является необходимой составляющей для специалиста электромеханика.

# Состав и функции электропривода

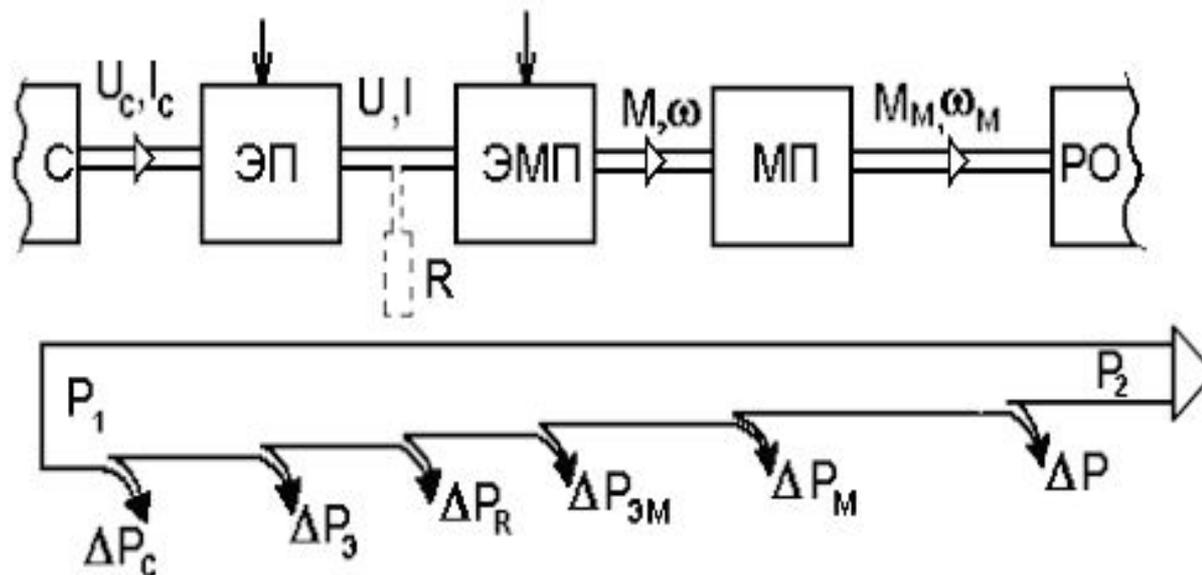
Функция **электрического преобразователя** ЭП состоит в преобразовании электрической энергии, поставляемой сетью С и характеризуемой напряжением  $U_c$  и током  $I_c$  сети, в электрическую же энергию, требуемую двигателем и характеризующуюся величинами  $U, I$ .

Преобразователи бывают неуправляемыми и управляемыми. Они могут иметь одностороннюю (выпрямители) или двухстороннюю (при наличии двух комплектов вентилях) проводимость. При односторонней проводимости преобразователя и обратном (от нагрузки) потоке энергии используется дополнительный ключевой элемент на транзисторе для «слива» энергии в тормозном режиме электропривода.

**Электромеханический преобразователь** ЭМП (двигатель), всегда присутствующий в электроприводе, преобразует электрическую энергию ( $U, I$ ) в механическую ( $M, \omega$ ).

**Механический преобразователь** МП (передача): редуктор, пара винт-гайка, система блоков, кривошипно-шатунный механизм осуществляют согласование момента  $M$  и скорости  $\omega$  двигателя с моментом  $M_m$  (усилием  $F_m$ ) и скоростью  $\omega_m$  рабочего органа технологической машины.

## Энергетический канал электропривода



Как видим, на каждом этапе преобразования энергии происходят её **потери**:

$\Delta P_c$  – потери в сети, кВт;

$\Delta P_э$  – потери в электрическом преобразователе, кВт;

$\Delta P_R$  – потери при передаче от электрического преобразователя к двигателю, кВт;

$\Delta P_{эм}$  – электромеханические потери в двигателе, кВт;

$\Delta P_M$  – механические потери в передаточном механизме, кВт;

$\Delta P$  – механические потери в исполнительном механизме, кВт.

Величины, характеризующие преобразуемую энергию: напряжения, токи моменты (силы) скорости положение вала в пространстве, называют *координатами электропривода*.

Основная функция электропривода состоит в *управлении координатами*, то есть в их принудительном направленном изменении в соответствии с требованиями технологического процесса.

Управление координатами должно осуществляться в пределах, разрешенных конструкций элементов электропривода, чем обеспечивается надежность работы системы. Эти допустимые пределы обычно связаны с номинальными значениями координат, обеспечивающими оптимальное использования оборудования.

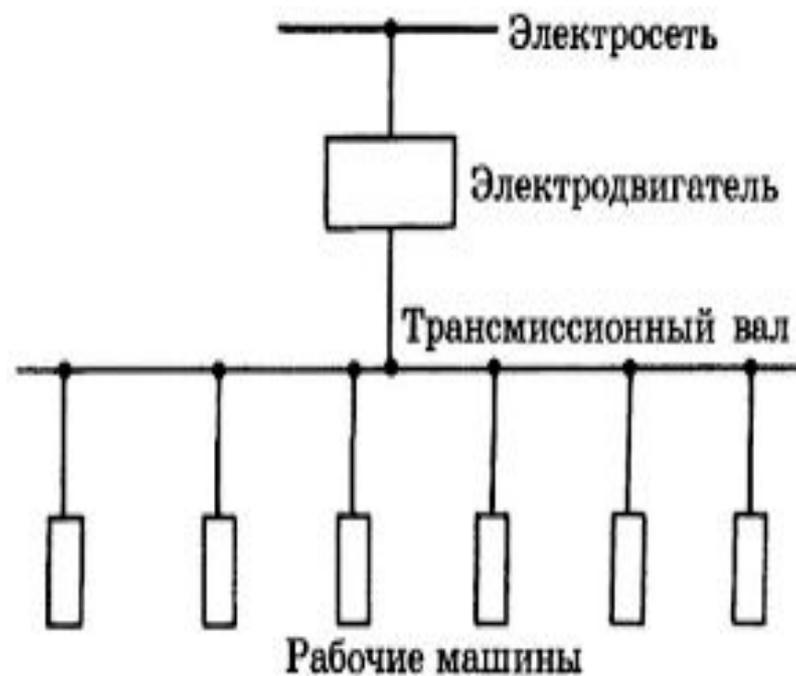
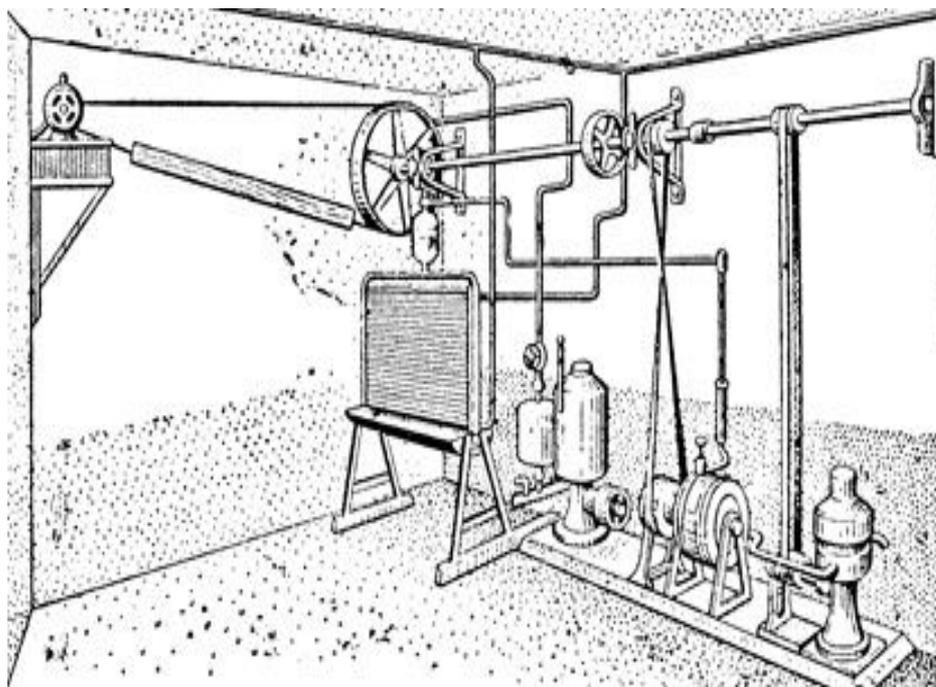
# Типы электроприводов и их назначение.

С точки зрения способов распределения механической энергии разнообразные ЭП можно разделить на 3 вида:

- групповой;
- индивидуальный;
- многодвигательный.

Групповой ЭП применялся на первых этапах развития техники привода и обеспечивал движение исполнительных органов нескольких рабочих машин или нескольких исполнительных органов одной и той же машины. Передача механической энергии и ее распределение в этом случае осуществлялось от одного двигателя с помощью трансмиссий. Очевидные недостатки такого привода – громоздкость механических связей, сложность управления движением каждого исполнительного органа и большие механические потери энергии. Вследствие этого групповой ЭП в настоящее время почти не применяется.

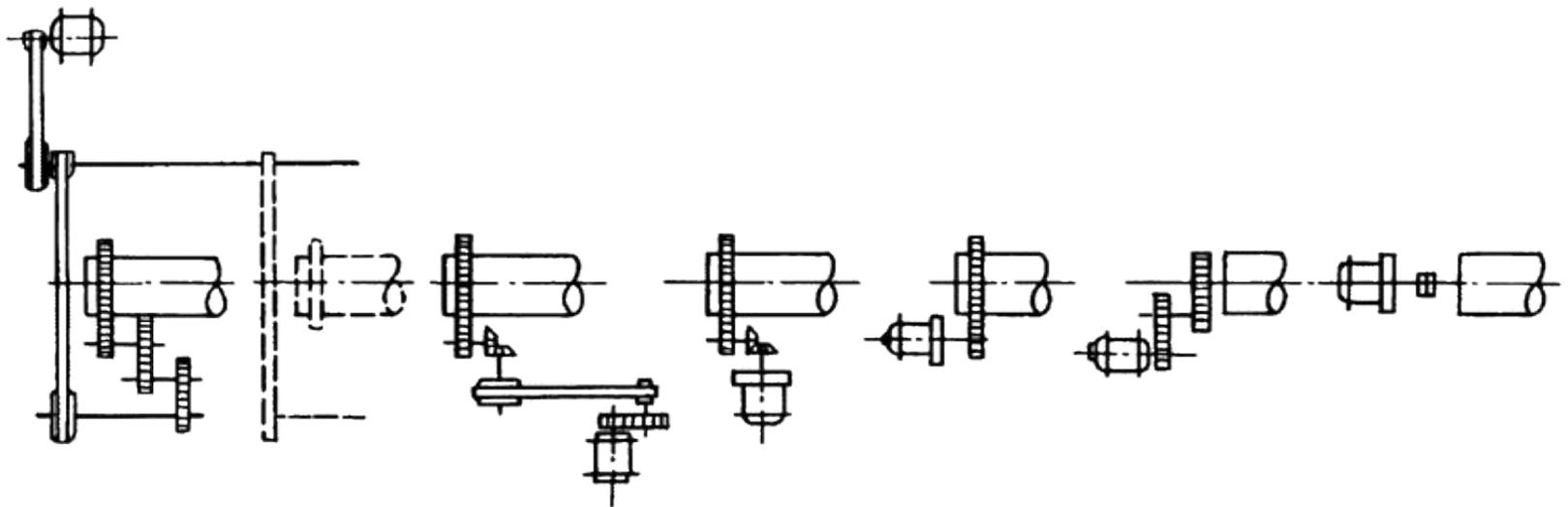
# Групповой электропривод



# Индивидуальный электропривод

В индивидуальном ЭП управление движением каждого исполнительного органа обеспечивается отдельным двигателем, что упрощает механические передачи, облегчает управление движением, позволяет достичь более высоких энергетических показателей.

Индивидуальный электропривод широко применяется в различных современных машинах, например: в сложных металлорежущих станках, прокатных станах металлургического производства, подъемно-транспортных машинах, роботах-манипуляторах и т.п.



Как видно из предыдущего рисунка, пути развития индивидуального электропривода всегда шли в направлении сближения электродвигателя с производственным механизмом и вытеснения промежуточных передач.

Так, например, в 12-ти скоростном приводе токарного станка замена обычного асинхронного двигателя на 2-х скоростной позволяет значительно снизить количество зубчатых пар в редукторе (с 9-и до 7-и), а применение регулируемого двигателя, например, двигателя постоянного тока или частотно-регулируемого асинхронного двигателя, позволяет вообще отказаться от редуктора.

# Многодвигательный электропривод

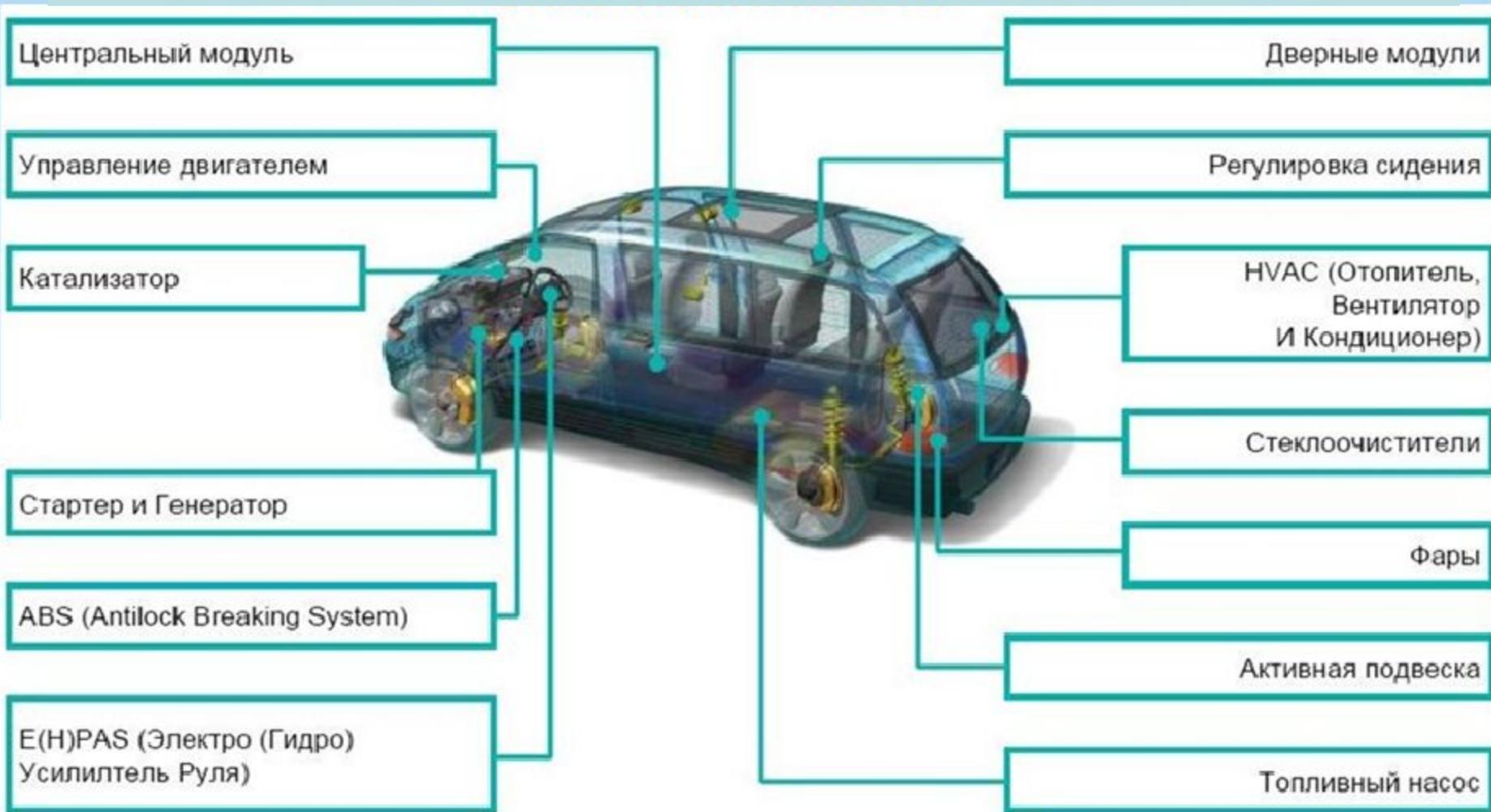
**Многодвигательный электропривод** содержит два или несколько электрически или механически связанных между собой индивидуальных электроприводов, при работе которых поддерживается заданное соотношение или равенство скоростей, или нагрузок, или положение исполнительных органов рабочих машин.

Необходимость в таком приводе возникает по конструктивным или технологическим соображениям. Примером многодвигательного взаимосвязанного электропривода с механическим валом может служить привод длинного ленточного или цепного конвейера, привод платформы механизма поворота мощного экскаватора, привод общей шестерни мощного винтового прессы.

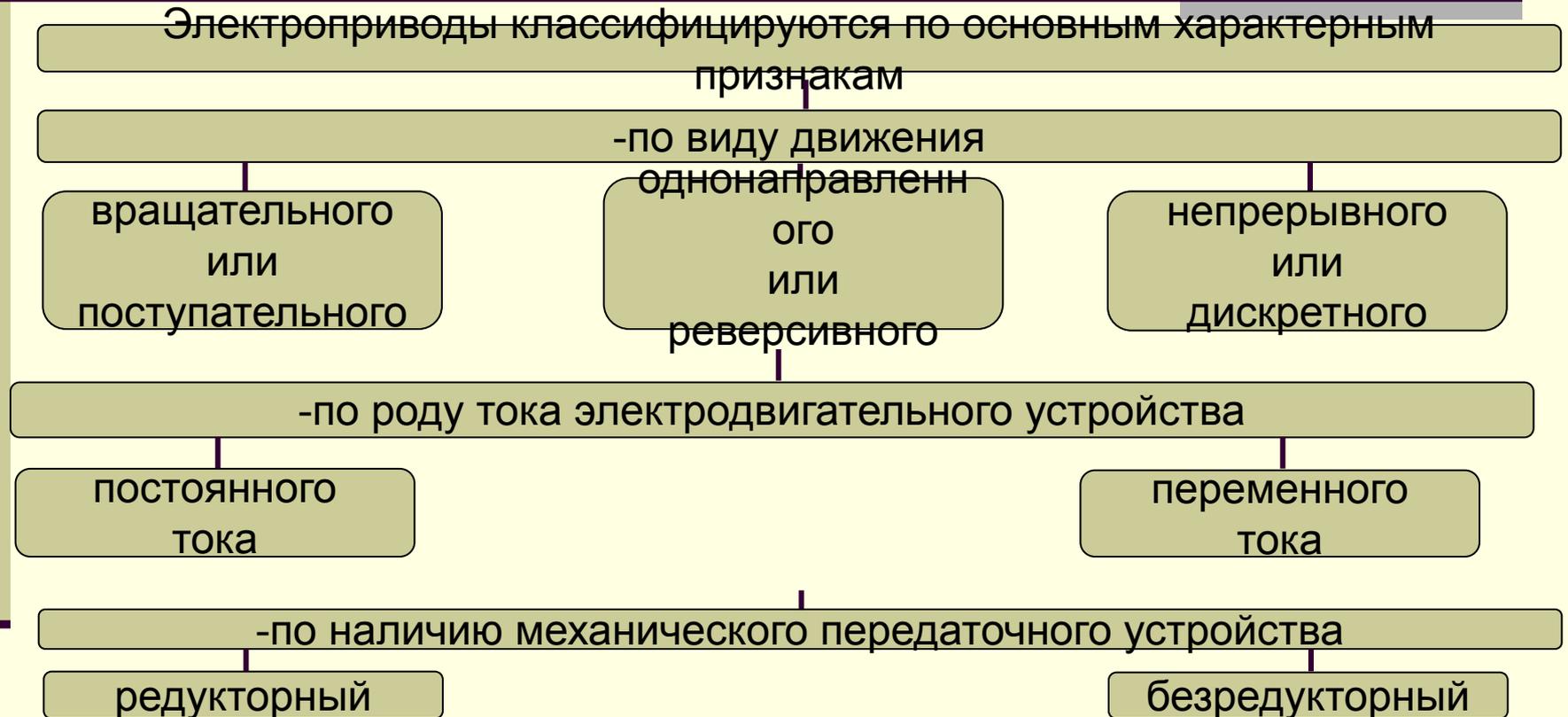
В том случае, когда во взаимосвязанном многодвигательном электроприводе возникает необходимость постоянства соотношения скоростей рабочих органов, не имеющих механических связей, или когда осуществление механических связей затруднено, используется специальная **схема электрической связи двух или нескольких электродвигателей, называемая схемой электрического вала.**

Примером такого привода может служить привод сложного металлообрабатывающего станка, электропривод шлюзов и разводных мостов и т.д. Взаимосвязанный электропривод широко применяется в бумагоделательных машинах, текстильных агрегатах, прокатных станах металлургического производства и т.д.

# Современный автомобиль – яркий пример многодвигательного электропривода



# Классификация электроприводов



-по принципам управления скоростью и положением исполнительного органа

нерегулируемый

регулируемый

позиционный

слеящий

программно-управляемый

адаптивный

-по способу передачи механической энергии исполнительному органу

групповой электропривод

индивидуальный электропривод

взаимосвязанный электропривод

## Классификация электроприводов обычно производится:

- по виду движения и управляемости;
- по роду электрического и механического передаточных устройств;
- по способу передачи механической энергии исполнительным органам.

**По виду движения** различаются электроприводы:

- **вращательного и поступательного** движения;
- **однонаправленного и реверсивного** движения;
- **возвратно-поступательного** движения.

**По принципу регулирования скорости и положения исполнительного органа** электропривод может быть:

- **нерегулируемый и регулируемый** по скорости;
- **следающий** (с помощью электропривода воспроизводится перемещение исполнительного органа в соответствии с произвольно изменяющимся задающим сигналом);
- **программно-управляемый** (электропривод обеспечивает перемещение исполнительного органа в соответствии с заданной программой);
- **адаптивный** (электропривод автоматически обеспечивает оптимальный режим движения исполнительного органа при изменении условий его работы);
- **позиционный** (электропривод обеспечивает регулирование положения исполнительного органа рабочей машины).

**По роду механического передаточного устройства** различают:

- **редукторный электропривод**, содержащий один из видов механического передаточного устройства;
- **безредукторный**, в котором электродвигатель непосредственно соединен с исполнительным органом.

**По роду электрического преобразовательного устройства** различают:

- **вентильный электропривод**, преобразовательным устройством в котором является тиристорный или транзисторный преобразователь электроэнергии;
- **система управляемый выпрямитель-двигатель (УВ-Д)** – вентильный электропривод постоянного тока, преобразовательным устройством которого является регулируемый выпрямитель напряжения;
- **система преобразователь частоты – двигатель (ПЧ-Д)** – вентильный электропривод переменного тока, преобразовательным устройством которого является регулируемый преобразователь частоты;
- **система генератор-двигатель (Г-Д) и магнитный усилитель-двигатель (МУ-Д)** – регулируемый электропривод, преобразовательным устройством которого является соответственно электромашинный преобразовательный агрегат или магнитный усилитель.