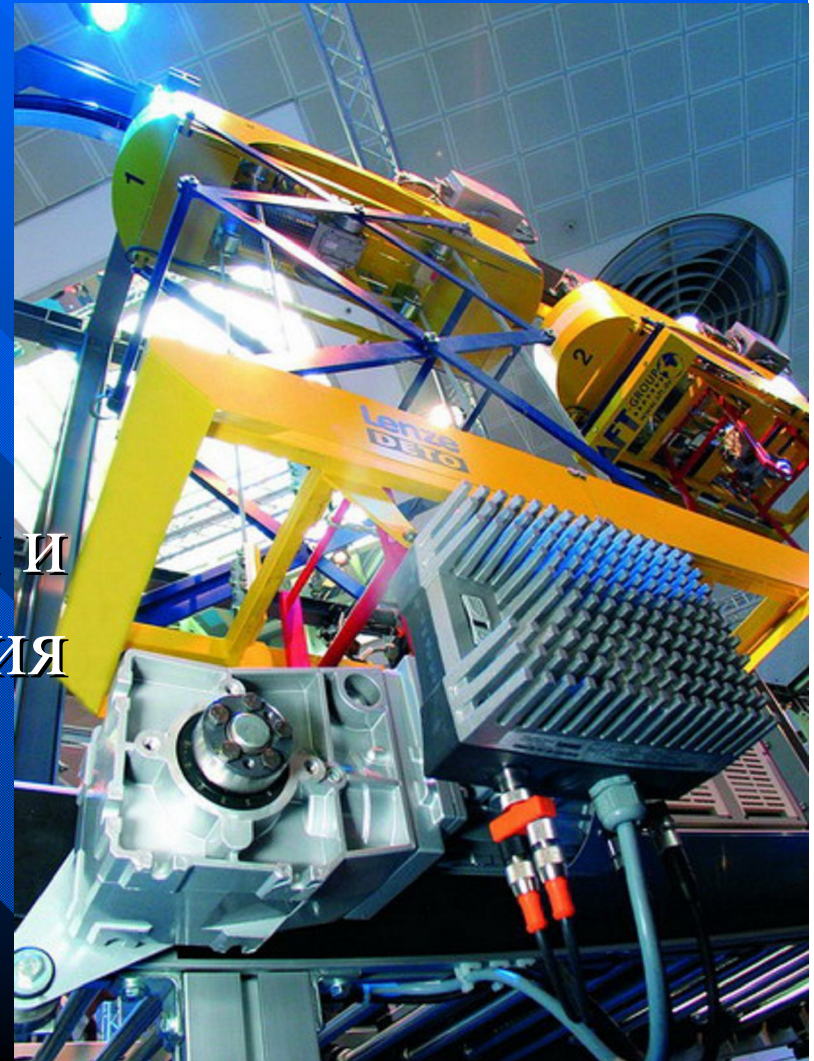


ЭЛЕКТРОПРИВОД

Где электропривод – там движение

Что такое электропривод?

- Электропривод – это электромеханическая система, предназначенная для приведения в движение рабочих органов машин и механизмов и управления этим движением



Что такое электропривод?



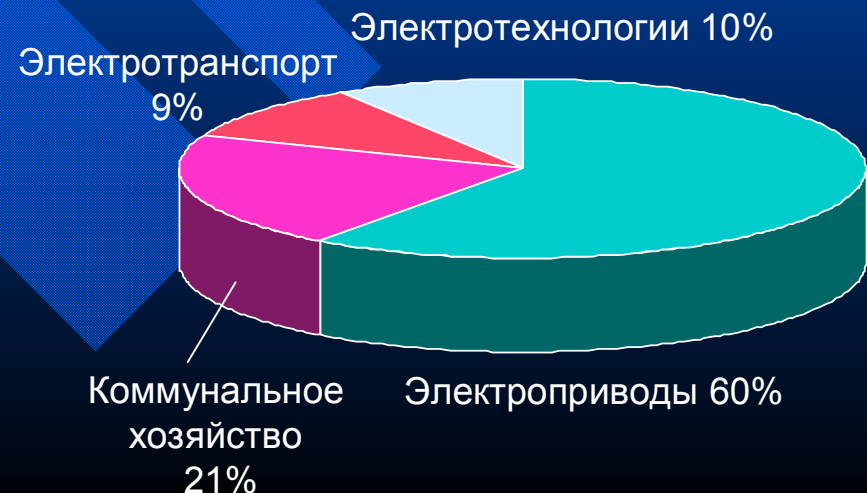
Преимущества электропривода

- Удобство энергоснабжения и управления
- Возможность возврата энергии в источник питания
- Высокий КПД:
 - двигатель внутреннего сгорания до 30%
 - электродвигатель 85-98%
- Высокие точность и быстродействие
- Экологическая чистота



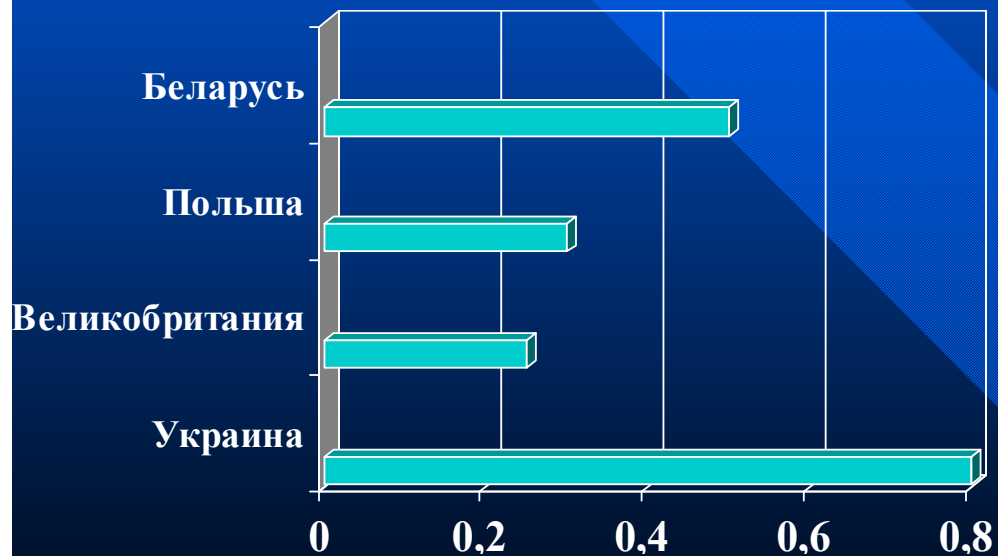
Значение электропривода

- Благодаря электроприводу приводится в движение подавляющее большинство механизмов во всех отраслях материального производства, на транспорте, в коммунальном хозяйстве, быту
- Электропривод – основной потребитель электроэнергии и основной резерв энергосбережения
- Без электропривода невозможна автоматизация технологических процессов

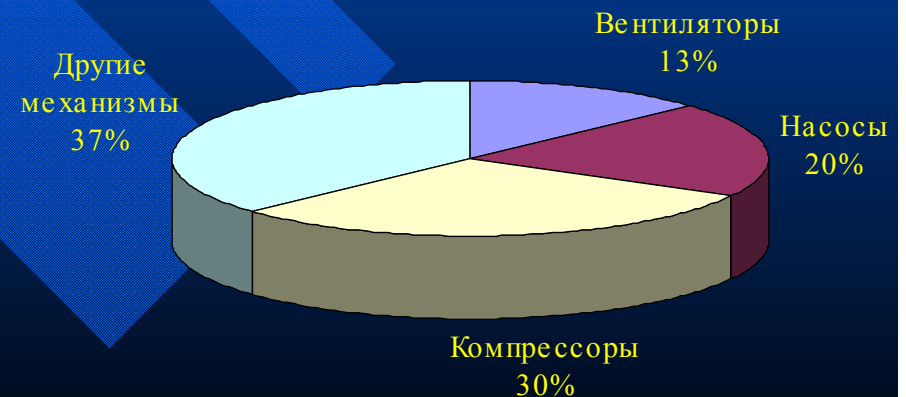


Проблема энергосбережения

Энергоемкость внутреннего
валового продукта
(кг усл. топлива на \$1 продукции)



Потребление энергии
электроприводами

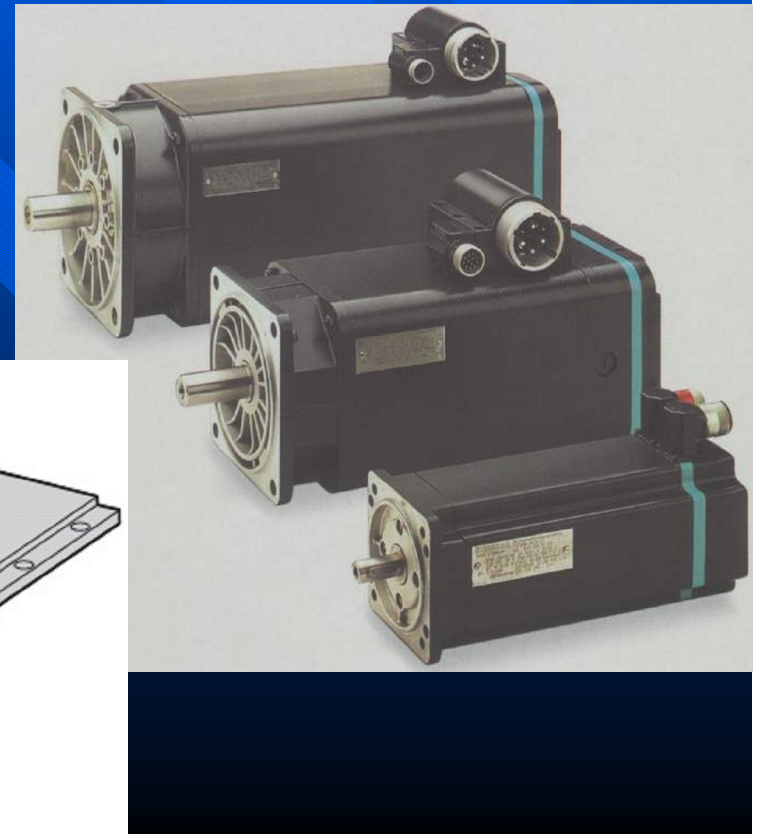
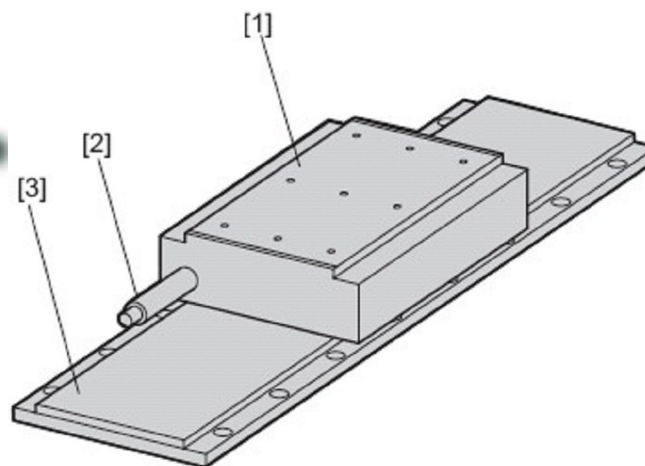


Электропривод и энергосбережение

- Уменьшение расхода энергии на непроизводительные операции (за счет регулирования скорости):
 - насосы, вентиляторы, компрессоры с переменным расходом
 - конвейеры
- Возврат энергии в сеть:
 - подъемные механизмы
 - электротранспорт;
 - высокоинерционные механизмы
- Снижение потерь энергии в самом электроприводе:
 - миниатюризация и интеграция
 - более качественные материалы
 - усовершенствованные способы управления

Виды электродвигателей

- Постоянного и переменного тока
- Вращательного и поступательного движения



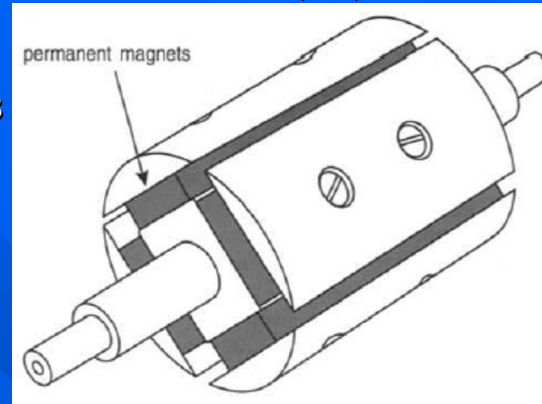
Мощность электродвигателей

- Мощность электродвигателей лежит в пределах от долей ватта (электромеханические часы) до десятков и сотен тысяч киловатт (привод валков реверсивных прокатных станков, аэродинамические трубы)



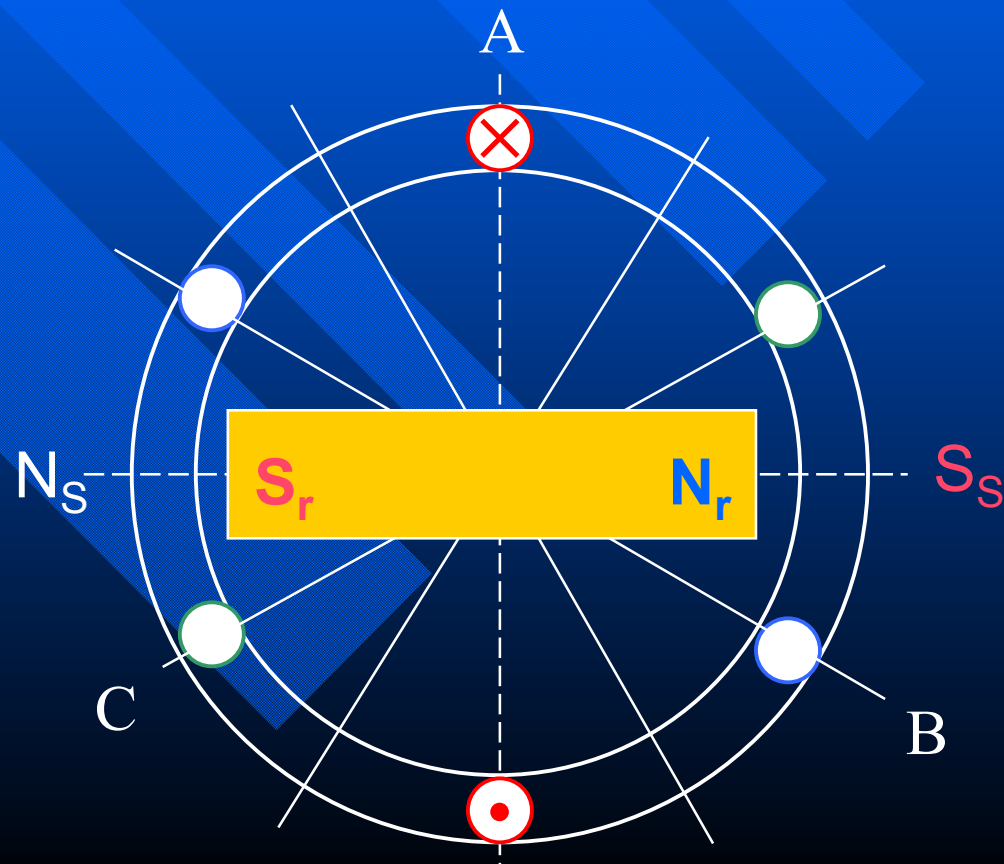
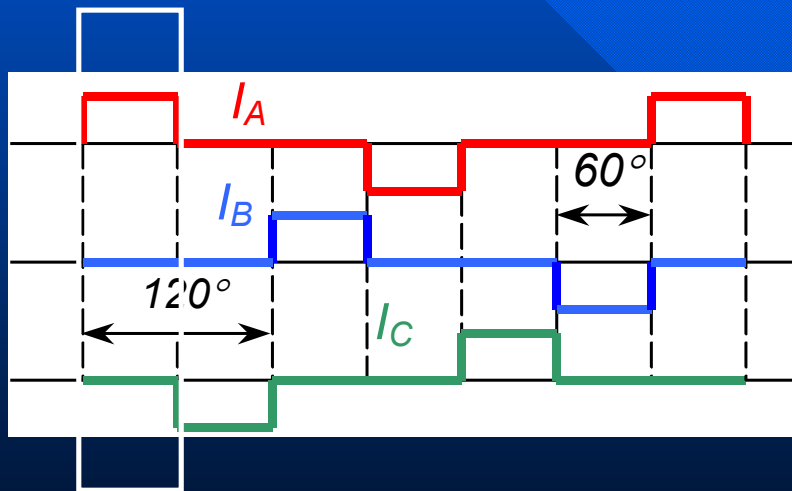
Синхронный двигатель

- Синусоидальные токи фаз статора (якоря) создают вращающееся магнитное поле статора
- Магнитное поле ротора (индуктора) создается постоянными магнитами или обмоткой возбуждения
- Поле статора и увлекаемый им ротор вращаются плавно и синхронно друг с другом
- При наличии сил сопротивления движению ротор отстает от поля статора на угол θ
- Синхронизирующий момент $M_c = M_m \sin \theta$



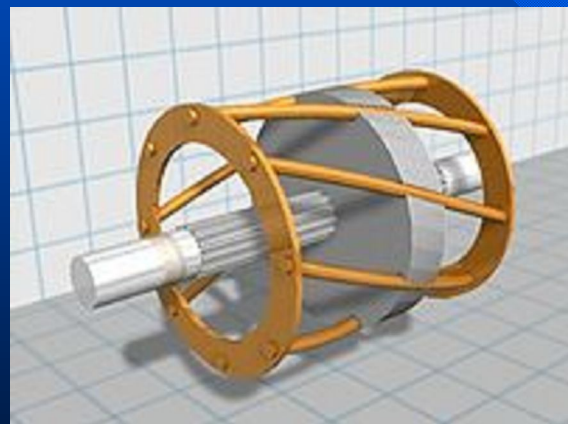
Шаговый двигатель

- Ток в фазах статора имеет прямоугольную форму и подается в фазные обмотки поочередно
- Возможно как плавное вращение (при непрерывном поочередном возбуждении фаз), так и фиксация шага (когда возбуждена только одна фаза)



Асинхронный двигатель

- Синусоидальные токи фаз статора создают вращающееся магнитное поле статора. Частота вращения поля (синхронная частота) $n_c = 60 \cdot f / p$
- На роторе вместо постоянных магнитов или обмотки возбуждения имеется короткозамкнутая обмотка (беличья клетка), не подключенная к источнику питания

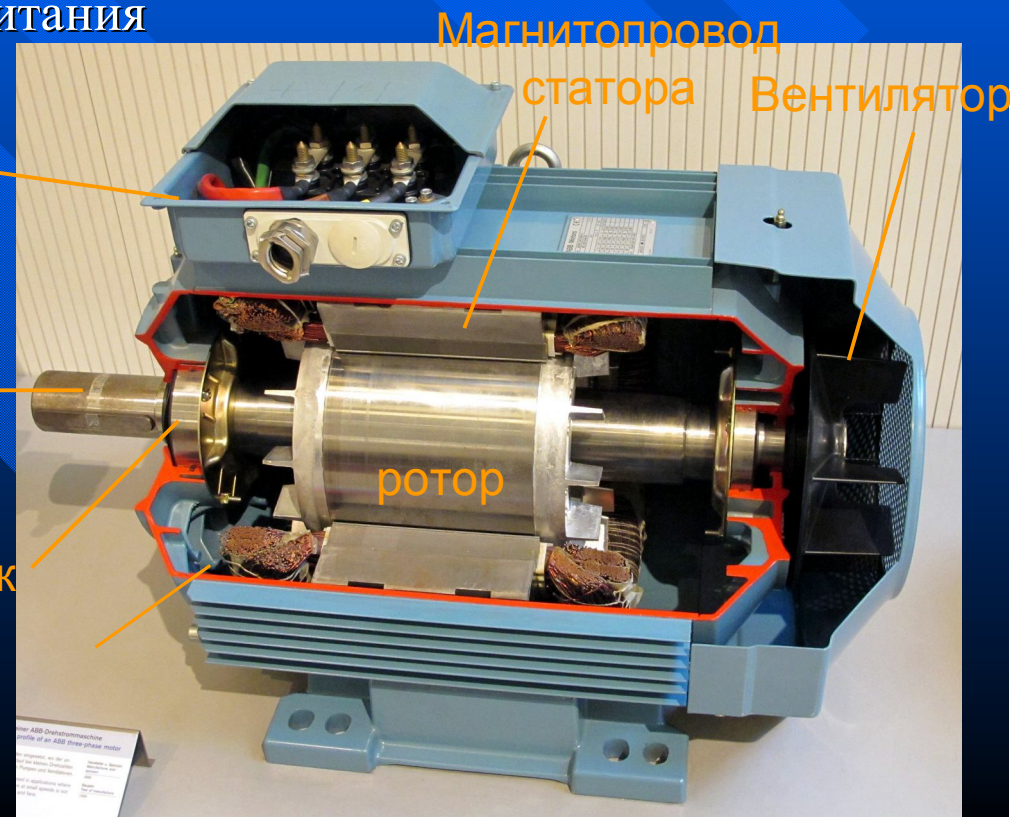


ротор

Коробка ввода

Вал

Подшипник



Асинхронный двигатель

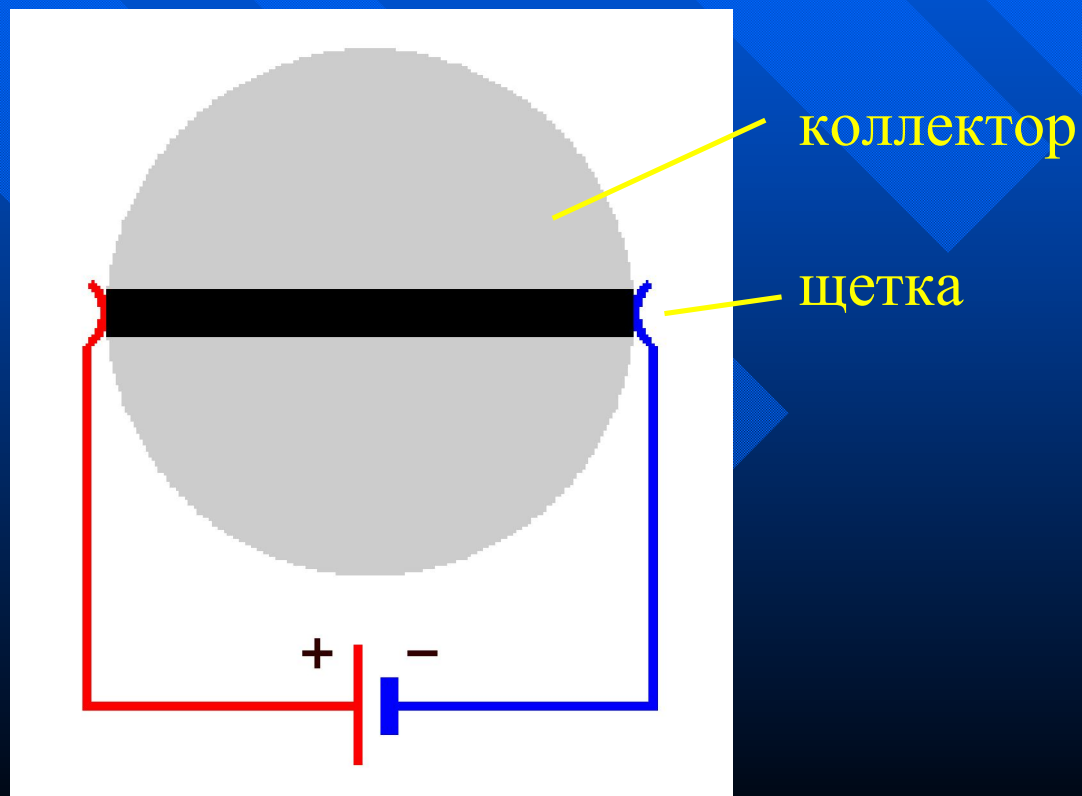
- Поэтому при наличии сил сопротивления движению ротор вращается медленнее поля статора ($n < n_c$).
Скольжение $s = (n_c - n) / n_c$
- Благодаря пересечению ротором магнитных силовых линий поля статора в роторе наводятся вихревые токи (токи Фуко), которые создают магнитное поле ротора
- При взаимодействии полей статора и ротора возникает асинхронный движущий момент, примерно пропорциональный скольжению $M_a \approx k \cdot s$

Двигатель постоянного тока

- Конструктивные особенности:
 - индуктор (постоянные магниты) неподвижен и расположен на статоре;
 - имеется механический переключатель (коллектор);
 - обмотка якоря расположена на роторе и подключается к источнику питания через коллектор

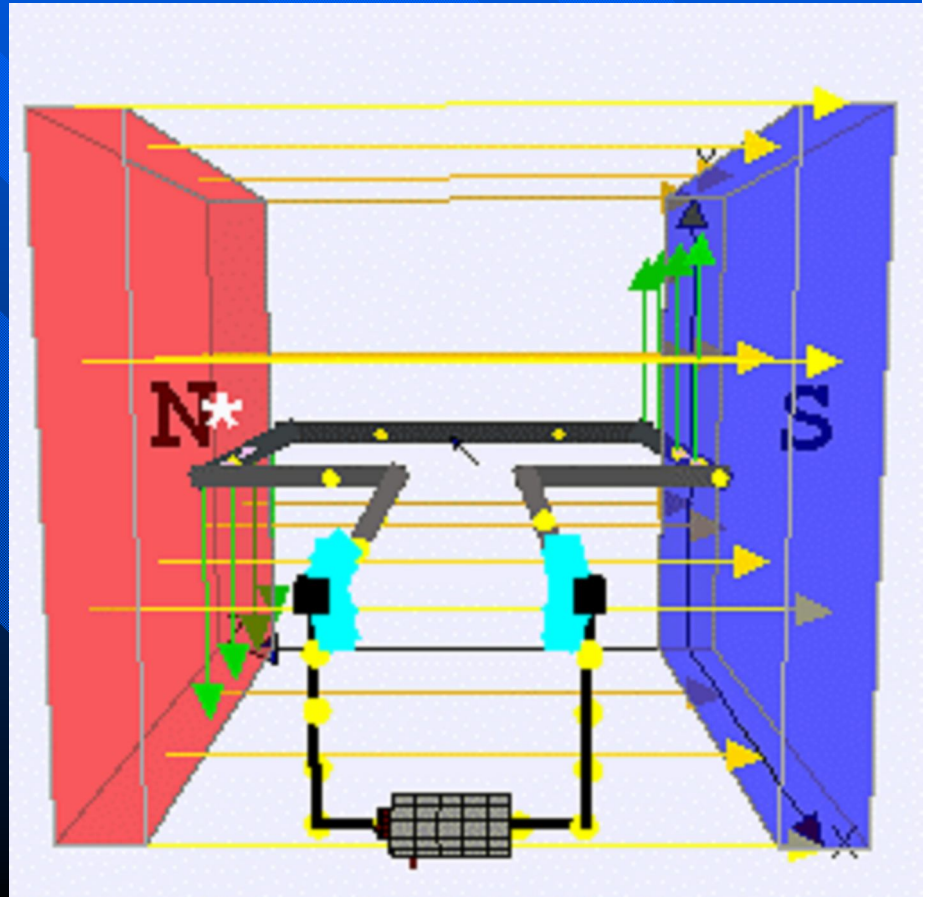
Коллектор

- Коллектор расположен на роторе и по мере его вращения меняет полярность питания обмотки ротора от источника питания



Простейший двигатель ПОСТОЯННОГО ТОКА

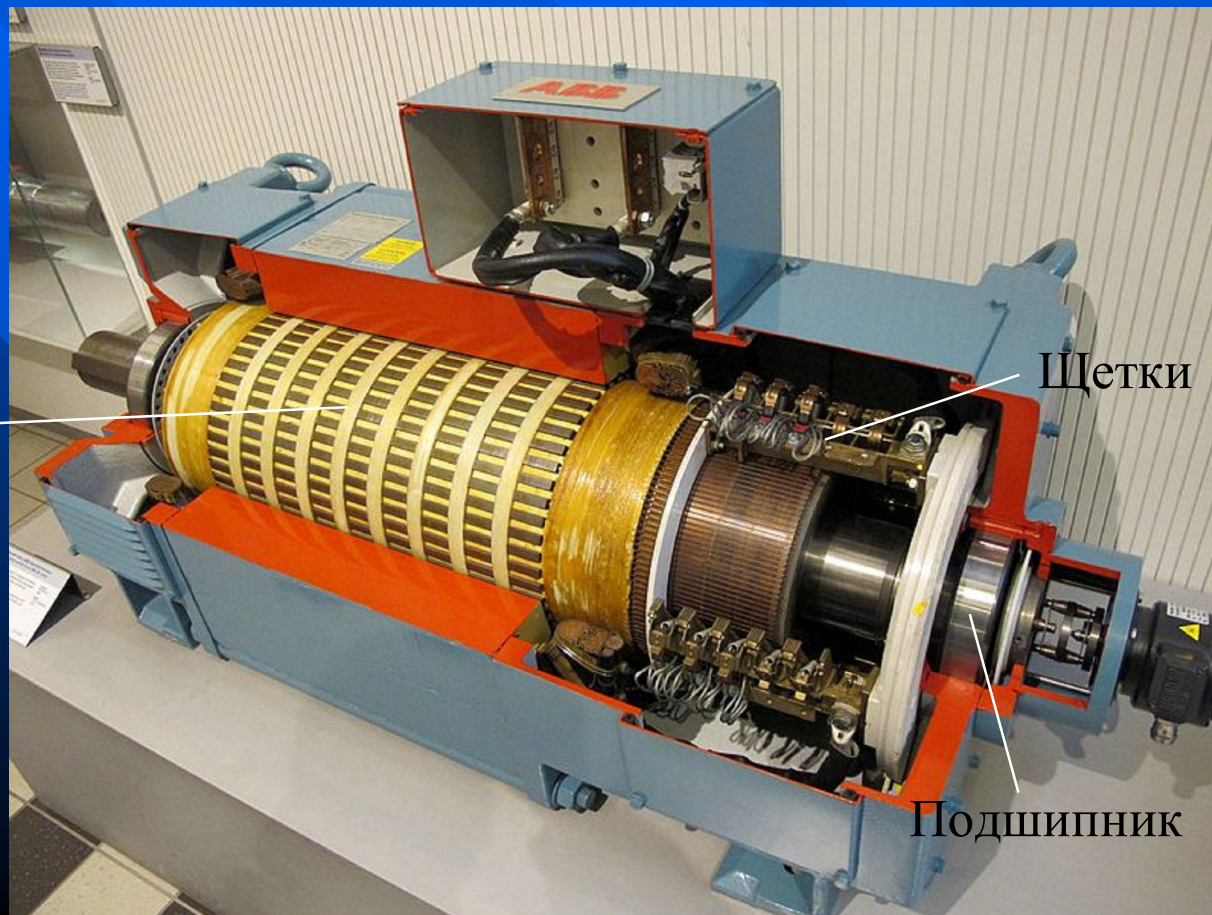
- При протекании тока по обмотке якоря возникает синхронизирующий момент, поворачивающий ротор
- Коллектор при вращении ротора меняет полярность тока в обмотке якоря, что способствует поддержанию движущего момента



Двигатель постоянного тока

- Для обеспечения плавности вращения количество витков обмотки и пластин коллектора увеличивают

Ротор
(якорь)



Щетки

Подшипник

Механическая часть электропривода

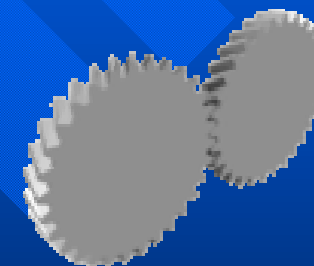
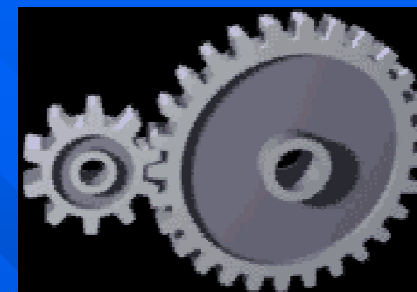
■ Назначение:

– Изменение скорости движения:

» зубчатые редукторы (мультипликаторы)

- цилиндрические (прямозубые и косозубые)
- конические
- червячные

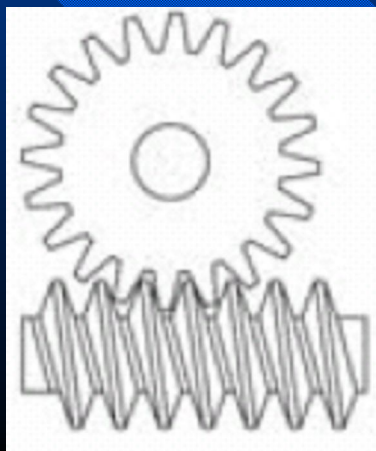
Цилиндрические



Коническая передача



Червячная передача



Механическая часть электропривода

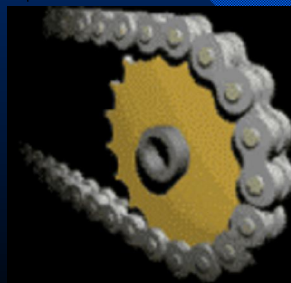
■ Назначение:

– Изменение скорости движения:

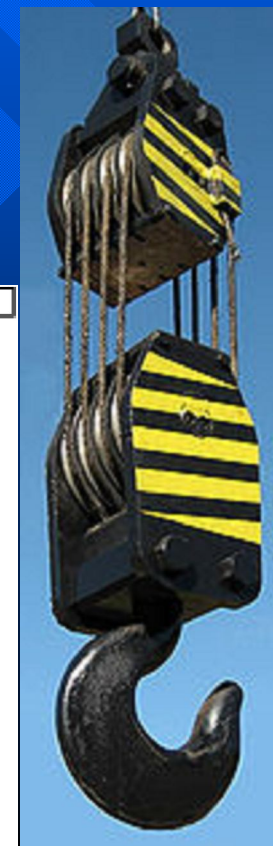
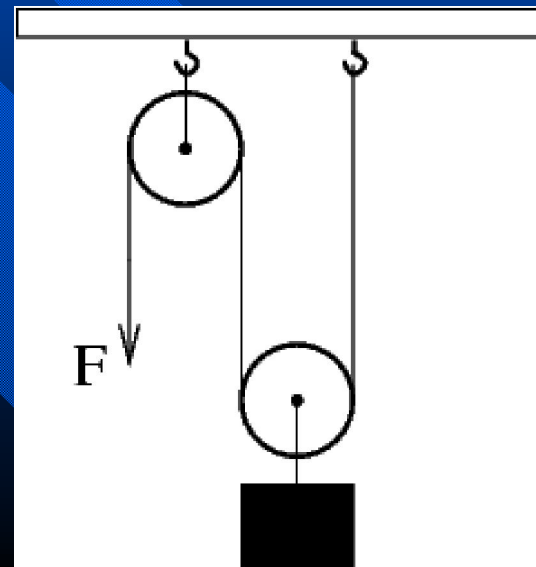
» ременная передача



» цепная передача



» полиспасты

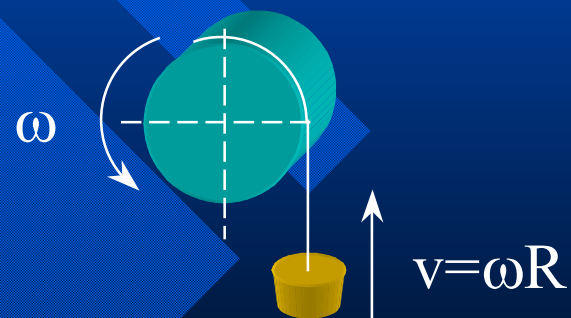
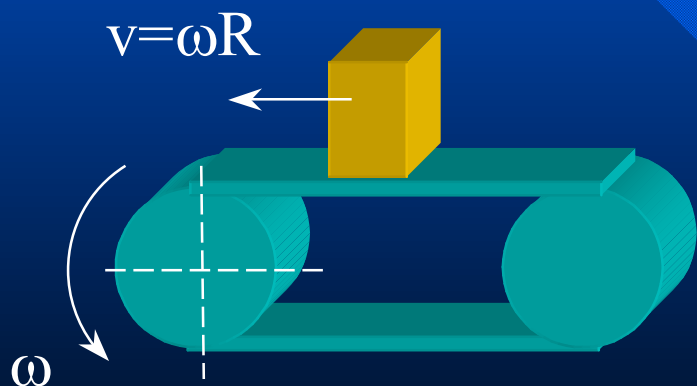


Механическая часть электропривода

■ Назначение:

– Преобразование рода движения (как правило – вращательного в поступательное):

» барабан

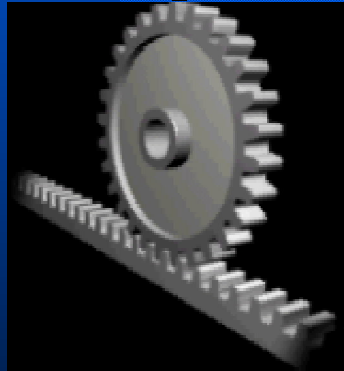


Механическая часть электропривода

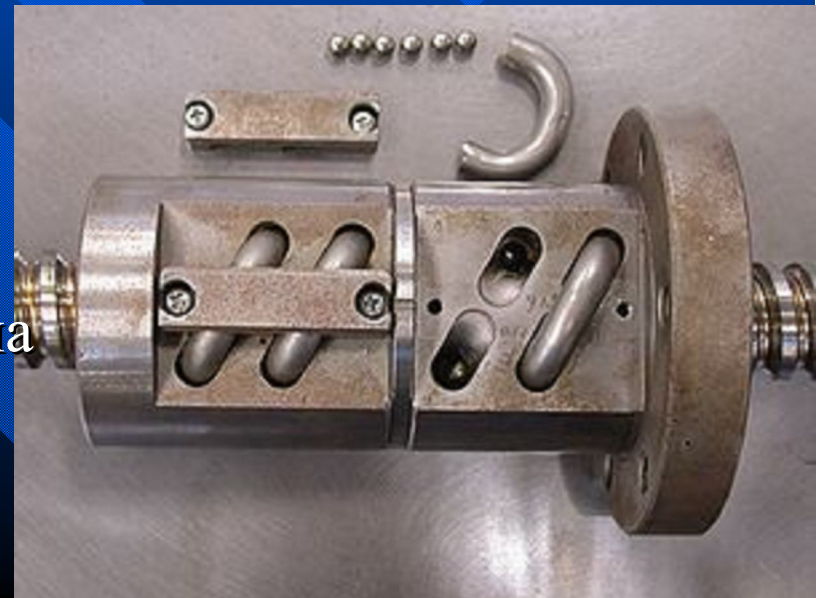
■ Назначение:

– Преобразование рода движения (как правило – вращательного в поступательное):

» зубчато-реечная передача

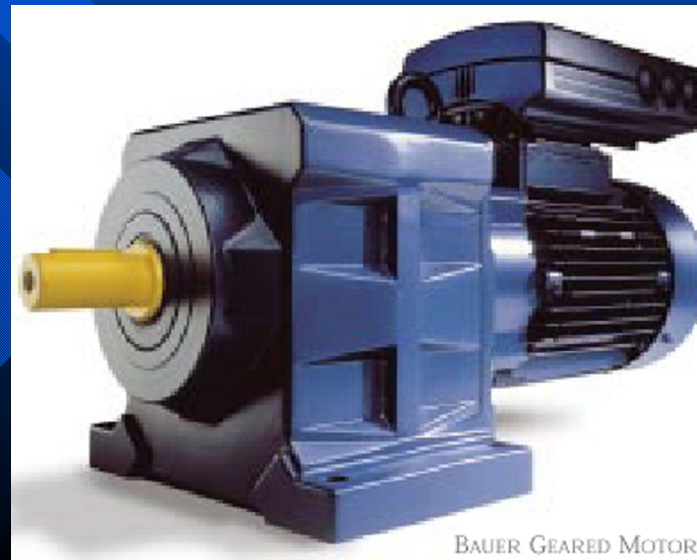
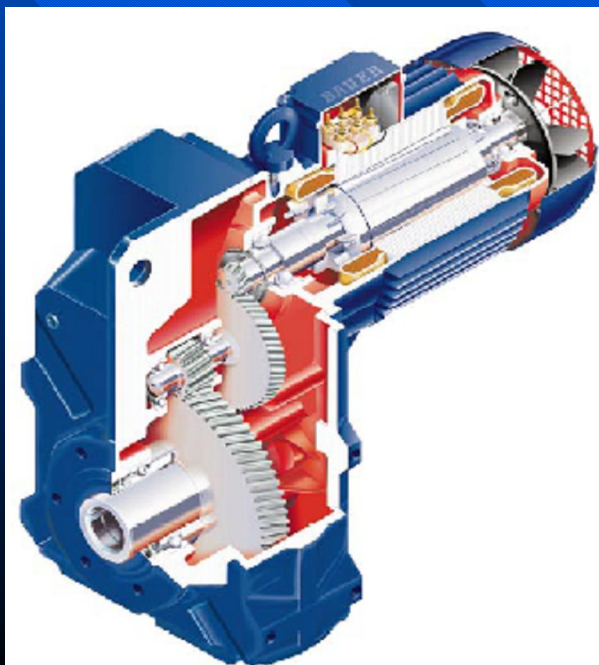


» шарико-винтовая передача



Механическая часть электропривода

- **Мотор-редуктор** – комплектное устройство, состоящее из двигателя и механической передачи (редуктора)



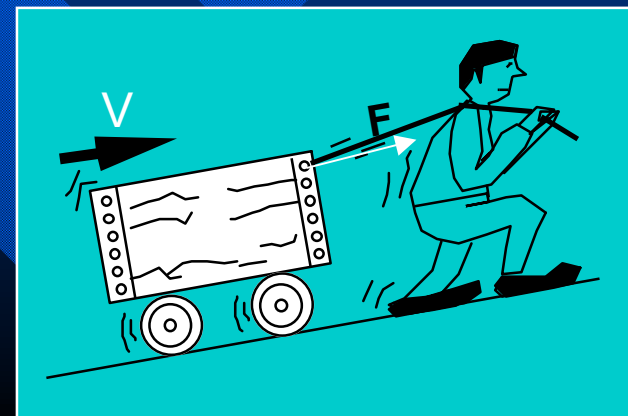
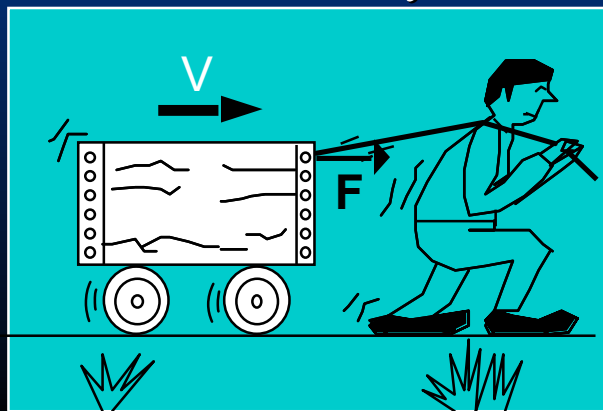
Какие бывают электроприводы

- Регулируемые и нерегулируемые
- Замкнутые и разомкнутые
- Автоматические и автоматизированные
- С ручным и автоматическим управлением



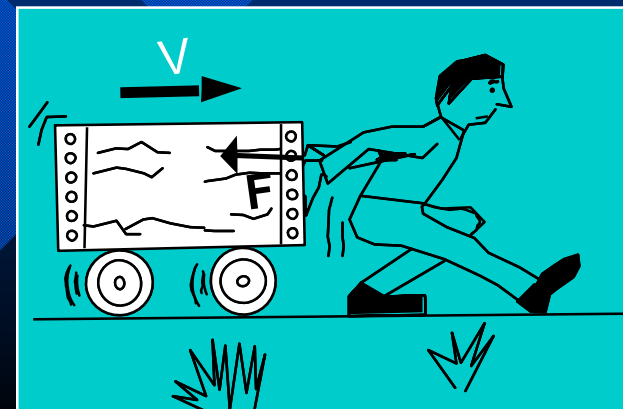
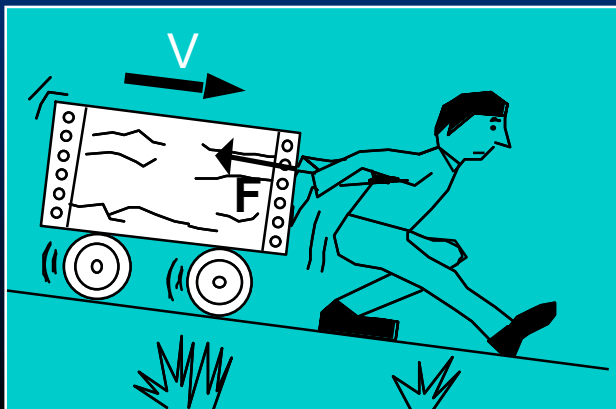
Двигательный режим

- Двигатель способствует, а механизм препятствует движению
- Электрическая энергия потребляется двигателем из источника питания и преобразуется в механическую
- Механическая энергия передается от двигателя к механизму
- Примеры:
 - подъем груза подъемным краном
 - движение трамвая по горизонтальному участку или вверх по наклонному



Тормозной (генераторный) режим

- Механизм способствует, а двигатель препятствует движению
- Механическая энергия передается от механизма к двигателю, преобразуется им в электрическую и отдается источнику питания
- Примеры:
 - спуск груза подъемным краном
 - снижение скорости трамвая перед остановкой



Задачи, решаемые электроприводом

■ Управляемый разгон и торможение механизма

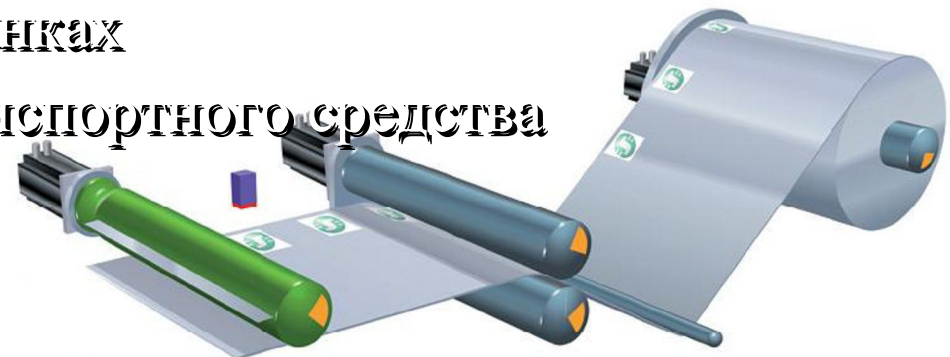
- конвейеры
- лифты
- подъемный кран



■ Движение с заданной скоростью (в том числе переменной)

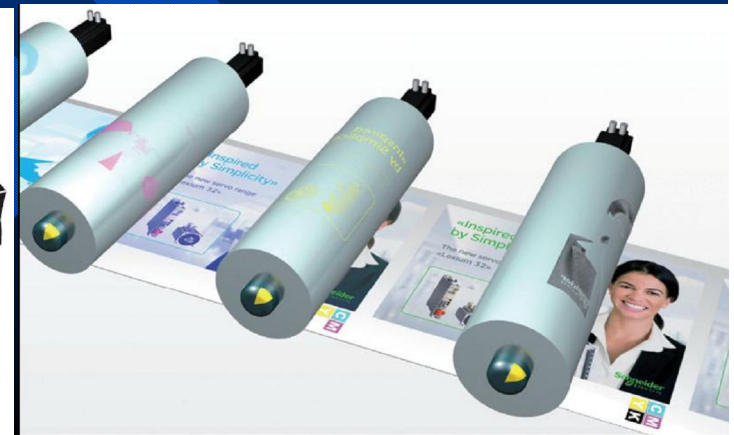
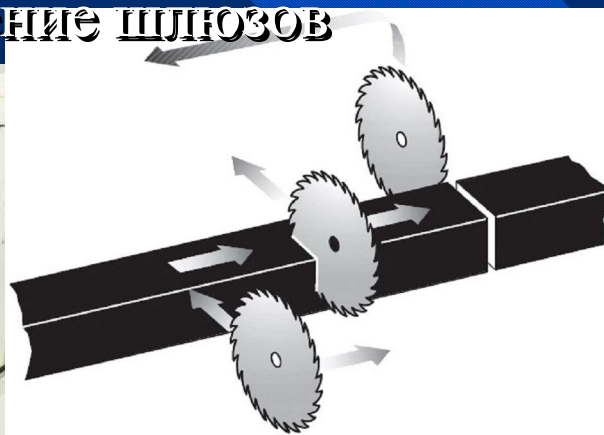
- перематка пленки, бумаги
- скорость резания на станках

– скорость движения транспортного средства



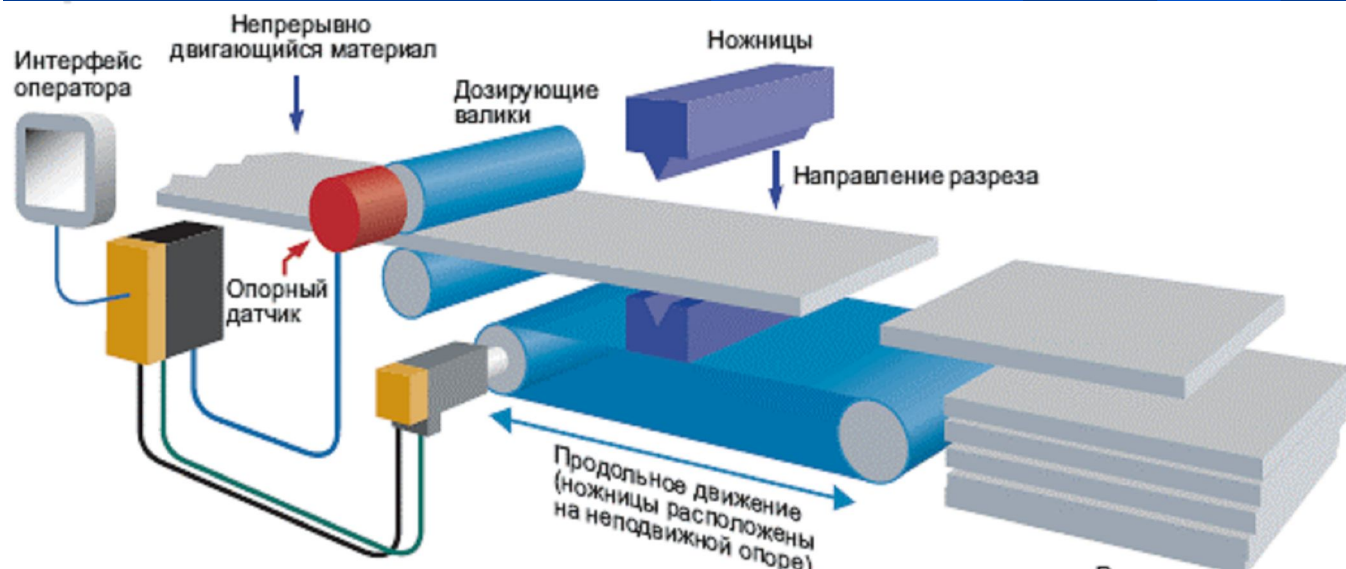
Задачи, решаемые электроприводом

- Синхронизация движения нескольких механизмов
 - системы из нескольких конвейеров
 - полиграфические машины
 - станки с ЧПУ
 - «летучая пила»
 - перемещение козлового крана
 - перемещение шлюзов



Задачи, решаемые электроприводом

- Управление положением рабочих органов (слежение, порционные перемещения)
 - роботы точечной и дуговой сварки
 - считывание компакт-дисков
 - сверление печатных плат
 - сборка
 - резка на мерные длины на ходу



Задачи, решаемые электроприводом

■ Управление усилиями

- перемотка ленты, бумаги, провода
- станы непрерывной прокатки
- сборка



■ Энергосбережение

- насосы
- вентиляторы
- компрессоры
- кондиционеры



■ Защита механизма от перегрузок

Примеры применения электроприводов

■ Metallurgy:

- Валки прокатных станков
- Рольганги
- Нажимные винты
- Кантователи
- Моталки и разматыватели
- Летучие ножницы и пилы
- Слитковозы
- Подъемные краны



Примеры применения электроприводов

■ Машиностроение:

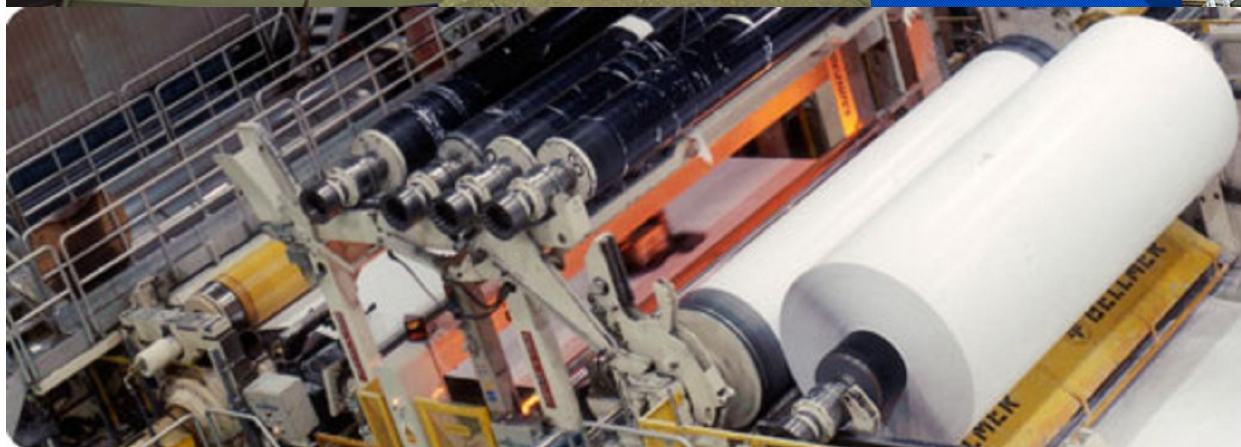
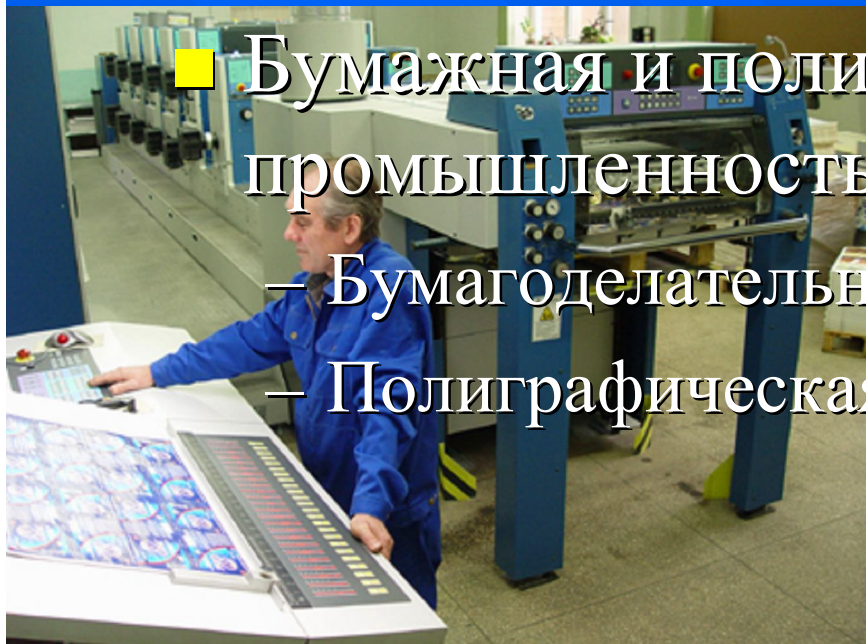
- Станки с числовым программным управлением
- Промышленные роботы и манипуляторы
- Компрессоры
- Подъемные краны, лебедки и штабелеры

- Прессы
- Сборочные конвейеры
- Электроинструмент



Примеры применения электроприводов

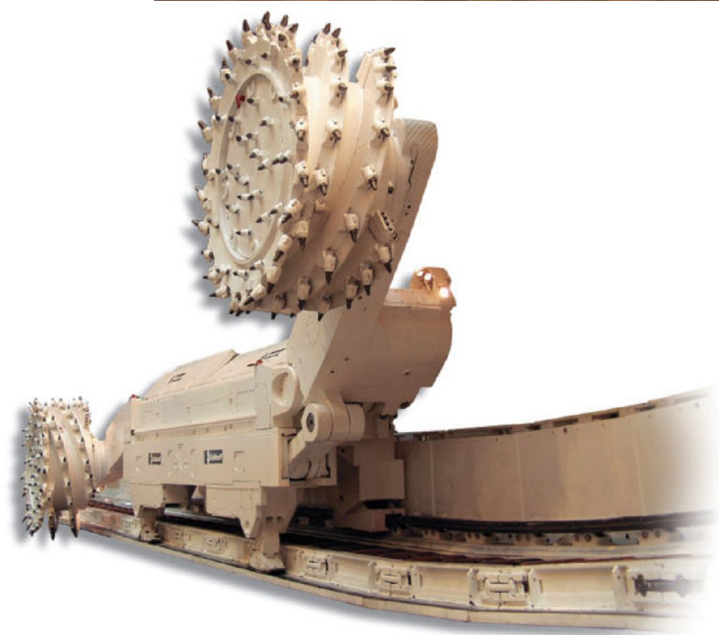
- Бумажная и полиграфическая промышленность:
 - Бумагоделательные машины
 - Полиграфическая техника



Примеры применения электроприводов

■ Горнодобывающая промышленность:

- Очистные и проходческие комбайны
- Электровозы
- Магистральные конвейеры
- Шахтные подъемные машины
- Барабанные мельницы
- Дробилки
- Экскаваторы
- Буровое оборудование
- Вентиляторы
- Насосы



Примеры применения электроприводов

■ Транспорт:

- Электровозы и электропоезда
- Трамваи и троллейбусы
- Электромобили
- Вспомогательные механизмы всех видов транспорта (в том числе авиационного)



Примеры применения электроприводов

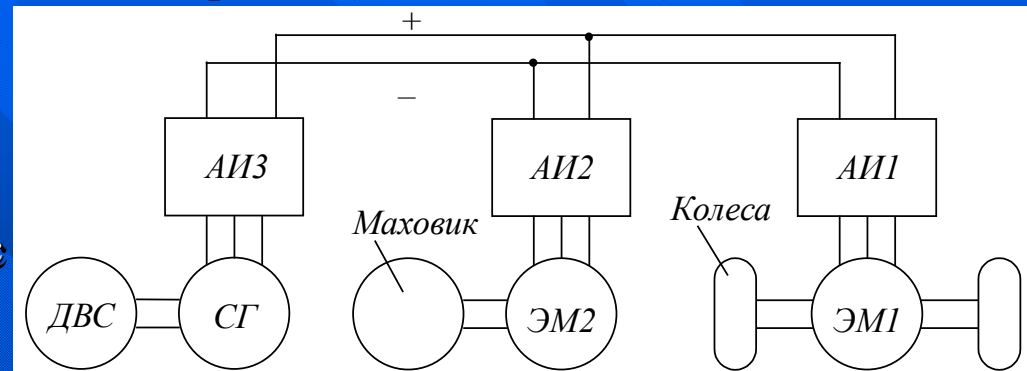
- Электрическая передача (электрическая трансмиссия) – наиболее перспективный способ распределения энергии в автономных транспортных средствах
- Состав:
 - электрический генератор, вращаемый первичным двигателем (обычно тепловым)
 - тяговые электродвигатели, приводящие в движение движители (колеса, гусеницы, гребной винт)
 - полупроводниковые преобразователи энергии, обеспечивающие управление тяговыми двигателями
- Преимущества:
 - повышение управляемости
 - снижение расхода топлива
 - упрощение механической части и повышение надежности
- Применение:
 - тяжелые тягачи
 - большегрузные карьерные автосамосвалы
 - тепловозы и дизель-поезда
 - корабли и подводные лодки (чаще с атомной энергетической установкой)



Примеры применения электроприводов

■ Автомобиль с гибридным приводом:

- первичный двигатель внутреннего сгорания (или дизельный);
- электрический генератор;
- электрическая трансмиссия;
- аккумулятор энергии;
- электрический привод колес



■ Преимущества:

- меньшее потребление топлива из-за:
 - » неизменной скорости и нагрузки первичного двигателя;
 - » накопления энергии в аккумуляторе в режиме торможения;
- использование энергии, накопленной в аккумуляторе, для кратковременного увеличения движущего момента;
- отсутствие механической коробки передач;
- снижение вредных выбросов



Примеры применения электроприводов

■ Пищевая, химическая и фармацевтическая промышленность:

- Конвейеры
- Дозаторы
- Миксеры, мешалки

- Экструдеры
- Насосы для перекачки жидкостей

- Упаковочное оборудование



Примеры применения электроприводов

■ Энергетика:

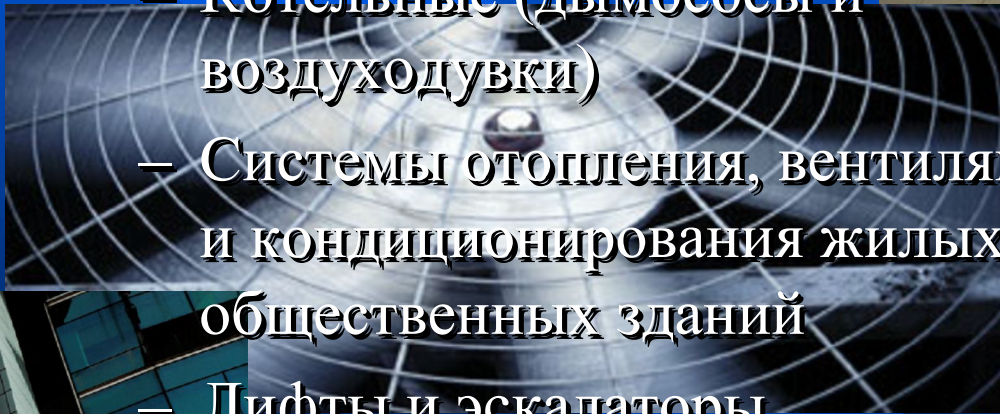
- Дымососы и воздуходувки котлов
- Питатели угольной пыли на тепловых электростанциях
- Насосы систем охлаждения



Примеры применения электроприводов

■ Коммунальное хозяйство:

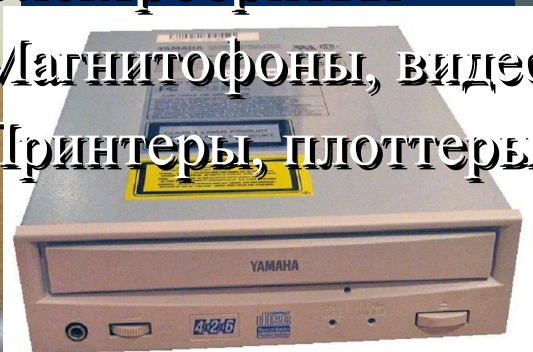
- Насосы холодного и горячего водоснабжения, канализации
- Котельные (дымосососы и воздуходувки)
- Системы отопления, вентиляции и кондиционирования жилых и общественных зданий
- Лифты и эскалаторы
- Автоматические двери и ворота



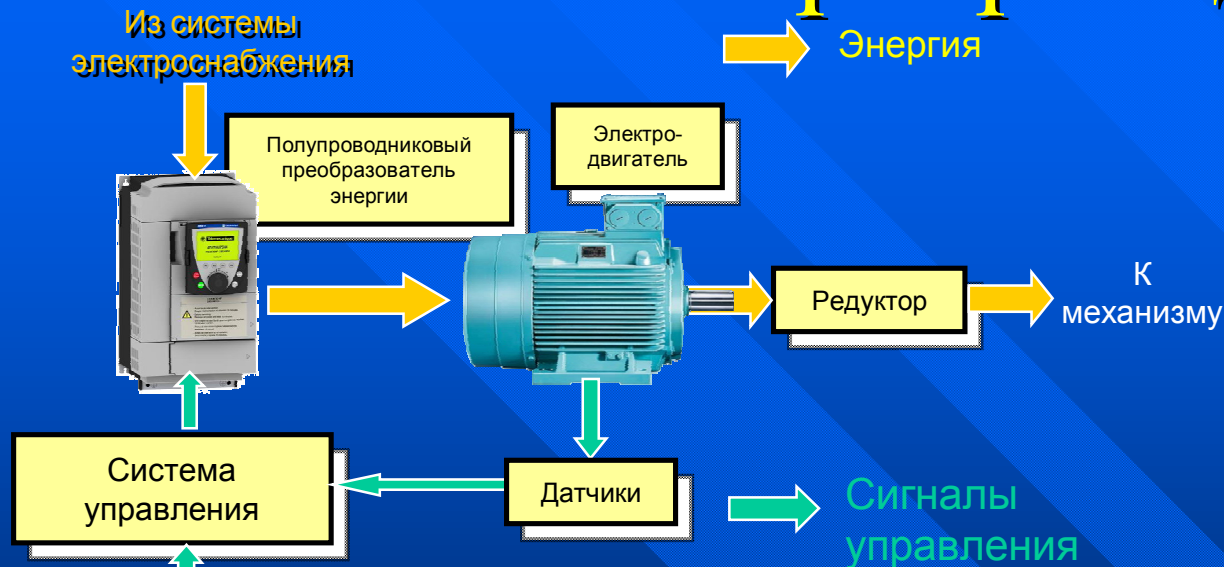
Примеры применения электроприводов

■ Бытовая и офисная техника:

- Кондиционеры, насосы и вентиляторы
- Кухонная техника (комбайны, электромясорубки, соковыжималки, блендеры, миксеры, микроволновые печи)
- Стиральные и швейные машины
- Электромеханические часы
- Фены
- Электробритвы
- Магнитофоны, видеомагнитофоны, плееры
- Принтеры, плоттеры, факсы, сканеры, дисководы



Особенности современного электропривода



- Многообразие составляющих элементов и сложность внутренней структуры
- Тесная взаимосвязь с
 - технологическим процессом,
 - системой электроснабжения,
 - системой автоматизации

Особенности современного электропривода

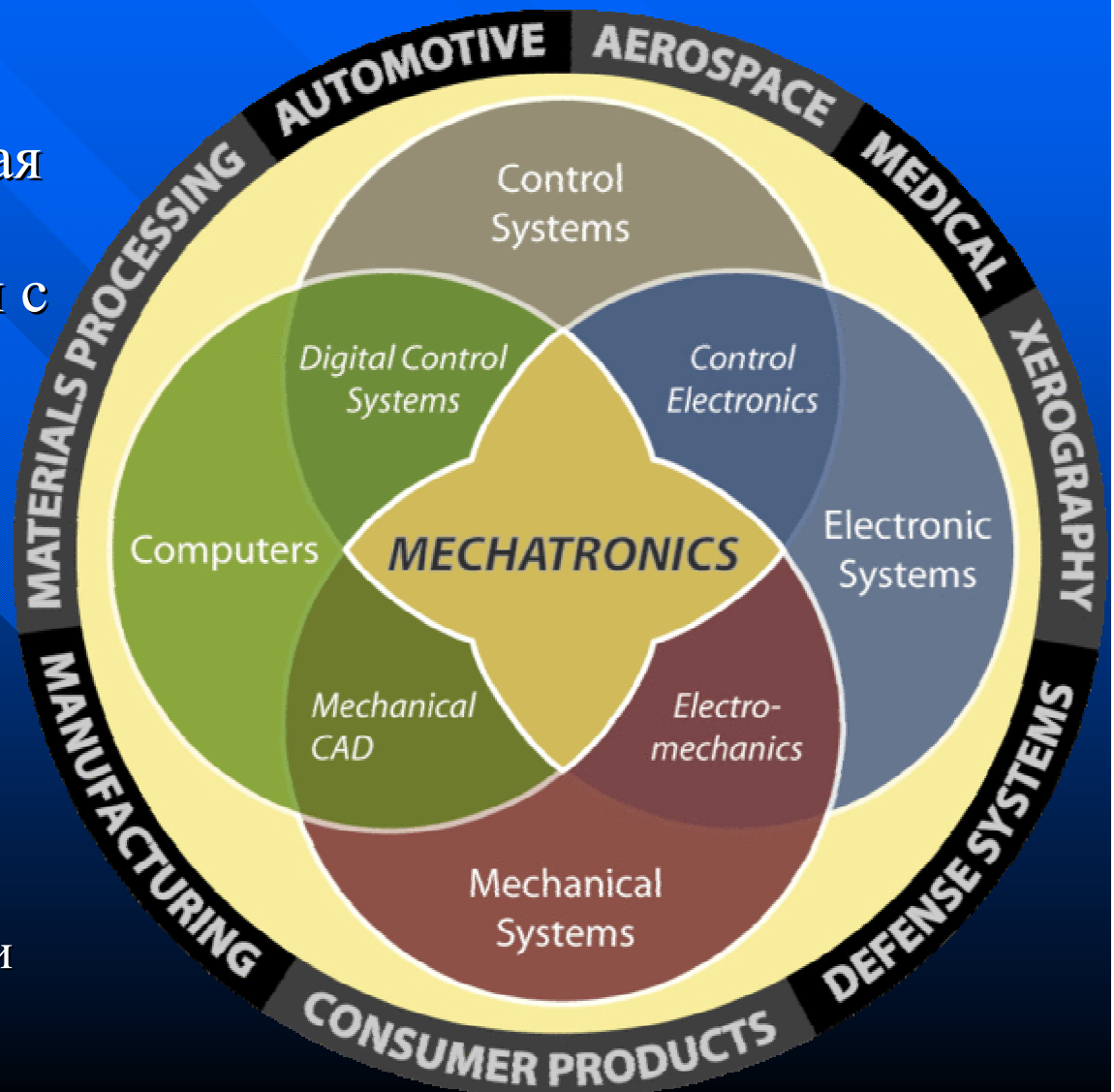
- Использование новейших достижений современной теории управления, силовой и информационной электроники
- Слияние электродвигателя с механизмом (электромеханические модули) и системы управления с электродвигателем (мехатроника)
- Интеллектуализация электропривода (распределенные системы автоматизации)



BAUER GEARED MOTORS

Мехатроника

- Область науки и техники, посвященная созданию и эксплуатации машин с компьютерным управлением движением
- Примеры:
 - станок с ЧПУ
 - робот
 - автоматизированная производственная линия (в пищевой промышленности или машиностроении)



Особенности современного электропривода

■ Информационные технологии:

- как часть электропривода (микропроцессорные системы управления),
- как средство его создания (системы автоматизированного проектирования),
- как средство моделирования процессов в электроприводе
- как способ обмена информацией, настройки и диагностики (коммуникационные сети, программное обеспечение цифровых электроприводов)



PowerSuite - ATV61 - atv61_2

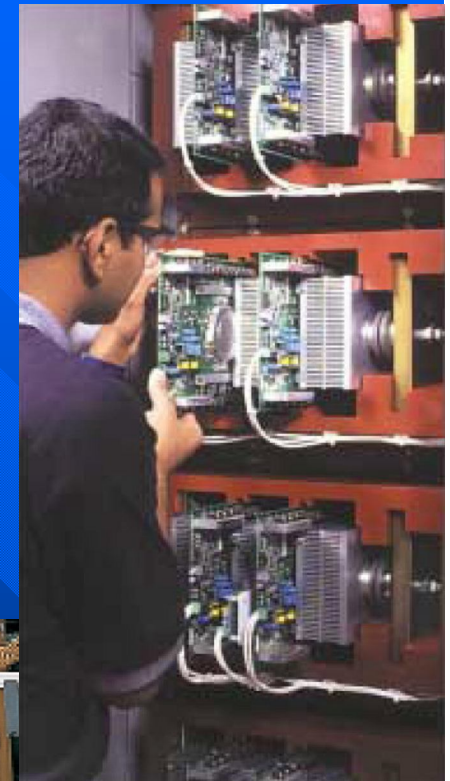
File Parameters Display Configuration Tools ?

Find : ott in Code

Code	Short label	Long label	Minimum value	Maximum value	Curr
UFR	IR compensation	IR compensation	25 %	200 %	
TTD	Motor therm. level	Motor thermal threshold	0 %	118 %	
TLS	Low speed time out	Low speed time out	0.0 s	999.9 s	
TDC2	Auto DC inj. time 2	Auto DC injection time 2	0.0 s	30.0 s	
TDC1	Auto DC inj. time 1	Auto DC injection time 1	0.1 s	30.0 s	
SPG	Speed prop. gain	Speed proportional gain	0 %	1000 %	40
SLP	Slip compensation	Slip Compensation	0 %	150 %	
SIT	Speed time integral	Speed time integral	1 %	1000 %	
SFR	Switching freq.	Drive switching freq.	2.0 kHz	16.0 kHz	
SFC	K speed loop filter	K speed loop filter	0	100	
SDC2	Auto DC inj. level 2	Auto DC injection level 2	0.0 A	7.9 A	
SDC1	SDC1	SDC1	0.0 A	7.9 A	
RTDL	Low Freq. Ref. Thr.	Low Freq. Ref. Threshold	0.0 Hz	1000.0 Hz	

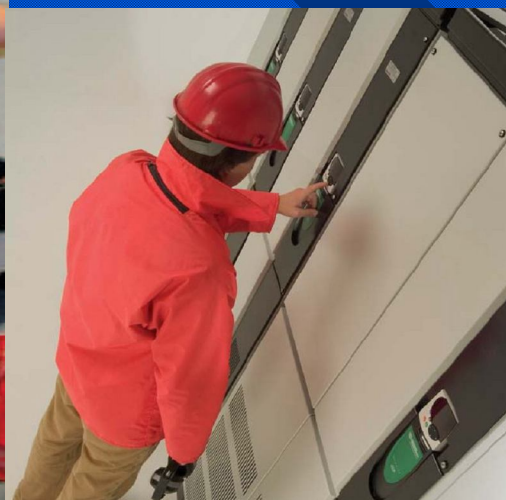
Чем занимаются специалисты по электроприводу

- Монтаж и наладка электроприводов и средств автоматизации
 - Решаемые проблемы:
 - » Электропривод или его часть не работают или работают неправильно



Чем занимаются специалисты по электроприводу

- Диагностика и ремонт
- Техническое обслуживание
- Испытания



Чем занимаются специалисты по электроприводу

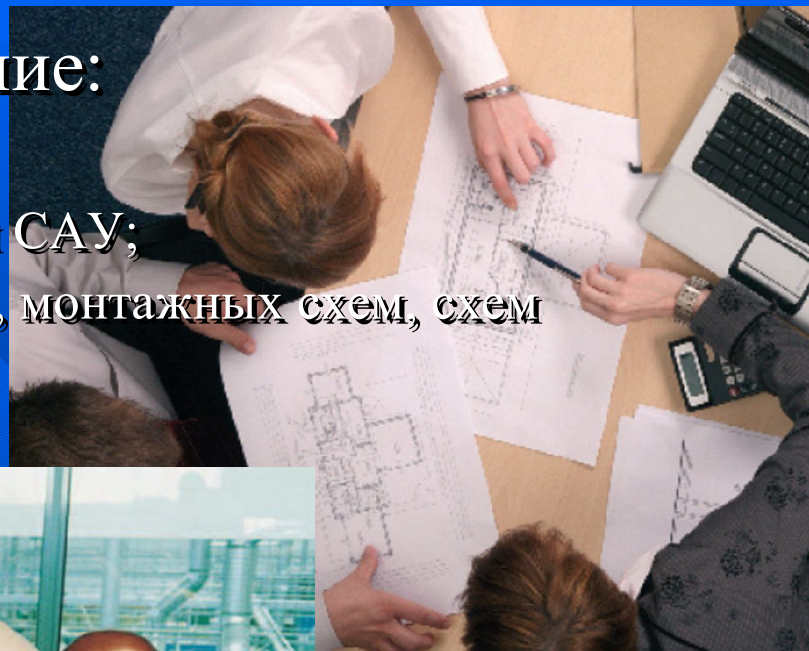
■ Разработка и проектирование:

– Решаемые проблемы:

- » выбор электрооборудования и САУ;
- » составление принципиальных, монтажных схем, схем внешних соединений

■ Научные исследования

■ Продажи:



Где работают наши выпускники

■ **Металлургия:**

- ДМЗ им. Петровского;
- Днепропетровский трубный завод;
- Нижнеднепровский трубный завод;
- Коминмет;
- Днепросталь;
- ДМК им. Дзержинского (Днепродзержинск);
- АрселорМиттал (Кривой Рог)

■ **Машиностроение:**

- Днепровский машиностроительный завод;
- Южный машиностроительный завод;
- Днепропетровский завод прокатных валков;
- Днепропетровский агрегатный завод;
- Днепропресс;
- Днепрополимермаш;
- Днепропетровский электровозостроительный завод;
- Днепропетровский электромашиностроительный завод;
- Корпорация ЭТАЛ (Александрия);
- Днепропетровский стрелочный завод;
- Днепротяжмаш;
- Днепротяжбуммаш



Где работают наши выпускники

- **Горная промышленность:**
 - Павлоградуголь;
 - Вольногорский горно-металлургический комбинат
- **Химическая промышленность:**
 - Днепрзот (Днепродзержинск);
 - Аккумуляторный завод «Иста»;
 - Днепропетровский шинный завод;
 - Проктор энд Гембл мейньюфекчуринз (Орджоникидзе)
- **Транспорт, энергетика и коммунальное хозяйство:**
 - Укрзализниця;
 - Днепропетровский метрополитен;
 - Киевгорэлектротранс;
 - Днепропетровские горэлектросети;
 - Горводоканал;
 - Днепроблэнерго;
 - Одессаоблэнерго;
 - Приднепровская ТЭЦ
- **Пищевая промышленность:**
 - Молочная фабрика «Рейнфорд»;
 - Павлоградский молокозавод;
 - Мушкетер
 - Днепропетровский маслоэкстракционный завод

Где работают наши выпускники

■ Проектные и научные организации, учебные заведения:

- Институт геотехнической механики;
- Конструкторское бюро «Южное»;
- Институт Электротяжхимпроект;
- Институт «Металлургавтоматика»;
- Институт Укргипромез;
- Институт ТРАНСМАГ;
- Днепроэлектропроект;
- Национальная металлургическая академия Украины;
- Днепропетровский государственный аграрный университет;
- Кременчугский национальный университет;
- Днепропетровский индустриальный колледж;
- Колледж ракетно-космического машиностроения;
- Днепропетровский радиоприборостроительный колледж

■ Компании, продающие электрооборудования и средств автоматизации:

- Шнейдер Электрик;
- Сименс;
- Рехау;
- Монада;
- Ассоциация «Светотехника»;
- SR-ltd;
- Галант Пол Электра;
- КСК Автоматизация;
- Электрум;
- Евроимпульс

Последняя техническая революция

Что изменилось для инженера по электроприводу

- Аналоговое управление заменяется на цифровое:
 - ноутбук вместо паяльника
- Широкое распространение электроприводов переменного тока с частотным управлением
- Интеграция электропривода в АСУ ТП:
 - умение программировать ПЛК;
 - владение технологиями коммуникационных сетей
- Распространение компьютерных технологий:
 - владение основными пакетами автоматизированного проектирования

Требования работодателей к инженеру-электромеханику (из объявлений в Интернете)

- Параметрирование преобразователей частоты
- Программирование ПЛК и панелей человеко-машинного интерфейса
- Знание систем ЧПУ
- Навыки монтажа электрических шкафов
- Владение пакетами САПР (AutoCAD, SolidWorks, Inventor)
- Иностраный язык (как минимум технический, чаще всего английский)
- Знание европейских электротехнических стандартов

**ПОДГОТОВКА
ИНЖЕНЕРОВ-
ЭЛЕКТРОМЕХАНИКОВ**

Электропривод и смежные области знаний



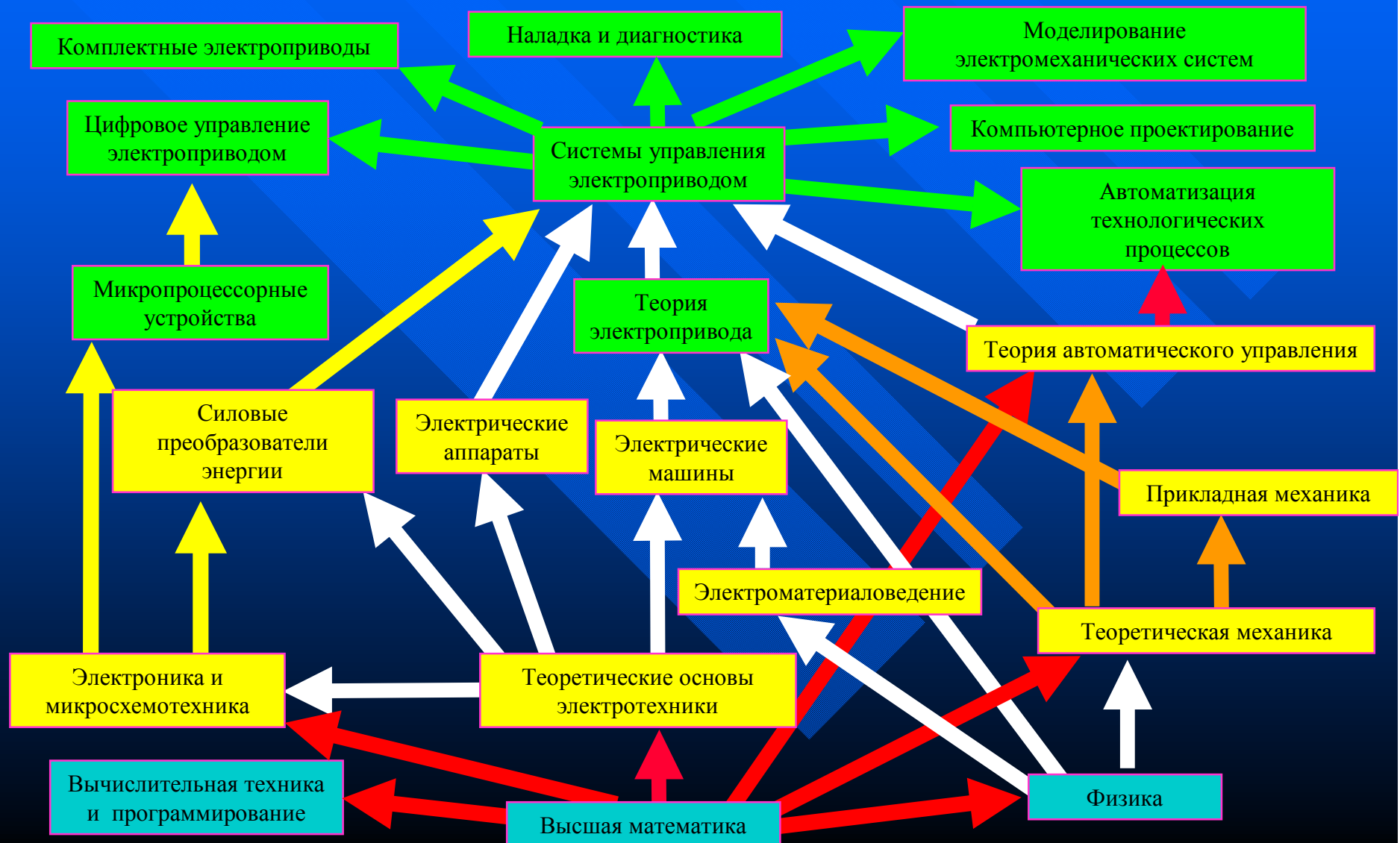
Что должен знать приводчик

- Из смежных областей знаний:
 - Технологические процессы и технологическое оборудование
 - Механика
 - Электроника и микропроцессорная техника
 - Теория и средства автоматизации
 - Информационные технологии

Что должен знать приводчик

- Специальные знания:
 - Конструкция, принцип действия и способы управления электрическими машинами
 - Принципы построения и функционирования современных систем автоматизированного электропривода
 - Способы наладки и диагностики электроприводов
 - Методы расчета систем электропривода и выбора его элементов
 - Методы математического (компьютерного) моделирования динамических процессов в электроприводе
 - Способы энергосбережения средствами электропривода

Межпредметные связи



Электропривод как предмет изучения

- Жесткость межпредметных связей
- Большое количество теоретических дисциплин, широко применяющих математические методы (электротехника, теоретическая механика, теория электропривода, теория автоматического управления, системы управления электроприводами)
- Необходимость понимания физического смысла явлений и процессов (электроника, теория электропривода, системы управления электроприводами)
- Быстрота технического прогресса и обновление содержания подготовки

Электропривод и высшая математика

- Математика – язык науки
- Математический цикл:
 - Математический анализ
 - Линейная алгебра и аналитическая геометрия
 - Дифференциальные уравнения
 - Специальные разделы математики
- Общий объем – 684 часа

Электропривод и высшая математика

- Что важно для приводчика:
 - Производные и интегралы
 - Векторы:
 - » Расчет электрических цепей переменного тока
 - » Векторное управление двигателями переменного тока
 - Матрицы:
 - » Решение систем уравнений
 - » Расчеты сложных электрических цепей и систем автоматического регулирования
 - » Пакеты прикладной математики (MATLAB)
 - Ряды:
 - » Анализ процессов в электрических цепях переменного несинусоидального тока
 - Дифференциальные уравнения:
 - » Анализ динамических процессов в электроприводе
 - Операционное исчисление:
 - » Анализ и синтез систем автоматического управления
 - » Математическое моделирование электроприводов
 - Математическая статистика:
 - » Расчет ошибок измерения
 - » Исследование экспериментальных зависимостей

Электропривод и физика

- **Электричество:**
 - Электрические цепи
 - Электромагнитная индукция
 - Электродинамика
- **Магнетизм:**
 - Магнитное поле электрических машин
 - Электромагнитные помехи, генерируемые силовым электрооборудованием
- **Механика (кинематика, динамика)**
- **Общий объем преподавания – 396 часов**

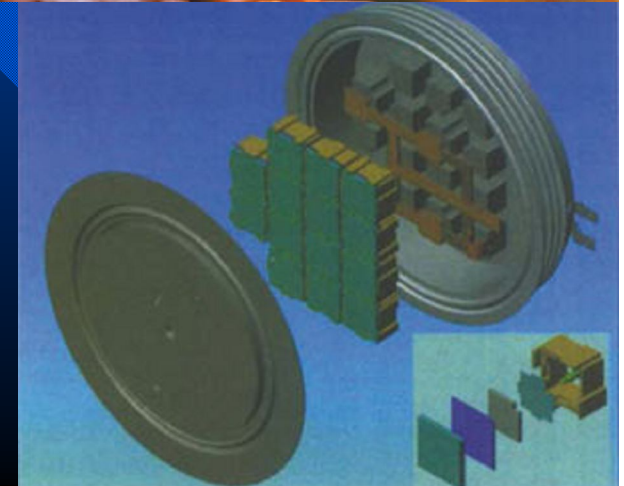
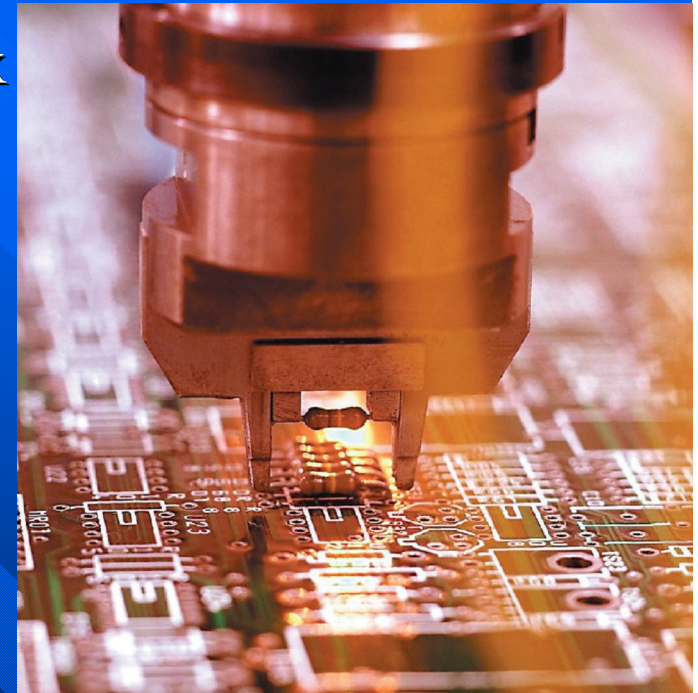
Электропривод и электроника

- Электронные компоненты электропривода:
 - силовые ключи преобразователя энергии
 - элементы системы управления преобразователем энергии и электроприводом (микропроцессор)
 - датчики
 - источники питания
- Задачи, решаемые электронными узлами в электроприводе:
 - преобразование электрической энергии к виду, удобному для питания обмоток электродвигателя;
 - управление электродвигателем;
 - регулирование скорости вращения;
 - коммутация силовых цепей;
 - защита электродвигателя



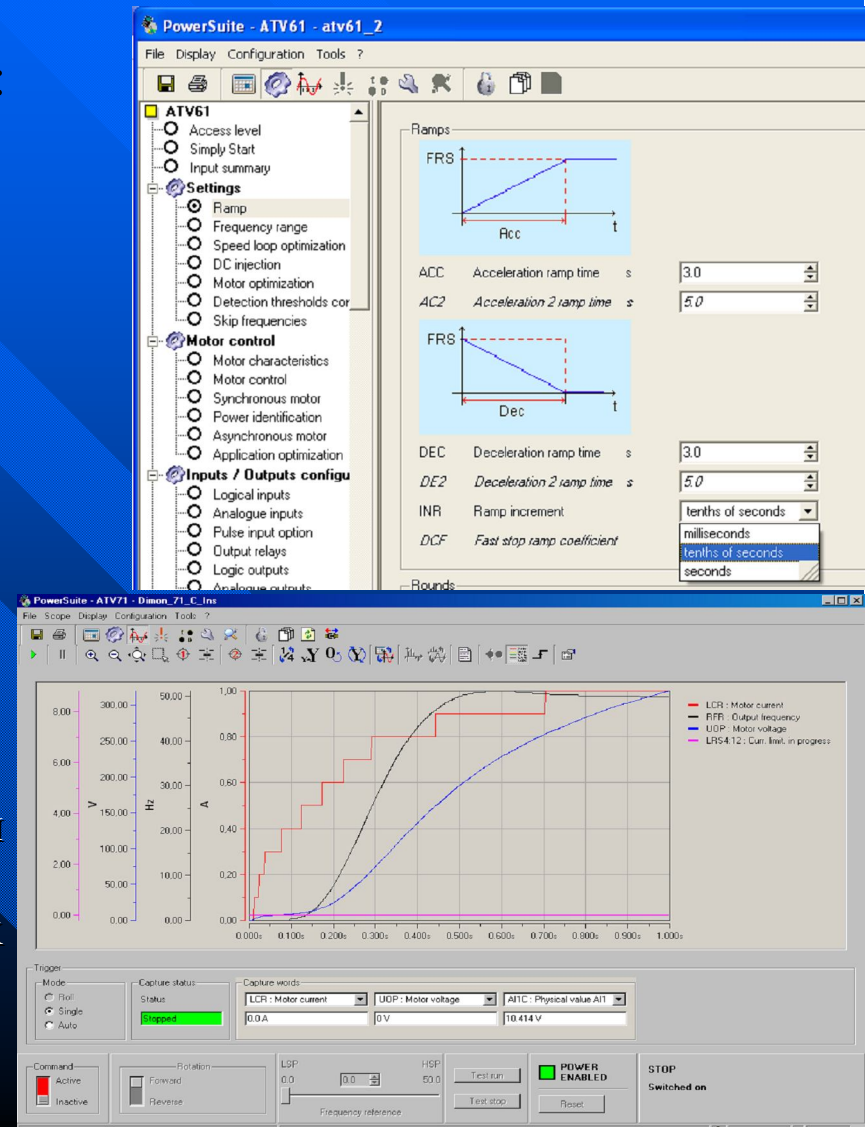
Электропривод и электроника

- Причиной большинства технических революций в электроприводе было появление новых электронных приборов:
 - ионный и ртутный вентили
 - биполярный транзистор
 - тиристор
 - интегральная микросхема
 - микропроцессор
 - IGBT-транзистор
- Без электроники невозможен современный эффективный высококачественный электропривод
- Общий объем преподавания электроники – 522 часа



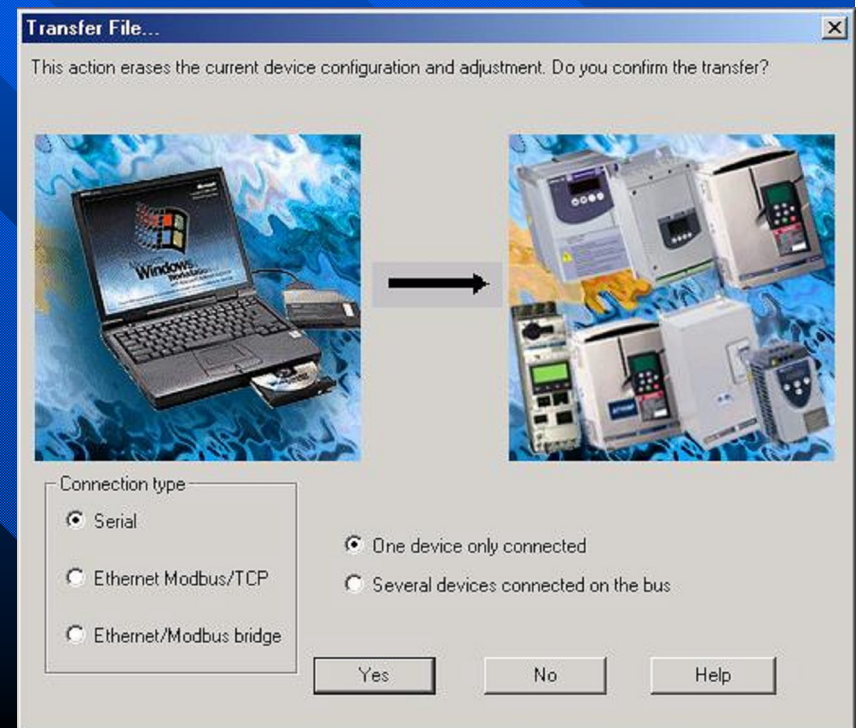
Электропривод и информационные технологии

- Изучаемые программные продукты:
 - Языки программирования C++, Assembler
 - Microsoft Office
 - Математические пакеты MATLAB, MathCAD
 - Пакеты автоматизированного проектирования P-CAD, AutoCAD, Max+Plus II
 - Пакет схемотехнического моделирования Electronics Workbench
 - Специализированное программное обеспечение для программирования логических контроллеров, настройки и диагностики цифровых электроприводов TwidoSuite, ZelioSoft, PowerSuite, SoMove



Электропривод и информационные технологии

- Общий объем преподавания – 1458 часов
- Три компьютерных класса (общее количество персональных компьютеров – 60)



АНГЛИЙСКИЙ ЯЗЫК

- Представительства иностранных компаний и их предприятия на нашей территории:
 - документооборот
 - деловое общение
 - тренинги
 - зарубежные командировки
- Импортная техника и техническая документация к ней
- Международные обмены
- Work&Travel