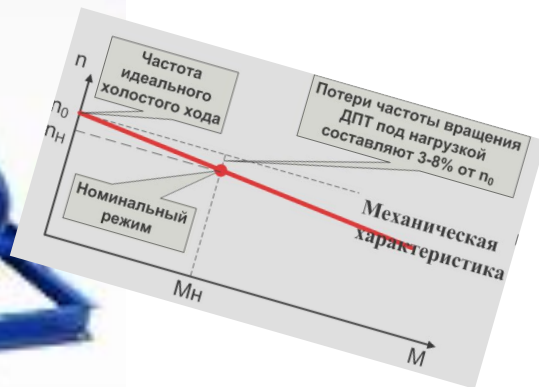




# Основы электропривода

Электропривод — электромеханическая система, состоящая из управляющего, преобразовательного, электродвигательного (ЭДУ) и передаточного устройств, предназначенная для преобразования электрической энергии в механическую и управления ею.

## Основы электропривода. Выбор электродвигателей.

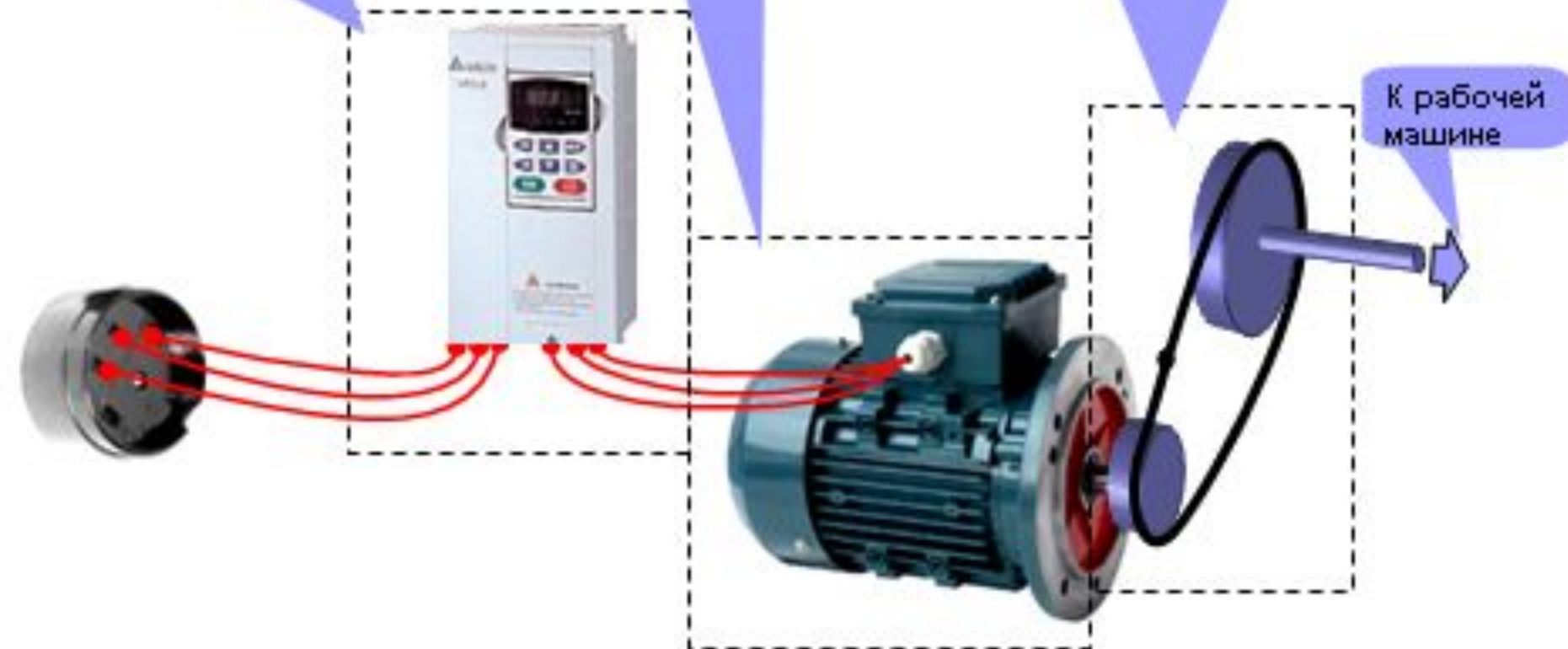
**Электропривод** – совокупность устройств, **приводящих** в движение производственные механизмы и установки при помощи **электродвигателей**

1. Устройство управления (для пуска, остановки и регулирования)

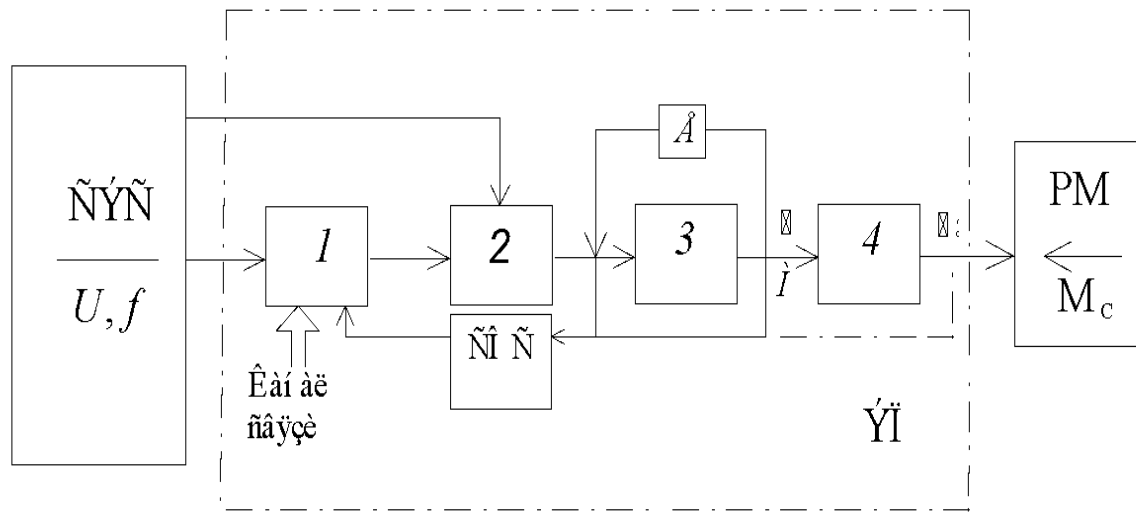
2. Электродвигатель (один или несколько)

3. Передаточный механизм (редуктор, ременная передача и т.п.)

К рабочей машине



# Структурная схема электропривода



Устройства: 1 – управляющее; 2 – преобразовательное;  
3 – электродвигательное (ЭДУ); 4 - передаточное

С помощью **управляющего устройства 1** механическая энергия РМ целенаправленно регулируется. В качестве такого устройства используются от простейшего выключателя напряжения до сложного микропроцессора.

**Преобразовательное** устройство 2, согласует электрический сигнал управления с параметрами и величинами электрической энергии питания ЭДУ. Это магнитные усилители, тиристорные преобразователи, дроссели насыщения и др. .

**Передаточные** устройства приводов 4 : передаточные муфтами, редукторы, а также устройствами с гидро-, пневмо- или электромагнитными механизмами.

**Средства обратной связи СОС** в электроприводе: технические средства электрических измерений и преобразования неэлектрических величин в электрические, которые служат для целенаправленного и более эффективного управления.

# Классификация электропривода

## 1) количеству и характеру связи исполнительных, рабочих органов:

- *индивидуальный ЭП* (рабочий исполнительный орган приводится одним самостоятельным двигателем);
- *групповой* (один двигатель приводит в действие исполнительные органы нескольких РМ или нескольких органов одной РМ);
- *многодвигательный* (взаимосвязанный ЭП, ЭДУ которого работают совместно на общий вал);

## 2) управлению и задаче управления:

- *автоматизированный* (ЭП, управляемый автоматическим регулированием параметров и величин);
- *программно-управляемый* (ЭП, управляемый заданной программой);
- *следящий* (ЭП, автоматически отрабатывающий перемещение исполнительного органа РМ с заданной точностью и произвольно меняющимся сигналом управления);
- *позиционный* (ЭДУ, автоматически регулирующий положение исполнительного органа РМ);
- *адаптивный* (ЭП, автоматически избирающий структуру или параметры устройства управления с целью установления оптимального режима);

## 3) характеру движения выходного вала:

- вращательный (с вращательным ЭДУ); – линейный (с линейными двигателями); – дискретный (с ЭДУ, подвижные части которого в установившемся режиме находятся в состоянии дискретного движения);

## 4) наличию и характеру передаточного устройства:

- редукторный (с редуктором или мультипликатором);
- электрогидравлический (с передаточным гидравлическим устройством);

## 5) важности операции

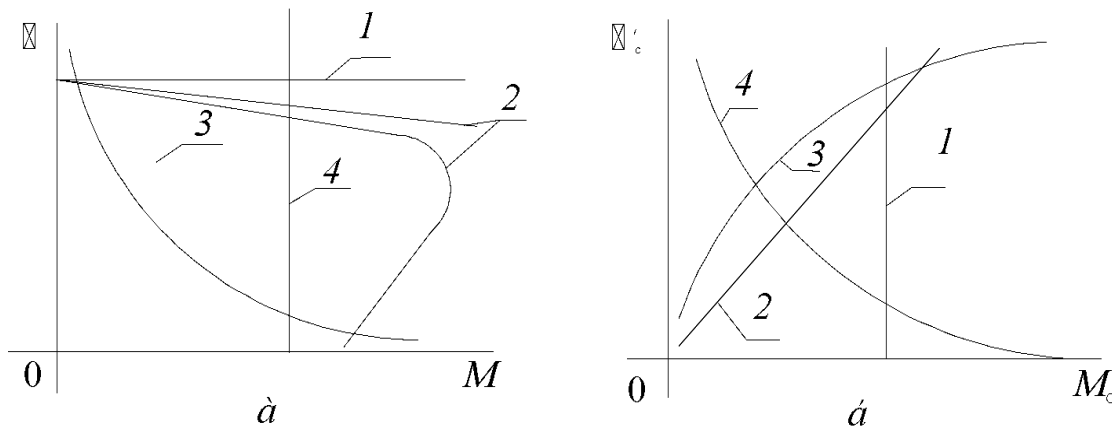
- главный (привод, обеспечивающий главное движение или основную операцию);
- вспомогательный привод.

# Механические характеристики производственных механизмов и ЭД

Механические характеристики производственных механизмов определяют машину как нагрузку и показывают, как изменяется частота их вращения от создаваемого ими нагрузочного момента –  $n = f(M_c)$ , которые могут быть выражены графически или формулами.

$$M_c = M_0 + (M_{сн} - M_0) \left( \frac{n}{n_{ном}} \right)^\chi$$

где  $M_c$  – момент сопротивления  
механизма при частоте вращения  $n$ ;  
 $M_{сн}$  – момент сопротивления  
механизма при частоте вращения  
 $n_{ном}$ ;  
 $M_0$  – момент сопротивления трения;  
 $\chi$  – коэффициент, характеризующий  
изменение  $M_c$  от  $n$



В соответствии с вышеприведенной формулой механические характеристики механизмов имеют следующую классификацию (рис.б).

## 1. Не зависящая от частоты вращения ( $\chi = 0$ )

$$M_c = M_{сн}; P = M\omega; P = Mn; P \text{ пропорциональна } n.$$

Такой характеристикой обладают: конвейер с постоянной массой, вальцовые механизмы, бумагоделательные машины, подъёмные краны, лебедки, поршневые насосы с постоянной массой.

## 2. Линейно возрастающая - $\chi = 1$ .

$$M_c = M_0 + (M_{сн} - M_0) \left( \frac{n}{n_{ном}} \right); M \text{ пропорционален } n, \text{ а } P \text{ пропорциональна } n^2$$

Это характеристики ленточнопильных, круглопильных, строгальных станков

### 3. Нелинейновозрастающая – $x = 2$ .

$$M_c = M_0 + (M_c - M_0)(n_2 / n_{2\text{ном}}); M \text{ пропорционален } n^2, \text{ а } P \text{ пропорциональна } n^3$$

Это характеристики вентиляторов центробежных насосов, турбовоздуходувок центрифуг, механизмов, работа которых связана с преодолением сопротивления воздуха, газа, воды.

### 4. Нелинейноспадающая – $x = -1$ .

$$M_c = M_0 + (M_c - M_0)(n_{\text{ном}}/n); M \text{ пропорционален } 1/n, \text{ а } P = \text{const.}$$

Это характеристики механизмов, преодолевающих вязкие нагрузки – торельчатые питатели, глиномятки, луцильные, токарные, фрезерные, расточные станки.

Механические же характеристики ЭД (рис.а) 1, 2, и 3 рассматривались в разделе «Электрические машины», а зависимость 4 представляет собой специальную механическую характеристику. Степень изменения скорости вращения с изменением нагрузки  $M$  у представленных ЭД различна и характеризуется их крутизной  $S_x$  или жесткостью  $\beta$ . Эти параметры механических характеристик имеют обратную зависимость  $\beta = -S_x^{-1}$  и позволяют классифицировать все ЭД по жесткости или крутизне характеристик на четыре вида:

1) абсолютно жесткие ( $\beta = \infty$  – СД и специальные электромеханизмы);

2) жесткие ( $\infty > \beta > 3,5$  – АД с к. з. ротором, ДПТ с независимым и параллельным возбуждением);

3) мягкой ( $-3,5 > \beta > -1$  – ДПТ последовательного возбуждения);

## Понятие о статике и динамике электропривода

Электродвигатель, механическая передача и рабочая машина механически соединены между собой и образуют совместно движущуюся систему.

Основное положение динамики электропривода: при движении системы электродвигатель – рабочая машина движущий момент всегда уравнивается моментами сил сопротивления движению, т. е.

$$M_{дв} = M_c + M_{дин},$$

где  $M_{дв}$  – вращающий момент двигателя;

$M_c$  – статический момент сопротивления (создаётся всеми видами сил – силы молекулярного сцепления обрабатываемого материала, силы трения, силы притяжения к земле перемещающихся масс);

$M_{дин}$  – динамический момент (создаётся силами инерции движущихся масс электропривода; возникают при изменении скорости движения).

Если система движется с постоянной частотой вращения, то силы инерции отсутствуют, т. е.

$$M_{дин} = 0, \text{ а } M_{дв} = M_c.$$

При пуске системы скорость движущихся частей увеличивается, а всякое изменение скорости вызывает силы инерции масс этих частей. При увеличении частоты вращения силы инерции, создающие  $M_{дин}$ , будут направлены навстречу действию вращающего момента:

$$M_{дв} = M_{п} = M_c + M_{дин},$$

Это же наблюдается при увеличении частоты вращения системы, когда нагрузка на двигателе уменьшается.

При уменьшении частоты вращения электропривода, что соответствует увеличению нагрузки, вращающиеся массы стремятся сохранить прежнюю частоту вращения, поэтому силы инерции направлены на поддержание движения

$$M_{дв} = M_c - M_{дин},$$

При отключении двигателя от электросети  $M_{дв} = 0$ , но система мгновенно не остановится, а будет продолжать вращаться за счет  $M_{дин}$  по инерции

$$M_c = M_{дин}.$$

Процессы движения электропривода, соответствующие пуску, остановке, изменению нагрузки, являются неустановившимися процессами, т. к. протекают при изменении скорости вращения. Этот процесс продолжается до наступления равновесия  $M_{дв} = M_c$ .

## Определение времени переходного процесса (пуск, торможение, разгон)

Из уравнения основного движения электропривода определяем **времени переходного процесса.**

$$M_{\text{дв}} = M_{\text{с}} + M_{\text{дин}} ;$$

$$M_{\text{дин}} = J \frac{d\omega}{dt} = \frac{GD^2}{4g30} \frac{dn}{dt} = \frac{GD^2}{375} \frac{dn}{dt}$$

$$\text{Откуда } M_{\text{дв}} = M_{\text{с}} + \frac{GD^2}{375} \frac{dn}{dt}$$

Для определения времени переходных режимов проинтегрируем уравнение:

$$dt = \frac{GD^2}{375} \frac{dn}{(M_{\text{дв}} - M_{\text{с}})}$$

Тогда **время переходного процесса:**

$$t_{1,2} = \int_{n_1}^{n_2} \frac{GD^2}{375} \frac{dn}{(M_{\text{дв}} - M_{\text{с}})}$$

При пуске, когда  $n_1 = 0$

$$t_{\pi} = \frac{GD^2}{375} \frac{n_{\text{ном}}}{M_{\pi} - M_c}$$

где  $n_{\text{ном}}$  – номинальная частота вращения двигателя по окончании разгона;  $M_{\pi}$  – пусковой вращающий момент.

При пуске вхолостую  $M_c = 0$

$n_0$  – частота вращения х.х.

При замедлении

$$t_{\pi} = \frac{GD^2}{375} \frac{n_0}{M_{\pi}}$$

$$-(M_{\text{дв}} + M_c) = \frac{GD^2}{375} \frac{dn}{dt}$$

$$t_{\text{зам}} = \frac{GD^2}{375} \frac{(n_1 - n_2)}{(M_{\text{дв}} + M_c)}$$

Время остановки ( $n_2 = 0$ ) при отключении двигателя от сети ( $M_{\text{дв}} = 0$ )

$$t_{\text{ост}} = \frac{GD^2}{375} \frac{n_1}{M_c}$$

Длительность переходного процесса определяется  
электромеханической постоянной времени  $T_m$

$$T_m = \frac{GD^2}{375} \frac{n_0}{M_{\text{кр}}}, \text{ где}$$

$M_{\text{кр}}$  – критический момент

На практике  $t = (3 \dots 4) T_m$ .

## Нагревание и охлаждение двигателя

В процессе преобразования электрической энергии в механическую в двигателе происходит потеря части энергии, которая выделяется в виде тепла и вызывает повышение температуры отдельных его частей над температурой окружающей среды. Для приближенных расчетов тепловых режимов работы двигателя его рассматривают как однородное тело с бесконечно большой теплопроводностью, т. е. считают, что температура в любой точке машины одинаковая и отдаваемое тепло пропорционально первой степени разности температур машины и окружающей среды.

Предположим, что двигатель подключен к сети и работает с постоянной нагрузкой.

Тогда условие теплового равновесия для переходного процесса

$$\Delta p dt = C d\tau + A \tau dt$$

где  $\Delta p dt$  – тепло, выделяемое в двигателе за время  $dt$ ;  $\Delta p$  – потери тепла, выделяемые в двигателе в единицу времени, Вт или Дж/с;

$C d\tau$  – часть тепла, идущая на повышение температуры двигателя;

$A \tau dt$  – тепло, передаваемое в окружающую среду;

$C$  – теплоемкость двигателя, т.е. количество тепла, необходимое для повышения температуры на  $1^\circ\text{C}$ , Дж/град;

$A$  – теплоотдача двигателя – количества тепла, выделяемого в окружающую среду в единицу времени при разности температур в  $1^\circ\text{C}$ , Дж/с·град;

$\tau$  – превышение температуры двигателя над температурой окружающей среды, град.

Разделив правую и левую части на  $A dt$ , получим:

$$\frac{\left(\frac{C}{A}\right) d\tau}{dt} + \tau = \frac{\Delta p}{A}.$$

Это линейное дифференциальное уравнение первого порядка с постоянной правой частью, которая в данном случае определяет установившееся значение превышения температуры:

$$\tau_{уст} = \frac{\Delta p}{A}.$$

Отношение теплоемкости к теплоотдаче называется постоянной времени нагрева  $T$ , :

$$T = \frac{C}{A}.$$

Тогда :

$$\frac{Td\tau}{dt} + \tau = \tau_{уст}.$$

Характеристическое уравнение имеет корень  $Tp + 1 = 0$

откуда  $p = - 1/T$ . Тогда  $\tau = ke^{-t/T}$ .

Постоянная интегрирования находится из начальных условий  $t = 0$ ;  $\tau = \tau_{нач}$ .

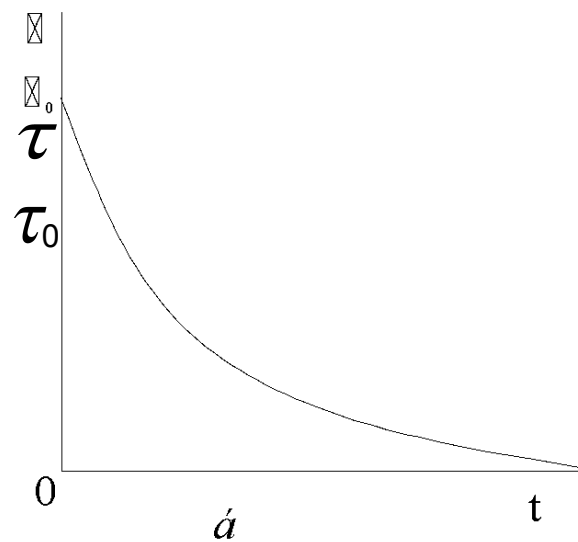
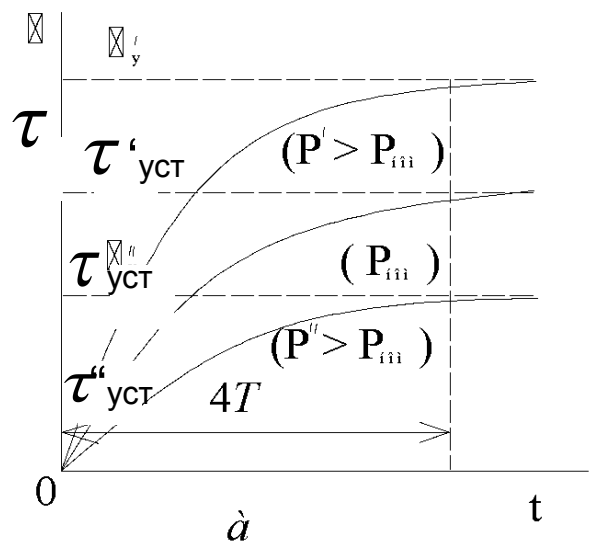
Тогда  $\tau_{нач} = k + \tau_{уст}$ , или  $k = \tau_{уст} - \tau_{нач}$ .

Подставляя значение  $k$  и группируя члены, получаем

$$\tau = \tau_{уст} \left( 1 - e^{-\frac{t}{T}} \right) + \tau_{нач} e^{-\frac{t}{T}}.$$

В частном случае  $\tau_{нач} = 0$ ;  $\tau = \tau_{уст}(1 - e^{-t/T})$ .

Таким образом, **нагрев двигателя происходит по экспоненциальному закону**



Конечное значение  $\tau = \tau_{уст}$  не зависят от  $\tau_{нач}$ , а только от  $p$  и  $A$ . Температуру двигателя можно считать установившейся при  $t = 4T$ .

Постоянная времени нагрева  $T$  – важный параметр, так как характеризует скорость протекания тепловых процессов. Чем больше  $T$ , тем медленнее происходит нагрев. Значение  $T$  зависит от мощности, частоты вращения, исполнения двигателя и изменяется от 10÷15 мин для двигателей малой мощности до 4÷5 ч для двигателей большой мощности. Величина  $T$  больше у закрытых двигателей.

**При отключении двигателя от сети происходит его охлаждение и  $p = 0$  (рис. 6).**

$$0 = C d\tau + A_0 \tau dt; \tau = \tau_{кон} \quad \tau = \tau_{кон} e^{-t/T_0}$$

где  $A_0$  – теплоотдача неподвижного двигателя;  $T_0 = C/A_0$  – постоянная времени охлаждения;  $t = 4T_0$ .

При неподвижном двигателе ухудшается теплоотдача и значение  $T_0$  возрастает.

При работе двигателя с переменной нагрузкой  $T_0$  будет изменяться. Если двигатель выбран правильно, то максимальная температура изоляции обмоток может достичь допустимого значения, но не должна превышать его.

# Изоляционные материалы

**Номинальные режимы работы электрооборудования обусловлены допустимым температурным режимом изоляции.**

**Изоляционные материалы по теплостойкости разделяются на семь классов.**

**Классы изоляции имеют предельно допустимую температуру:**

**Y.....90°C**

**A.....150°C**

**E.....120°C**

**B.....130°C**

**H.....155°C**

**F.....180°C**

**C..... более 180°C**

**Класс Y – непитанные волокнистые материалы из целлюлозы и шелка;**

**A – пропитанные волокнистые материалы из целлюлозы и шелка;**

**E – синтетические органические пленки;**

**B – материалы на основе слюды, асбеста, стекловолокна, применяемые с органическими связывающими и пропитывающими составами;**

**F – материалы на основе слюды, асбеста, стекловолокна, применяемые в сочетании с синтетическими связывающими и пропитывающими составами;**

**H – материалы на основе слюды, асбеста, стекловолокна, применяемые в сочетании с кремнийорганическими материалами и пропитывающими составами;**

**C – слюда, керамические материалы, стекло, кварц, применяемые без связывающих составов**

**В современных электрических машинах применяются материалы классов E, B, F, реже – класса H.**

**Превышение нагрузки двигателей сверх номинальной (20% и выше) приводит к росту температуры нагрева выше допустимой, что приводит к сокращению срока службы двигателей.**

# Выбор электродвигателей

При выборе типа ЭД к механизму необходимо учитывать:

1. Мощность  
(или момент)  
механизма

2. Необходимость  
регулирования  
частоты вращения,  
плавность  
регуливовки

3. Режим  
работы  
механизма

4. Условия  
эксплуатации

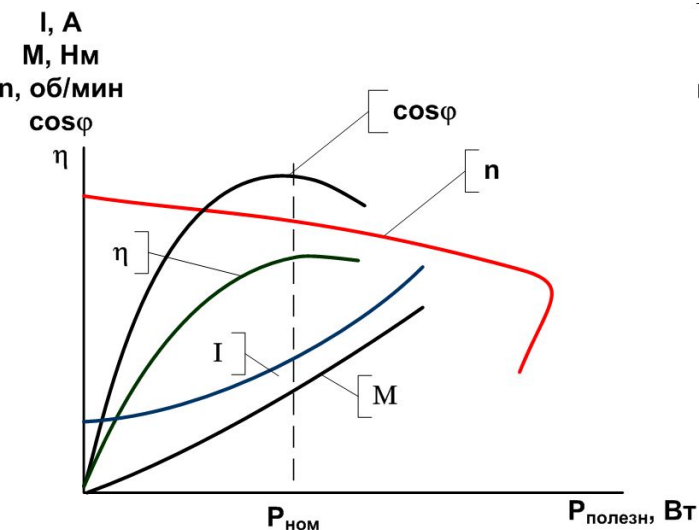
5. Вид сопряжения ЭД с механизмом  
(горизонтальное или вертикальное  
расположение вала, установка на  
горизонтальную или вертикальную  
поверхность, на лапах или фланцах)

Выбрать ЭД означает:

1. Выбрать **тип** ЭД

2. Выбрать ЭД с  
необходимой  
**мощностью** и  
**частотой** вращения

3. Выбрать ЭД с  
нужным  
**конструктивным**  
и **климатическим**  
**исполнением**



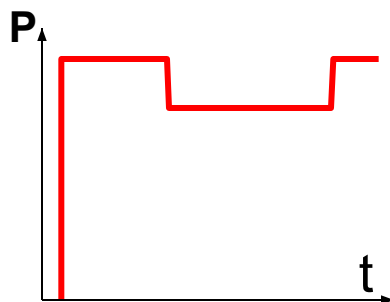
От правильного выбора ЭД по мощности зависят **надежность** его работы и **КПД**.

Если нагрузка **превышает номинальную**, это приводит к увеличению токов и потерь мощности выше соответствующих номинальных значений, вследствие чего температура (превышение температуры) обмоток и магнитопровода двигателя может превысить допустимое значение.

Когда нагрузка ЭД **существенно меньше номинальной**, он недоиспользуется по мощности, что свидетельствует об излишних капитальных вложениях, его КПД и коэффициент мощности заметно снижаются.

Если при этих условиях выбрать ЭД с номинальной мощностью равной наибольшей мощности нагрузки, он будет недоиспользован по мощности

Задача выбора ЭД по мощности осложняется тем, что нагрузка на его валу в процессе работы, как правило, изменяется во времени, вследствие чего изменяются также потери мощности и соответственно температура двигателя.

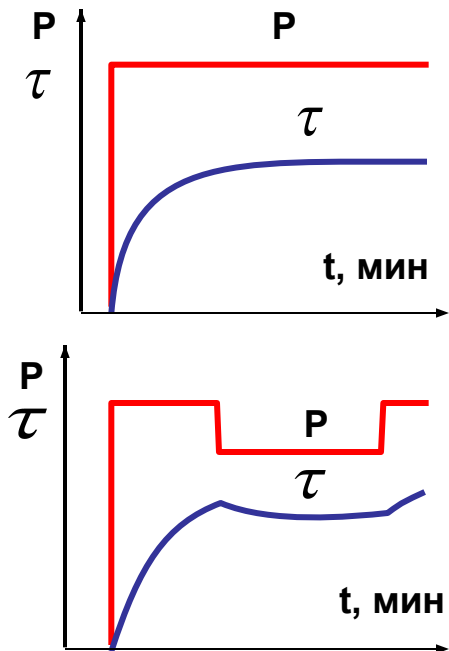


Недопустимо выбирать номинальную мощность двигателя равной минимальной мощности нагрузки.

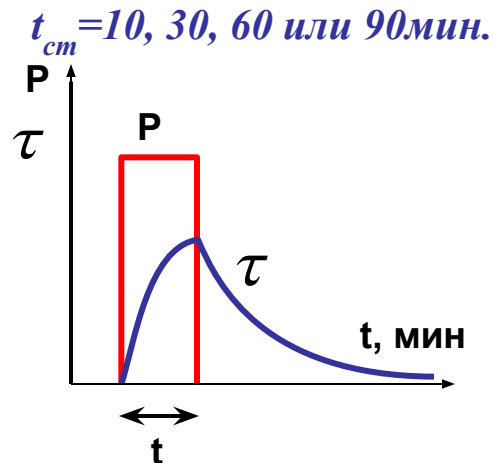
# Режимы работы электродвигателей

**Режим работы, на который рассчитан ЭД, указывается в паспорте и на щитке ЭД**

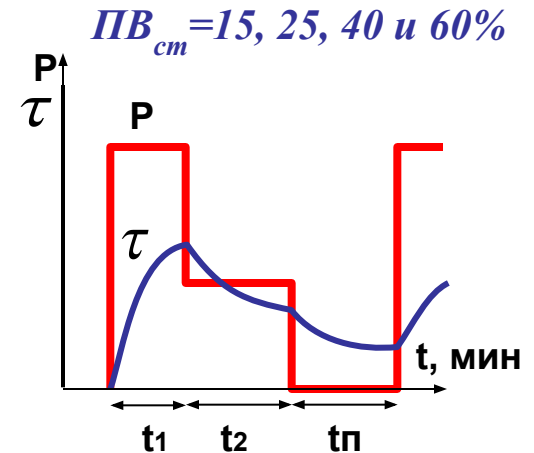
**Продолжительный** режим работы – работа ЭД в течении длительного промежутка времени (указывается **S1**)



**Кратковременный** режим работы – периоды нагрузки чередуются с периодами отключения двигателя, так, что в период отключения ЭД успевает охладиться полностью (указывается **S2** и время включения  $t_{ст}$  в мин.)



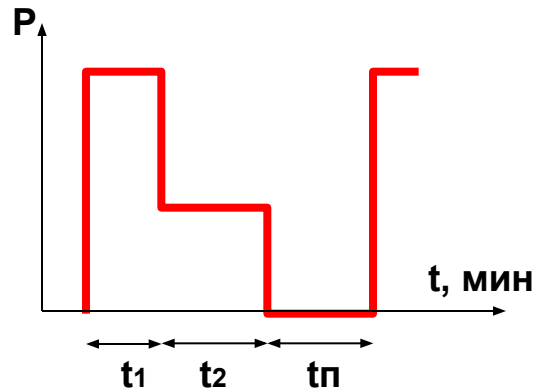
**Повторно-кратковременный** режим работы – кратковременные периоды нагрузки чередуются с периодами отключения ЭД, так, что ЭД в период отключения не успевает полностью охладиться (указывается **S3** и стандартная продолжительность включения  $ПВ_{ст}$  в %)



# Расчет мощности электродвигателя

Одним из основных критериев выбора ЭД по мощности является **температура обмоток**

Для электропривода, работающего в циклическом режиме, строится **нагрузочная диаграмма**, представляющая собой зависимость нагрузки на валу ЭД от времени в течение рабочего цикла.

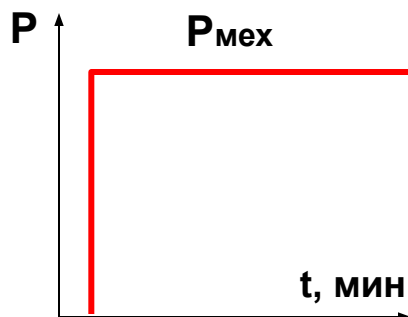


Затем **определяют мощность ЭД и выбирают его конкретную марку.**

После выбора конкретного ЭД его **проверяют:**

- а) на перегрузочная способность**, которая должна быть достаточной для устойчивой работы электропривода в периоды максимальной нагрузки или аварийного снижения напряжения;
- б) на пусковой момент**, который должен быть больше момента сопротивления механизма в момент пуска.

# Выбор мощности приводного ЭД при неизменной нагрузке на валу ЭД



Выбирают ЭД чтобы его номинальная мощность превышала необходимую мощность для нормальной работы механизма и режимом работы **S1**

$$p_{\text{НОМ}}^{s1} \geq p_{\text{Мех}}$$

Также можно выбрать ЭД с повторно-кратковременным режимом работы **S3** ( $\text{ПВ}_{\text{СТ}}=15, 25, 40$  или **60%**), но для его надежной работы его мощность должна быть несколько выше, чем мощность ЭД с продолжительным режимом работы **S1**, для которого  $\text{ПВ}_{\text{СТ}}=100\%$ .

Аналогично вместо ЭД с  $\text{ПВ}_{\text{СТ}}=40\%$  можно использовать ЭД с  $\text{ПВ}_{\text{СТ}}=25\%$  но большей мощности или ЭД с  $\text{ПВ}_{\text{СТ}}=60\%$ , но меньшей мощности. Насколько меньше или больше по мощности должен быть ЭД с другой  $\text{ПВ}_{\text{СТ}}$  определяется по формуле пересчета:

$$P_2 \geq P_1 \sqrt{\frac{\text{ПВ}_{\text{СТ}1}}{\text{ПВ}_{\text{СТ}2}}}$$

При выборе ЭД с режимом работы **S3** его мощность должна быть пересчитана с учетом его  $\text{ПВ}_{\text{СТ}}$  и мощности механизма

$$P_{\text{НОМ}}^{S3} \geq P_{\text{Мех}} \sqrt{\frac{\text{ПВ}_{\text{СТ}}^{S1}}{\text{ПВ}_{\text{СТ}}^{S3}}} = P_{\text{Мех}} \sqrt{\frac{100\%}{\text{ПВ}_{\text{СТ}}^{S3}}}$$

# Пример 1. Определить мощность ЭД для привода водяного насоса с постоянным напором 30м

Производительность насоса:  $50 \text{ м}^3/\text{ч}$

Плотность воды:  $9800 \text{ Н/м}^3$

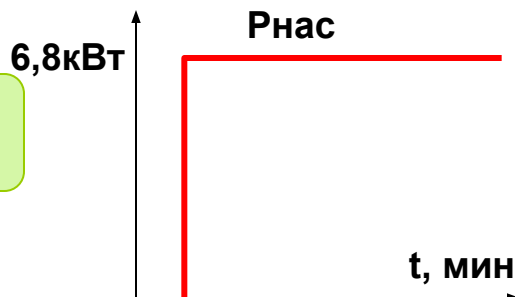
Напор насоса:  $30 \text{ м}$

$$P_{\text{насоса}} = \frac{\gamma_{\text{воды}} QH}{3,6 \cdot 10^6 \eta}$$

Мощность насоса, кВт

КПД насоса:  $0.6$

Нагрузочная диаграмма:



АД 4А112М2УЗ **S1**

$P_H = 7,5 \text{ кВт}$

$n_H = 2900 \text{ об/мин}$

$M_{\text{max}}/M_H = 2,8$

$M_n/M_H = 2$

Выбираем ЭД с режимом работы **S1** с номинальной мощностью не менее **6,8 кВт**



$$P_{\text{НОМ}}^{S3} \geq P_{\text{МЕХ}} \sqrt{\frac{PB_{\text{СТ}}^{S1}}{PB_{\text{СТ}}^{S3}}}$$

Либо выбираем ЭД с режимом работы **S3**, например с **ПВ<sub>СТ</sub> = 40%**. Пересчитываем мощность:

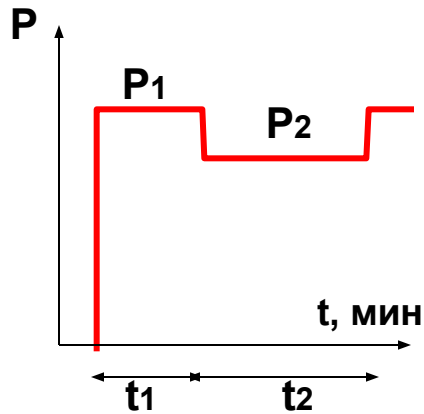
$$P_{\text{НОМ}}^{S3} \geq P_{\text{МЕХ}} \sqrt{\frac{PB_{\text{СТ}}^{S1}}{PB_{\text{СТ}}^{S3}}} = 6,8 \sqrt{\frac{100\%}{40\%}} = 10,8 \text{ кВт}$$

Выбираем ЭД с режимом

работы **S3** с **ПВ<sub>СТ</sub> = 40%** и с номинальной мощностью не менее **10,8 кВт**



## Выбор мощности приводного ЭД при изменяющейся продолжительной нагрузке на валу ЭД



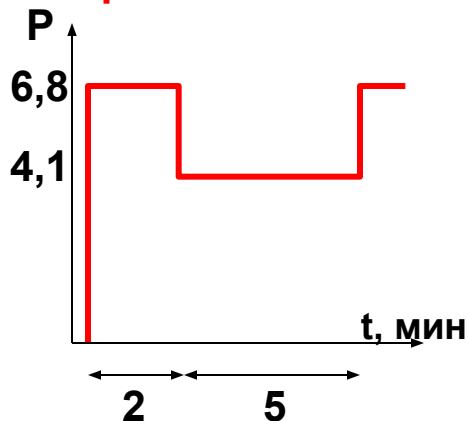
Рассчитывают  $P_э$

$$P_э = \sqrt{\frac{P_1^2 t_1 + P_2^2 t_2 + \dots + P_n^2 t_n}{t_1 + t_2 + \dots + t_n}}$$

Выбирают ЭД с режимом работы **S1**, чтобы его мощность превышала эквивалентную

$$P_{ном} > P_э$$

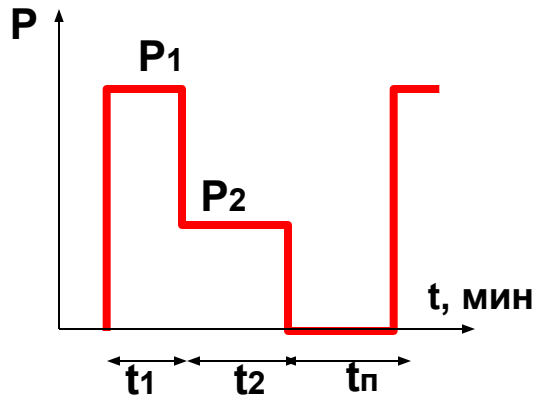
**Пример. Определить мощность ЭД для привода водяного насоса с переменным напором 50м и 30м**



$$P_э = \sqrt{\frac{6,8^2 \cdot 2 + 4,1^2 \cdot 5}{2 + 5}} \approx 5 \text{ кВт}$$

Выбираем ЭД с режимом работы **S1** с номинальной мощностью не менее **5кВт**

# Выбор мощности приводного ЭД при повторно-кратковременной нагрузке на валу ЭД



Рассчитывают ПВ.  
Если ПВ>60%, то рассчитывают  
как для режима **S1**, если ПВ<10%,  
то как для режима **S2**

$$ПВ\% = \frac{t_1 + t_2 + \dots + t_n}{t_1 + t_2 + \dots + t_n + t_n} 100\%$$

Рассчитывают эквивалентную  
мощность

$$P_{\text{э}} = \sqrt{\frac{P_1^2 t_1 + P_2^2 t_2 + \dots + P_n^2 t_n}{t_1 + t_2 + \dots + t_n + t_n}}$$

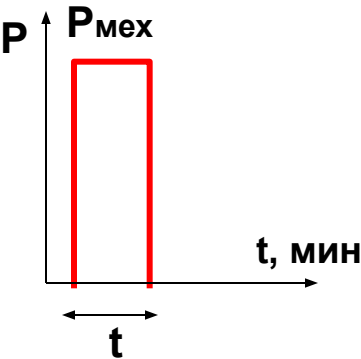
Выбирают ЭД с определенным  
значением **ПВ<sub>ст</sub>**. Пересчитывают  
**P<sub>э</sub>** для значения **ПВ<sub>ст</sub>**

$$P'_{\text{э}} = P_{\text{э}} \sqrt{\frac{ПВ\%}{ПВ_{\text{ст}}\%}}$$

Выбирают ЭД по мощности

$$P_{\text{ном}} \geq P'_{\text{э}}$$

# Выбор мощности приводного ЭД при кратковременной нагрузке на валу ЭД



Выбирают ЭД с кратковременным режимом работы **S2** с номинальной мощностью не меньшей необходимой мощности для нормальной работы механизма и временем его работы не превышало времени указанного на щитке

$$P_{\text{ном}} > P_{\text{мех}}$$

$$t_{\text{ДВ}} \geq t$$

# Проверка на перегрузку и пусковой момент

1. Максимальный (критический  $M_{кр}$ ) момент ЭД  $M_{max}$  должен быть несколько больше максимально возможного тормозного момента механизма во избежание внезапной остановки ЭД

$$M_{max\text{ дв}} > M_{max\text{ мех}}$$

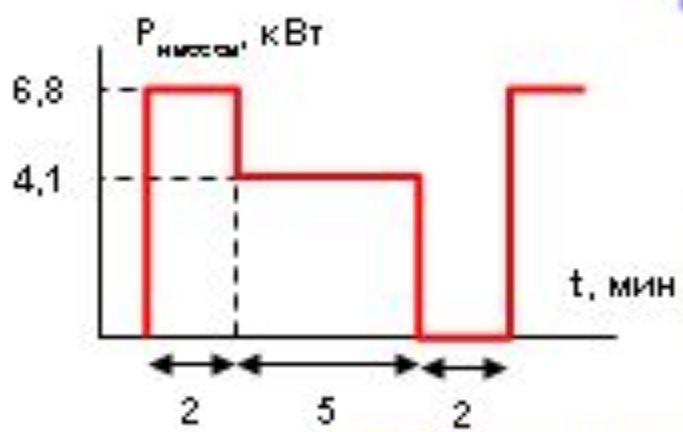
2. Пусковой момент ЭД должен превышать тормозной момент во время пуска механизма

$$M_{п.дв} > M_{п.мех}$$

Максимальный (критический) момент ЭД определяется по перегрузочной способности (отношение максимального момента ЭД к номинальному):  
- для асинхронных ЭД 1,8...2,5  
- для ДПТ около 2,3...5

**Пример. Проверить на перегрузку и пусковой момент выбранный асинхронный ЭД (4А100S2УЗ,  $P_n=4\text{ кВт}$ ,  $n_n=2900\text{ об/мин}$ ,  $M_{\text{max}}/M_n=2,5$ ,  $M_n/M_n=2$ ) для привода водяного насоса с изменяющимся напором**

Нагрузочная диаграмма:



1. Определяем максимальный нагрузочный момент насоса

$$M_{\text{max}} = 9.55 \frac{6800}{2900} = 22.4 \text{ Нм}$$

2. Определяем номинальный, максимальный (критический) и пусковой момент ЭД

$$M_n = 9.55 \frac{4000}{2900} = 13.2 \text{ Нм}$$

$$M_{\text{max}} = 2.5 M_n = 33 \text{ Нм}$$

$$M_p = 2 M_n = 26.4 \text{ Нм}$$

Выбранный АД не остановится под максимальной нагрузкой насоса

Выбранный АД запустит такой насос

$$M_{\text{max}} = 33 \text{ Нм} > M_{\text{max}} = 22.4 \text{ Нм}$$

$$M_n = 26.4 \text{ Нм} > M_{\text{max}} = M_{\text{max}}|_{\omega=0} = 22.4 \text{ Нм}$$

