



Лекция .Выбор мощности электродвигателей. Нагрев и охлаждение электродвигателя.

1. Основные положения.
2. Уравнения теплового баланса, нагрева и охлаждения электродвигателя.
3. Способы определения постоянной нагревания.
4. Факторы, определяющие мощность электродвигателей.

Основные положения.

Мощность электродвигателей выбирается, исходя из необходимости обеспечить выполнение заданной работы электропривода, при соблюдении нормального теплового режима и допустимой механической перегрузки двигателя.

Поэтому выбор мощности двигателя производится исходя из основного условия: обеспечения его номинального нагрева для конкретного режима работы.

Основные положения.

Затем мощность двигателя в зависимости от его режима работы и характера нагрузки уточняется по дополнительным условиям:

- обеспечению пуска электропривода с учетом возможного снижения напряжения;
- перегрузочной способности (обеспечение статической и динамической устойчивости ЭП);
- перегреву при затяжном пуске;
- частоте включений.

Основные положения.

Основой расчета мощности электродвигателя в любом режиме служит нагрузочная диаграмма, показывающая зависимость выбранного показателя нагрузки электродвигателя от времени:

$$M = f(t); P = f(t); I = f(t).$$

Нагрузочные диаграммы электропривода получают расчетным путем или экспериментально.

Уравнения теплового баланса, нагрева и охлаждения электродвигателя.

В тепловом отношении электрическая машина – сложный объект: она неоднородна по материалу, имеет рассредоточенные внутренние источники тепла, интенсивность которых зависит от режима, от режима работы также зависит направление тепловых потоков, теплоотдача зависит от скорости и т.п.

Уравнения теплового баланса, нагрева и охлаждения электродвигателя.

В целях упрощения решения принимают ряд допущений:

- отдельные части электрических машин однородны с бесконечно большой теплопроводностью, благодаря чему температура всех его точек одновременно достигает одинакового значения температуры;
- теплоту, отдаваемую излучением, ввиду малости не учитывают;

Уравнения теплового баланса, нагрева и охлаждения электродвигателя.

- теплоотдача электродвигателя пропорциональна первой степени превышения температуры электродвигателя над температурой окружающей среды;
- нагрузка на валу электродвигателя, потери мощности и температура окружающей среды в момент рассмотрения неизменны.

Уравнения теплового баланса, нагрева и охлаждения электродвигателя.

В электродвигателе в виде теплоты выделяется энергия $\Delta P dt$, одна часть которой $cd\tau$ будет затрачена на нагрев самого двигателя, а другая $A\tau dt$ будет отдана в окружающую среду. Таким образом справедливо равенство

$$\Delta P dt = A\tau dt + cd\tau, \text{ Дж}$$

Уравнения теплового баланса, нагрева и охлаждения электродвигателя.

Разделим переменные

$$(\Delta P - A\tau)dt = cd\tau \Rightarrow dt = \frac{c \cdot d\tau}{\Delta P - A\tau}.$$

После интегрирования получим

$$t = -\frac{c}{A} \ln(\Delta P - A\tau) + K$$

Постоянную интегрирования K получим из условия, что при $t=0$, $\tau=\tau_0$:

$$K = \frac{c}{A} \ln(\Delta P - A\tau_0).$$

Уравнения теплового баланса, нагрева и охлаждения электродвигателя.

Подставив полученное значение K в предыдущее уравнение получим

$$t = -\frac{c}{A} \ln(\Delta P - A\tau) + \frac{c}{A} \ln(\Delta P - A\tau_0) = -\frac{c}{A} \ln \frac{\Delta P - A\tau}{\Delta P - A\tau_0}.$$

Решим уравнение относительно τ :

$$-\frac{c}{A} t = \ln \frac{\Delta P - A\tau}{\Delta P - A\tau_0}.$$

Уравнения теплового баланса, нагрева и охлаждения электродвигателя.

Потенцируя левую и правую часть получим

$$e^{-\frac{A}{c}t} = \frac{\Delta P - A\tau}{\Delta P - A\tau_0}$$

Отсюда

$$(\Delta P - A\tau_0)e^{-\frac{A}{c}t} = \Delta P - A\tau; \quad (\Delta P - A\tau_0)e^{-\frac{A}{c}t} - \Delta P = -A\tau;$$

$$\tau = -\frac{\Delta P}{A}e^{-\frac{A}{c}t} + \frac{A\tau_0}{A}e^{-\frac{A}{c}t} + \frac{\Delta P}{A};$$

$$\tau = \frac{\Delta P}{A} \left(1 - e^{-\frac{A}{c}t} \right) + \tau_0 e^{-\frac{A}{c}t}.$$

Уравнения теплового баланса, нагрева и охлаждения электродвигателя.

Обозначим

$$\tau_y = \frac{\Delta P}{A} \quad \text{-установившееся превышение температуры;}$$

$$T_n = \frac{c}{A_n} \quad \text{-постоянная времени нагревания,}$$

получим

$$\tau = \tau_y \left(1 - e^{-\frac{t}{T_n}} \right) + \tau_0 e^{-\frac{t}{T_n}}.$$

Уравнения теплового баланса, нагрева и охлаждения электродвигателя.

Постоянная времени нагрева T_n характеризует скорость нагревания двигателя.

Постоянную нагревания можно представить как время, в течение которого двигатель достиг бы установившейся температуры, если бы отдача тепла в окружающую среду отсутствовала.

Уравнения теплового баланса, нагрева и охлаждения электродвигателя.

В реальных условиях при наличии теплоотдачи температура двигателя за время T_n повысится лишь до значения

$$\tau = \tau_y \left(1 - e^{-\frac{T_n}{T_n}} \right) = \tau_y (1 - e^{-1}) = 0,632 \tau_y.$$

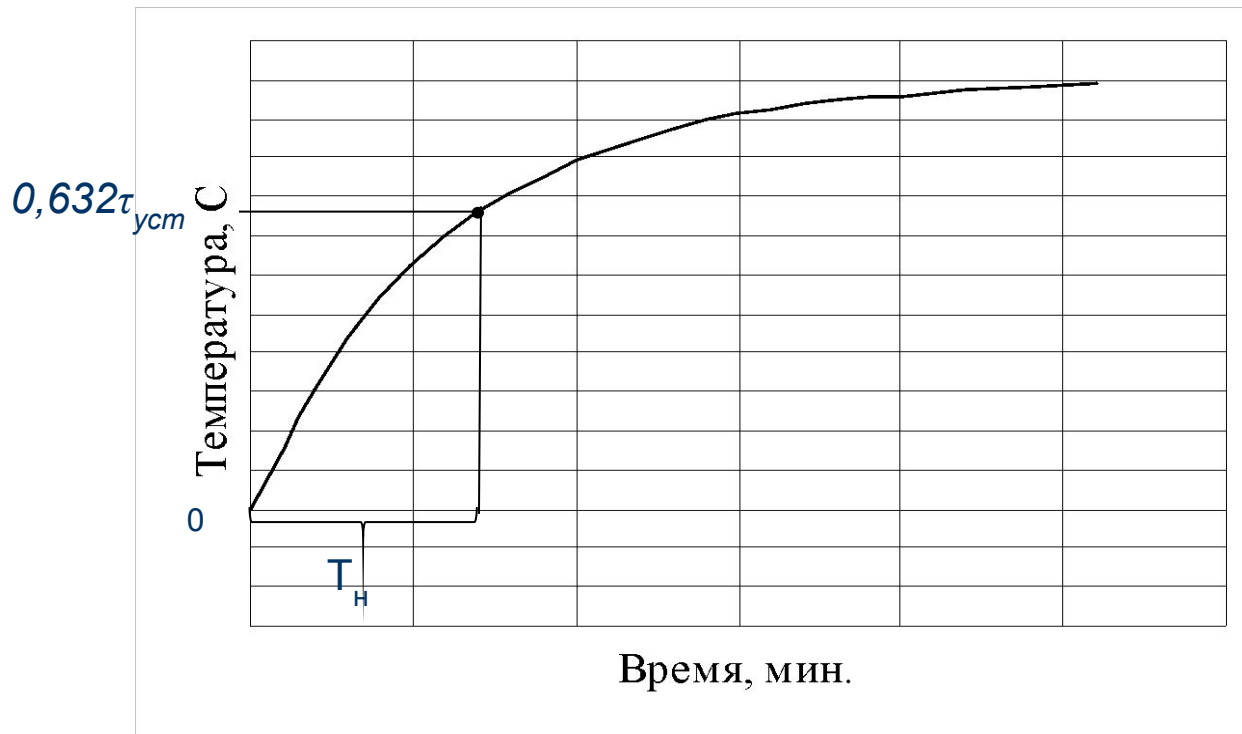
Способы определения постоянной нагрева.

Постоянная времени нагрева может быть определена следующими методами:

- по значению $T_{уст}$;
- по методу касательных;
- по методу трех температур.

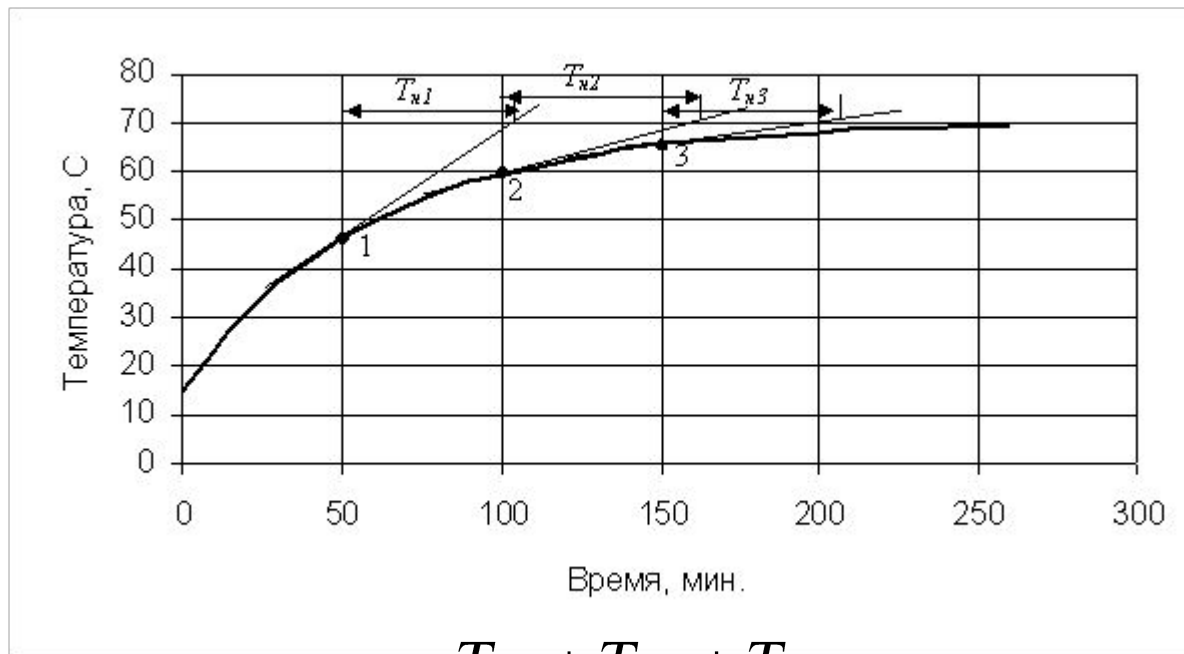
Способы определения постоянной нагрева.

По значению $\tau_{уст}$ При $t = T_H$ $\tau = 0,632 \tau_{уст}$



Способы определения постоянной нагрева.

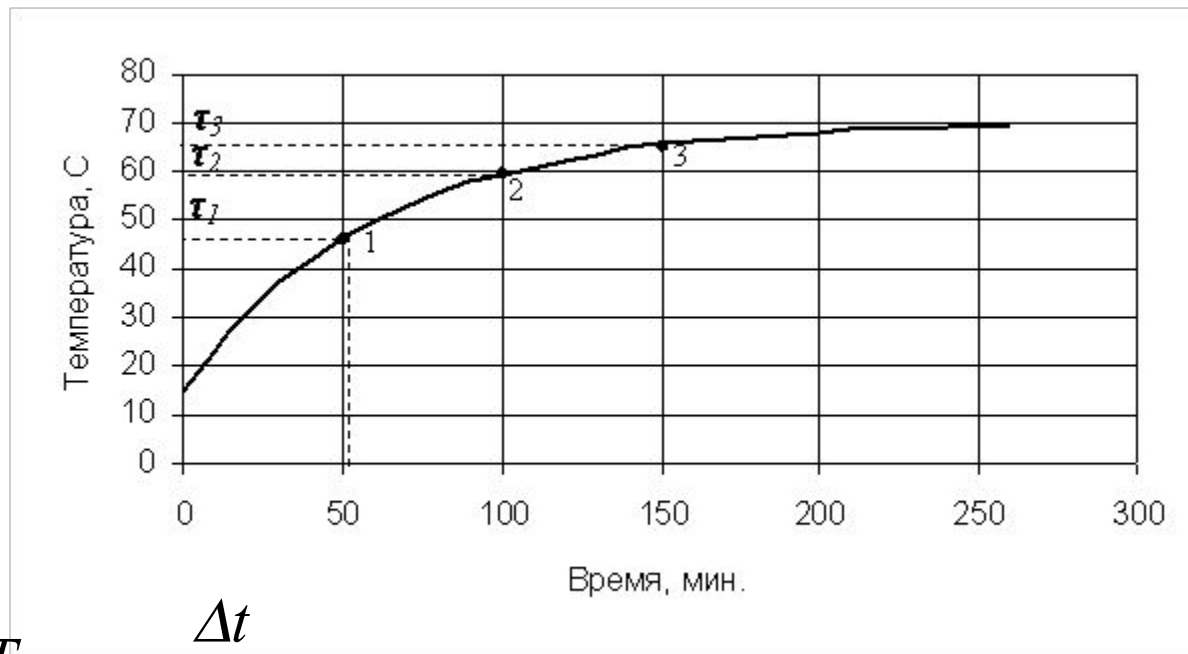
По методу касательных.



$$T_n = \frac{T_{н1} + T_{н2} + T_{н3}}{3}.$$

Способы определения постоянной нагрева.

По методу трех температур.



$$T_n = \frac{\Delta t}{\ln \frac{\tau_2 - \tau_1}{\tau_3 - \tau_2}}$$

Способы определения постоянной нагрева.

Средняя постоянная времени нагрева в минутах может быть рассчитана по соотношению

$$T_n = 6 \frac{m \tau_n \eta_n}{P_n (1 - \eta_n)}.$$

Ухудшение теплоотдачи электродвигателя в неподвижном состоянии по отношению к теплоотдаче при вращении учитывают коэффициентом β_0

$$\beta_0 = A_0 / A_n \Rightarrow T_0 = T_n / \beta_0.$$

Способы определения постоянной нагрева.

Значение коэффициента β_0 для электродвигателей различного исполнения составляет:

- закрытого с посторонней принудительной вентиляцией – 0,9...1;
- закрытого с наружным охлаждением от собственного вентилятора – 0,45...0,55;
- защищенного с самовентиляцией – 0,25...0,35.

Факторы, определяющие мощность электродвигателей.

В номинальном режиме работы потери мощности ΔP_n электродвигателя связаны с мощностью на валу P_n через КПД

$$\Delta P_n = P_n \cdot \frac{1 - \eta_n}{\eta_n (1 + \alpha)}, \quad \tau_{yn} = \Delta P_n / A_n \Rightarrow \Delta P_n = A_n \cdot \tau_{yn} \Rightarrow$$

$$P_n = A_n \cdot \tau_{yn} \cdot \eta_n \cdot (1 + \alpha) / (1 - \eta_n).$$

Факторы, определяющие мощность электродвигателей.

Основные параметры, влияющие на мощность электродвигателя по нагреву:

- теплоотдача электродвигателя при нагрузке A_n ;
- нормированное (предельно допустимое) превышение температуры, зависящее от нагревостойкости изоляции электродвигателя;
- КПД электродвигателя.

Факторы, определяющие мощность электродвигателей.

Для повышения мощности электродвигателя при сохранении его габаритов, а следовательно и расхода активных материалов необходимо:

- увеличивать теплоотдачу электродвигателя при нагрузке A_n ;
- повышать нормированное (предельно допустимое) превышение температуры, зависящее от нагревостойкости изоляции электродвигателя;
- Повышать КПД электродвигателя.

Факторы, определяющие мощность электродвигателей.

Все изоляционные материалы, идущие на изготовление электрических машин, подразделяют на 5 классов нагревостойкости: А, Е, В, F, H.

Каждый класс изоляции характеризуется предельно допустимой температурой нагрева, до которой изоляция не теряет своих диэлектрических свойств.

Факторы, определяющие мощность электродвигателей.

Номинальную нагрузку электродвигателя более рационально устанавливать по нормированному превышению температуры.

Если температура окружающей среды ниже 40°C , то нагрузку электродвигателя увеличивать не следует.

Факторы, определяющие мощность электродвигателей.

Температурная характеристика классов изоляции

Класс изоляции	A	E	B	F	H	C
Предельно допустимая температура, °C	105	120	130	155	180	180
Предельно допустимое превышение температуры, °C	60	75	80	100	125	125

Факторы, определяющие мощность электродвигателей.

Согласно известному правилу Монзингера превышение температуры обмотки статора над номинальным значением на каждые 10°C , 13°C соответственно для классов изоляции В и F сокращает срок службы изоляции в два раза.

$$\tau_n / \tau = 2^{\theta_d - \theta_n / 10}, \quad \tau_n / \tau = 2^{\theta_d - \theta_n / 13}.$$