

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ПРИВОД

Основные сведения об электроприводе
и принципах выбора
электродвигателей

Производственные машины и механизмы, как правило, приводятся в движение с помощью электрического привода, который включает в себя электрические двигатели, систему передачи и аппаратуру управления. Выбор рода тока и величины питающего напряжения приводного электродвигателя зависит от ряда факторов.

Применение электродвигателей постоянного тока в системе электрического привода обусловливается необходимостью регулирования частоты вращения производственного механизма. Они характеризуются сложной технологией изготовления, более дорогие и менее надежны в эксплуатации по сравнению с электродвигателями переменного тока.

Мощность электродвигателя должна соответствовать мощности производственного механизма, так как занижение мощности электродвигателя способствует преждевременному выходу его из строя, а завышение приводит к снижению КПД η и коэффициента мощности $\cos \varphi$, повышению стоимости и массогабаритных показателей установленного электрооборудования.

В большинстве случаев электродвигатель выбирают по нагреву и проверяют по перегрузочной способности, при этом они должны иметь достаточный пусковой момент $M_{\text{пуск}}$ для обеспечения нормального пуска.

При длительном режиме работы электродвигателя и неизменной нагрузке (рис. 10.1, а) превышение температуры двигателя над температурой окружающей среды определяется уравнением:

$$\tau = \tau_y \left(1 - e^{-t/T_H} \right),$$

где τ_y - установившаяся температура электродвигателя, °С; t — текущее время, с; T_H — постоянная времени нагрева, с.

При длительном режиме ($t = \infty$) значение установившейся температуры электродвигателя: $\tau = \tau_y = Q/A$,

где Q — количество теплоты, выделяемой электродвигателем в единицу времени, Дж/с;
 A — теплоотдача электродвигателя, Дж/с • град.

Постоянная времени нагрева электродвигателя определяется отношением: $T_H = C/A$ его теплоемкость, т.е. количество теплоты, необходимой для повышения температуры двигателя на 1°C .

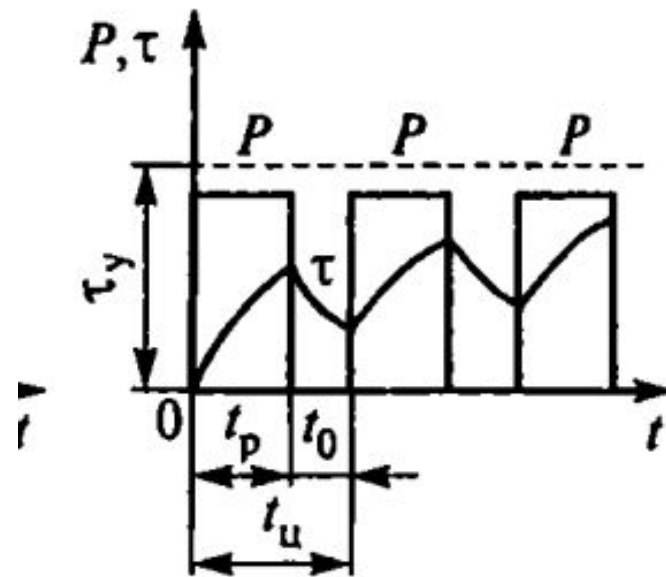
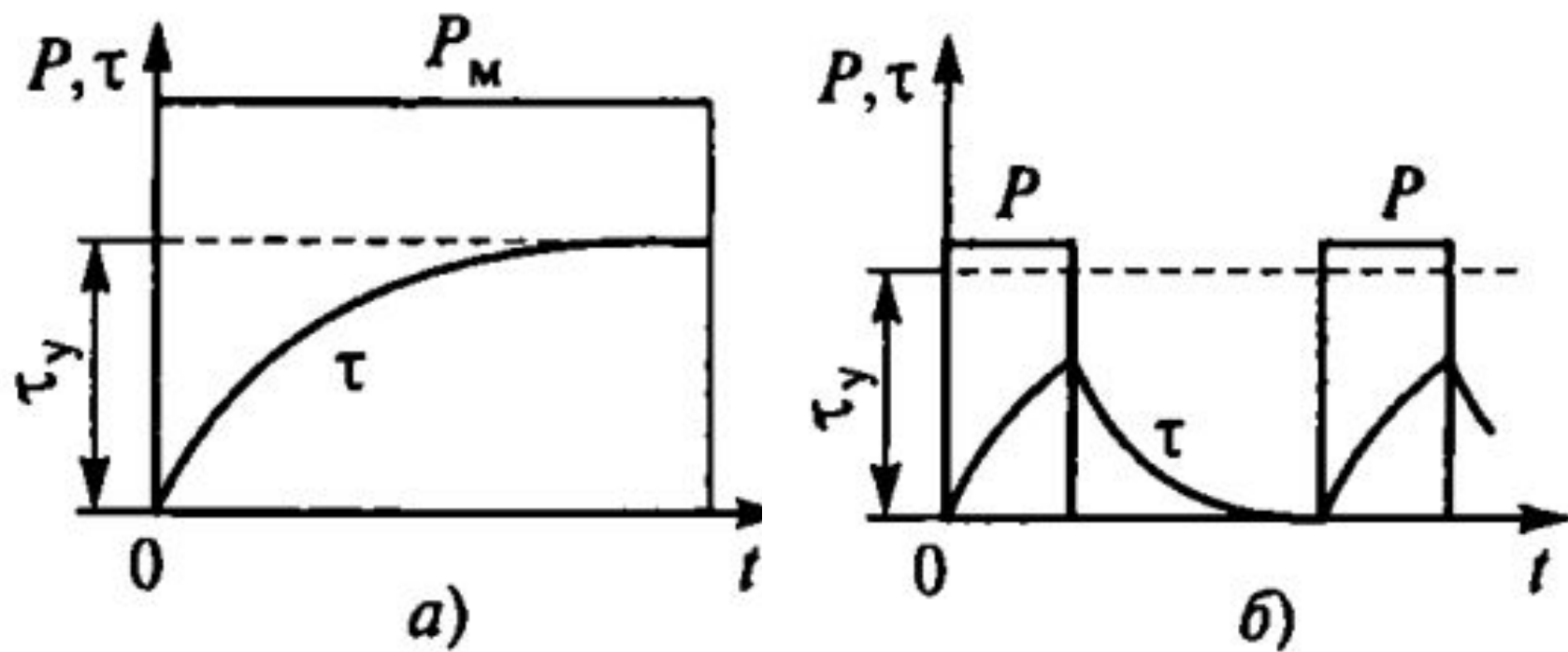


Рис. 10.1

Для производственных механизмов, предназначенных для работы в длительном неизменном режиме, мощность электродвигателя выбирают по каталогу исходя из значения мощности, необходимой для приведения в движение механизма при данной частоте его вращения n_M . При этом должно удовлетворяться условие $P_{ном} \geq P_M$, где $P_{ном}$ и P_M — номинальная мощность электродвигателя и расчетная мощность механизма.

В данном случае нет необходимости проверки электродвигателя по нагреву, так как при номинальной нагрузке нагрев его всегда находится в допустимых для данного класса используемой изоляции пределах. При этом, поскольку режим работы длительный с неизменной нагрузкой, выбранный электродвигатель на перегрузочную способность по максимальному моменту также не проверяется.

При длительной переменной нагрузке выбор мощности электродвигателя может быть произведен по методу эквивалентного тока, который основан на замене действительного, изменяющегося во времени по величине действующего значения тока, потребляемого электродвигателем, эквивалентным током, при котором потери мощности при этой нагрузке соответствуют средним потерям в нем при переменном режиме работы.

Исходя из этого, эквивалентное (среднеквадратичное) значение тока, потребляемого электродвигателем при переменном режиме работы, определяют по формуле:

$$I_{\text{эк}} = \sqrt{\frac{I_{\text{пуск}}^2 t_{\text{пуск}} + I_1^2 t_1 + I_2^2 + \dots + I_T^2 t_T}{K_1 (t_{\text{пуск}} + t_T) + t_1 + t_2 + \dots + K_2 t_0}}$$

где I_1, I_2 и т. д. — значения токов электродвигателя в промежутки времени t_1, t_2 и т.д., соответствующие участкам графика с неизменной нагрузкой; $I_{\text{пуск}}, I_T$ средние значения тока электродвигателя соответственно во время пуска и торможения; K_1 - коэффициент, учитывающий уменьшение теплоотдачи электродвигателя при пуске и торможении

(принимается равным 0,75 для двигателей постоянного тока и 0,5 — для асинхронных двигателей); K_2 — коэффициент, учитывающий уменьшение теплоотдачи электродвигателя во время паузы (принимается равным 0,5 для двигателей постоянного тока и 0,25 для асинхронных двигателей).

По значению эквивалентного тока выбирают по каталогу соответствующий электродвигатель исходя из условия, что $I_{\text{ном}} \geq I_{\text{эк}}$, где $I_{\text{ном}}$ - номинальный ток двигателя. Выбранный таким образом электродвигатель удовлетворяет условиям допустимого нагрева, так как двигатели для продолжительного режима работы имеют номинальную мощность, указываемую в каталоге, без ограничения времени его работы.

Далее электродвигатель проверяют по перегрузочной способности исходя из условия: $\lambda \geq I_M / I_{\text{ном}}$, где $I_{\text{ном}}$ - наибольший ток рабочего промежутка времени, который находят исходя из диаграммы нагрузки двигателя. Если выбранный по условиям нагрева электродвигатель не удовлетворяет условиям перегрузки, то следует выбирать по каталогу двигатель большей мощности, с тем чтобы он проходил и по перегрузочной способности.

Требуемую мощность электродвигателя (на основании нагрузочной диаграммы при длительной переменной нагрузке, заданной в виде графика эквивалентного момента в функции времени) определяют по формуле:

$$M_{\text{ЭК}} =$$

$$= \sqrt{\frac{M_{\text{пуск}}^2 t_{\text{пуск}} + M_1^2 t_1 + M_2^2 t_2 + \dots + M_T^2 t_T}{K_1 (t_{\text{пуск}} + t_T) + t_1 + t_2 + \dots + K_2 t_0}}$$

где $M_{\text{пуск}}, M_T, M_1, M_2$ - текущие значения момента нагрузки на валу двигателя в соответствующие промежутки времени. При исключении учета влияния ухудшения условий охлаждения при пуске, торможении и остановках на нагрев двигателя эквивалентный момент находят по упрощенной формуле, считая $(t_{\text{пуск}} + t_T) = 0$.

.

Номинальная мощность
электродвигателя определяется по
значению эквивалентного момента по
формуле: $P_{\text{ном}} = M_{\text{эк}} n_{\text{ном}} / 9550$, где $n_{\text{ном}}$ -
номинальная частота вращения двигателя.

Проверку электродвигателя по условиям
допустимой перегрузки производят исходя
из условия: $M_{\text{max}} / M_{\text{ном}} \geq \lambda_M$ где λ_M -
кратность максимального момента
соответствующего электродвигателя по
каталогу; M_{max} - максимальный момент
двигателя.

Электродвигатель проверяется также по достаточности развиваемого им пускового момента из условия: $M_{\text{пуск}}/M_{\text{ном}} \leq \lambda_{\text{пуск}}$, где $\lambda_{\text{пуск}}$ - кратность пускового момента двигателя по каталогу; $M_{\text{пуск}}$ - пусковой момент электродвигателя. Если выбранный электродвигатель не удовлетворяет условиям перегрузки или пуска, необходимо выбрать другой электродвигатель - большей мощности.

В ряде случаев вместо метода эквивалентного момента при определении мощности электродвигателя используется метод эквивалентной мощности $P_{эк}$, который возможен при наличии соответствующей нагрузочной диаграммы механизма, в предположении постоянства КПД η и коэффициента мощности $\cos \varphi$ двигателя.

Эквивалентная мощность электродвигателя при этом определяется по формуле, аналогичной формуле для эквивалентного момента $M_{\text{эк}}$:

$$P_{\text{эк}} = \sqrt{\frac{P_{\text{пуск}}^2 t_{\text{пуск}} + P_1^2 t_1 + P_2^2 t_2 + \dots + P_T^2 t_T}{K_1 (t_{\text{пуск}} + t_T) + t_1 + t_2 + \dots + K_2 t_2}}$$

Без учета влияния пуска, торможения и работы без нагрузки формула соответственно упрощается. По расчетной величине эквивалентной мощности по каталогу выбирают электродвигатель исходя из условия: $P_{\text{ном}} \geq P_{\text{эк}}$.

Электродвигатель проверяется также на перегрузочную способность и по пусковому моменту $M_{\text{пуск}}$ в соответствии с приведенными выше формулами.

При кратковременном режиме за время работы температура электродвигателя не успевает достигнуть установившегося значения, а время паузы достаточно велико, так что за это время электродвигатель успевает охладиться до температуры окружающей среды (рис. 10.1, б). Промышленность изготавливает электродвигатели для кратковременного режима работы стандартной длительности 15, 30 и 60 мин.

При кратковременном режиме работы с постоянной неизменной одноступенчатой нагрузочной диаграммой выбор мощности электродвигателя производится по значению мощности при кратковременном режиме работы и заданном времени работы в этом режиме по каталогу. При этом выбирают двигатель одинаковой или ближайший большей мощности для заданного времени работы.

При ступенчатом кратковременном графике нагрузки механизма определяют эквивалентные мощность, ток или момент нагрузки. Затем по соответствующему эквивалентному их значению для заданной номинальной частоты вращения и длительности работы электродвигателя по каталогу выбирают мощность электродвигателя. При этом во всех случаях должно удовлетворяться условие:

$$P_{\text{ЭК}} \leq P_{\text{НОМ}}; M_{\text{ЭК}} \leq M_{\text{НОМ}}; I_{\text{ЭК}} \leq I_{\text{НОМ}}.$$

Повторно-кратковременный режим характеризуется чередованием рабочего периода и периодов пауз (рис. 10.1, в). При этом режиме работы за время t_p работы электродвигатель не успевает нагреться до установившейся температуры, а за время t_Q паузы не успевает охладиться до температуры окружающей среды.

Повторно-кратковременный режим работы характеризуется относительной продолжительностью включения:

$$ПВ = \frac{t_p}{T_{ц}} = \frac{t_p}{t_p + t_0} 100\%,$$

где $T_{ц} = t_p + t_0$ - длительность цикла.

Для использования в повторно-кратковременном режиме работы промышленностью изготавливаются специальные электродвигатели на нормированные продолжительности включения $ПВ_{ном}$: 15, 25, 40, 60 и 100%.

При этом время цикла $T_{\text{ц}}$ в повторно-кратковременном режиме работы двигателя не должно превышать 10 мин.

Выбор мощности электродвигателя при заданной нагрузочной диаграмме может быть произведен по методам эквивалентного тока, момента или мощности.

При этом, если фактическая продолжительность включения ПВ при заданном графике нагрузки отличается от нормированной продолжительности включения $PV_{ном}$ электродвигателя, то фактический эквивалентный ток $I_{эк}$, эквивалентный момент $M_{эк}$ или эквивалентную мощность $P_{эк}$ пересчитывают на ближайшую большую или меньшую нормированную продолжительность включения $PV_{ном}$ по соответствующим формулам:

$$I'_{\text{ЭК}} = I_{\text{ЭК}} \sqrt{\frac{\text{ПВ}}{\text{ПВ}_{\text{НОМ}}}}; M'_{\text{ЭК}} = M_{\text{ЭК}} \sqrt{\frac{\text{ПВ}}{\text{ПВ}_{\text{НОМ}}}};$$

$$P'_{\text{ЭК}} = P_{\text{ЭК}} \sqrt{\frac{\text{ПВ}}{\text{ПВ}_{\text{НОМ}}}},$$

Где $I'_{\text{ЭК}}$, $M'_{\text{ЭК}}$, $P'_{\text{ЭК}}$ - соответственно эквивалентный ток, эквивалентный момент, эквивалентная мощность при данном графике нагрузки, пересчитанные на $\text{ПВ}_{\text{НОМ}}$.

По этим значениям определяется, как указано выше, мощность электродвигателя производственного механизма. При этом также должны выполняться условия:

$$I'_{\text{ЭК}} \leq I_{\text{НОМ}}, \quad M'_{\text{ЭК}} \leq M_{\text{НОМ}}, \quad P'_{\text{ЭК}} \leq P_{\text{НОМ}},$$

где $I_{\text{НОМ}}$, $M_{\text{НОМ}}$, $P_{\text{НОМ}}$ - соответственно номинальный ток, номинальный момент и номинальная мощность электродвигателя по каталогу при данной нормированной продолжительности включения $PВ_{\text{НОМ}}$.