

ЭЛЕКТРОПРИВОД

Проектирование ЭП

Проектирование ЭП

Выбор силовых преобразователей. Основой для выбора силовых преобразователей для регулируемых электроприводов являются тип и данные применяемого двигателя и условия работы преобразователя. Выбор осуществляется по следующим показателям и параметрам преобразователей:

- уровень и частота напряжения питающей сети;
- величина номинальной мощности или тока двигателя;
- число фаз двигателя;
- диапазон регулирования выходного напряжения и (или) частоты;
- возможность реверса и торможения двигателя;
- режим работы электропривода ($S1$, $S2$, $S3$);
- допустимая перегрузка преобразователя по току;
- наличие требуемых защит и сигнализации;
- наличие средств диагностики;
- климатическое исполнение и категория размещения;
- степень защиты IP;

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭП

В качестве дополнительных факторов при выборе преобразователей могут учитываться КПД, массогабаритные и стоимостные показатели, показатели надежности (наработка на отказ, средний срок службы, среднее время восстановления и т.д.), уровень создаваемых помех. При учете этих факторов целесообразно использовать интегральные показатели качества и весовые коэффициенты (коэффициенты значимости) отдельных показателей преобразователей.

Полупроводниковые пусковые устройства для двигателя выбираются по тем же показателям, что и преобразователи. Дополнительно к ним должны учитываться:

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭП

реверсивный или нереверсивный характер работы двигателя;
способ ограничения пускового тока (целесообразный характер изменения напряжения при пуске, определяемый видом механической нагрузки двигателя);

необходимость электрического торможения двигателя;
способ подачи сигнала управления на пускатель — электро-механический контакт (кнопка, ключ управления) или потенциальный сигнал управления (напряженческий или токовый);

износостойкость пускателя;
допустимая частота включений.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭП

Выбор электрических аппаратов. К силовым электрическим аппаратам относятся автоматические выключатели, контакторы и магнитные пускатели. Выбор производится по следующим показателям и параметрам:

- коммутируемые аппаратом токи и мощности двигателя;
- напряжение двигателя;
- число коммутируемых цепей;
- напряжение и токи цепей управления;
- напряжение катушки аппарата;
- режим работы аппарата — кратковременный, длительный, повторно-кратковременный;
- условия работы аппарата — температура, влажность, давление, наличие вибрации и др.;

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭП

- способы монтажа аппарата;
- экономические и массогабаритные показатели;
- удобство сопряжения и электромагнитной совместимости с другими устройствами и аппаратами;
- стойкость к электрическим, механическим и термическим перегрузкам;
- климатическое исполнение и категории размещения;
- степень защиты IP;
- требования техники безопасности;
- высота над уровнем моря.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭП

Способность электрического аппарата к перегрузкам определяется его предельной коммутационной способностью, электродинамической и термической стойкостью.

Предельной коммутационной способностью электрического аппарата называют максимальное значение тока короткого замыкания, которое он способен отключить несколько раз, оставаясь исправным.

Электродинамическая стойкость характеризуется амплитудой ударного тока короткого замыкания, который способен пропустить аппарат без своего повреждения.

Термическая стойкость характеризуется допустимым количеством тепла, которое может быть выделено в аппарате за время действия тока короткого замыкания.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭП

Для определения соответствия этих параметров электрических аппаратов условиям работы электроустановки должны быть предварительно определены токи короткого замыкания.

Автоматические выключатели рекомендуется применять в ответственных установках при необходимости быстрого восстановления напряжения питания, дистанционного управления и комплексной защиты, в асинхронных электроприводах для предотвращения однофазного режима работы двигателей. Их использование целесообразно также в электроприводах с малой частотой включения, где они обеспечивают включение и защиту двигателя и могут применяться вместо магнитных пускателей.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭП

Автоматические выключатели выбираются по номинальным току и напряжению, роду тока, предельной коммутационной способности, электродинамической и термической стойкости, собственному времени отключения. Все параметры автоматов должны соответствовать их работе как в обычном, так и аварийном режимах, а конструктивное исполнение — условиям размещения.

Номинальный ток автомата должен быть не ниже тока продолжительного режима установки, а сам аппарат не должен отключаться при предусмотренных технологических перегрузках.

Проверка выбираемого автомата по условию защиты электроустановки от токов короткого замыкания состоит в сопоставлении тока короткого замыкания в установке с предельной коммутационной способностью автомата, которая должна быть выше этого тока.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭП

Защита установки от перегрузок по току будет обеспечена, если номинальный ток автомата с тепловым расцепителем будет равен или несколько больше номинального тока защищаемого объекта.

Уставка тепловой и максимальной защит электродвигателей должна соответствовать уровням соответствующих токов двигателя. Максимальная токовая защита не должна срабатывать при пу-

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭП

ске двигателя, для чего ее уставка $I_{уст\ max}$ выбирается по соотношению

$$I_{уст\ max} \geq k_n I_{пуск}, \quad (10.35)$$

где k_n — коэффициент, учитывающий вид расцепителя и возможный разброс тока его срабатывания относительно уставки, $k_n = 1,5 \dots 2,2$; $I_{пуск}$ — пусковой ток двигателя.

Защита от перегрузки (тепловая защита) считается эффективной при следующем соотношении ее тока уставки $I_{уст}$ и номинального тока двигателя:

$$I_{уст} = (1,2 \dots 1,4) I_{ном}. \quad (10.36)$$

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭП

К числу показателей, по которым выбираются контакторы и магнитные пускатели, относятся характер и величина напряжений главной цепи и цепи управления (включающих катушек); коммутационная способность контактов и их количество, допустимая частота включений; режим работы; категория размещения; степень защиты от воздействия окружающей среды.

Выключатели и переключатели выбираются по роду и величине напряжения, току нагрузки, количеству переключений, которое они допускают по условиям механической и электрической износостойкости, а также конструктивному исполнению.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭП

Выбор механической передачи. Механическая передача служит для согласования движения вала двигателя и исполнительного органа рабочей машины. Основными показателями при ее выборе являются передаточное число или радиус приведения и требуемая характеристика преобразования движения. По характеристике преобразования движения различают следующие виды механических передач:

- механические передачи для преобразования вращательного движения вала двигателя во вращательное движение исполнительного органа рабочей машины. К таким передачам относятся все виды редукторов, ременные и цепные передачи и вариаторы;
- механические передачи для преобразования вращательного движения вала двигателя в поступательное движение исполнительного органа рабочей машины. К таким передачам относятся передачи «винт—гайка», реечные передачи и кривошипно-шатунные механизмы.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭП

За счет выбора передаточного числа (радиуса приведения) механической передачи могут быть оптимизированы определенные показатели работы электропривода.

Одна из типовых задач такого рода связана с обеспечением минимального времени пуска или торможения двигателя, т.е. с получением максимального быстродействия электропривода. Это достигается за счет оптимизации передаточного числа редуктора, которому будет соответствовать минимальный запас кинетической энергии и тем самым минимальные потери энергии в переходных процессах. Покажем эту связь и найдем оптимальное передаточное число редуктора.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭП

Допустим, что моменты двигателя и нагрузки в переходных процессах постоянны. Тогда, относя потери в механической передаче к моменту нагрузки и используя основное уравнение движения, можно для времени переходного процесса $t_{п.п}$ записать

$$t_{п.п} = J_{\Sigma} \omega_c / (M_d \pm M_c) = (\beta J_d + J_{ИО} / i^2) / (M_d \pm M_{ИО} / i), \quad (10.37)$$

где M_d , $M_{ИО}$, M_c — моменты двигателя, исполнительного органа и нагрузки на валу двигателя; J_d , $J_{ИО}$ — моменты инерции двигателя и исполнительного органа; β — коэффициент, учитывающий момент инерции элементов редуктора; i — передаточное число редуктора. Знак «минус» в этой формуле соответствует пуску двигателя, знак «+» — его торможению.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭП

Заменяя в выражении (10.37) передаточное число отношением скоростей двигателя и исполнительного органа на $i = \omega_c / \omega_{ио}$, получаем после преобразований

$$\begin{aligned} t_{п.п} &= (\beta J_d \omega_c^2 + J_{ио} \omega_{ио}^2) / (M_d \omega_c \pm M_{ио} \omega_{ио}) = \\ &= 2(\beta W_d + W_{ио}) / (P_d + P_{ио}), \end{aligned} \quad (10.38)$$

где W_d , $W_{ио}$ — запасы кинетической энергии двигателя и исполнительного органа при скорости ω_c , $W_d = J_d \omega_c^2 / 2$, $W_{ио} = J_{ио} \omega_{ио}^2 / 2$; P_d , $P_{ио}$ — мощности двигателя и нагрузки.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭП

Из формулы (10.38) следует, что минимальному времени переходного процесса соответствует минимальный запас кинетической энергии в электроприводе и исполнительном органе рабочей машины и тем самым минимальные потери энергии в динамических режимах.

Найдем оптимальное передаточное число редуктора для случая пуска двигателя (знак «минус» в формулах), при котором время пуска и, следовательно, потери энергии будут минимальными. Для этого находим производную $dt_{п.п}/di$ и приравниваем ее нулю. После преобразований получаем следующее выражение:

$$i_{\text{опт}} = M_{\text{ио}}/M_{\text{д}} + \sqrt{(M_{\text{ио}}/M_{\text{д}})^2 + J_{\text{ио}}/(\beta J_{\text{д}})}. \quad (10.39)$$

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭП

В табл. 10.1 в качестве примера приведены рассчитанные по формуле (10.39) значения $i_{\text{опт}}$ для случая $M_{\text{ИО}}/M_{\text{д}} = 0,5$ и различных отношениях $J_{\text{ИО}}/(\beta J_{\text{д}})$ при $\beta = 1$.

Таблица 10.1

Значения оптимального КПД редуктора

$J_{\text{ИО}}/J_{\text{д}}$	0,1	0,5	1	5	10	50	100
$i_{\text{опт}}$	1,09	1,37	1,62	2,79	3,7	7,59	10,5

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭП

Важно отметить, что найденное оптимальное передаточное число, кроме обеспечения минимальных времени и потерь энергии в переходных процессах, должно обеспечить также и необходимую рабочую скорость исполнительного органа рабочей машины.

Далее приведены ориентировочные значения КПД ряда механических передач при их номинальной нагрузке.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭП

Цилиндрическая передача:

со шлифованными прямыми зубьями	0,99
нарезными прямыми зубьями	0,98
необработанными прямыми зубьями	0,96
косыми зубьями	0,975
шевронными зубьями	0,985

Коническая зубчатая передача

	0,975
--	-------

Червячная передача

	0,6 ... 0,8
--	-------------

Ременная передача

	0,94 ... 0,96
--	---------------

Клиноременная передача

	0,8 ... 0,98
--	--------------

Цепная передача

	0,98
--	------

Фрикционная передача

	0,7 ... 0,8
--	-------------

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭП

Цапфы опор:

плохая смазка	0,94
хорошая смазка	0,97
кольцевая смазка	0,98
шариковый подшипник	0,99
Блоки	0,96... 0,97
Полиспасты	0,92... 0,98
Барабан цепной	0,97

