



# ЧТО СЛЕДУЕТ УЧИТЫВАТЬ ПРИ ВЫБОРЕ АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ

ЧАРЛИ МЕДИНГЕР (CHARLIE MEDINGER)  
ПЕРЕВОД: ВЛАДИМИР РЕНТЮК

При выборе асинхронного электродвигателя переменного тока необходимо обращать внимание не только на его номинальное напряжение питания и мощность, но и на конструктивное исполнение, а также условия конкретного применения. Если же планируется использовать частотно-регулируемый электропривод<sup>1</sup>, то требуется учесть еще два критически важных момента, о которых тоже пойдет речь в предлагаемой статье<sup>2</sup>.

При выборе асинхронных электродвигателей переменного тока<sup>3</sup> часто не учитываются требования к конструкции, которые связаны с их применением в составе того или иного оборудования. Также обычно имеет место подход, основанный на универсальности электродвигателя, и тогда выбор зависит только от его напряжения, мощности и скорости вращения ротора. Тем не менее есть еще целый ряд дополнительных аспектов для рассмотрения, таких как диапазон напряжения питания, сохранение номинальной мощности при изменении скорости вращения и область применения. Все это в итоге сводится к решению следующих вопросов: какова цель применения электродвигателя, как сделать все быстрее и эффективнее?

## БАЗОВЫЕ ПРИНЦИПЫ ВЫБОРА ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ

Отправными точками выбора асинхронного двигателя являются напряжение питания обмоток статора, создающего магнитное поле, а также номинальная мощность и скорость вращения ротора, которые соответствуют требованиям конкретного применения. Еще один, не менее важный момент — это необходимый вариант установки двигателя в приводе. Должен ли двигатель иметь крепление на основании, или он будет помещен на фланец на конце привода, или же должен предоставлять обе возможности? Кроме того, необходимо учитывать характеристики окружающей среды, в которой будет эксплуатироваться двигатель. При этом для выбора двигателя необходимо знать, потре-

буется ли ему работать под дождем и имеется ли вообще риск попадания на него воды, а также оценить уровень загрязнения и наличия пыли. Для эксплуатации в жестких условиях хорошо подходят электродвигатели закрытого типа с вентиляторным охлаждением (англ. totally enclosed fan cooled, TEFC) или электродвигатели закрытого типа без охлаждения (англ. totally enclosed non-vented, TENV). Если среда, в которой будет использоваться двигатель, не загрязнена и он будет эксплуатироваться без риска попадания на него воды, то в этом случае может быть достаточно применения каплезащищенного электродвигателя открытого исполнения (англ. open drip proof, ODP).

## ВЫБОР ИНВЕРТОРА

Благодаря усилиям лоббистов местных энергетических компаний в сочетании с преимуществами, получаемыми при возможности регулирования скорости вращения ротора двигателей, все более распространенными становятся частотно-регулируемые приводы (ЧРП, англ. variable frequency drive, VFD)<sup>4</sup>. При их использовании особое внимание следует уделять генерации электромагнитных помех, которая харак-

<sup>1</sup> Электропривод, или привод — это электромеханическая система, в состав которой входят электрические, механические и электронные узлы. Электропривод состоит из электрического двигателя, электронного преобразователя электрической энергии и системы автоматического управления. — Прим. пер.

<sup>2</sup> В данной статье используются единицы измерения и методология, принятые в США. — Прим. пер.

<sup>3</sup> Асинхронный двигатель — это электрическая машина переменного тока, частота вращения ротора которой не равна частоте вращения магнитного поля, создаваемого током обмотки статора (в двигательном режиме меньше). Принцип действия асинхронного двигателя заключается в том, что ток в обмотках статора создает вращающееся магнитное поле. Это поле наводит в роторе ток, который взаимодействует с магнитным полем таким образом, что ротор начинает вращаться в ту же сторону, что и магнитное поле. Частота вращения ротора всегда немного меньше частоты вращения магнитного поля, поскольку при равенстве скоростей поле перестанет наводить в роторе ток, и на ротор прекратит действовать сила. — Прим. пер.

<sup>4</sup> Частотно-регулируемый привод (электропривод) — это система управления частотой вращения ротором асинхронного (или синхронного) электродвигателя. Она сначала преобразует переменный ток промышленной частоты в постоянный, а затем инвертор (преобразователь, чаще всего с широтно-импульсной модуляцией), преобразует постоянный ток в переменный — требуемой частоты, амплитуды и формы. Название «регулируемый частотный привод» обусловлено тем, что регулирование скорости вращения ротора двигателя осуществляется путем изменения частоты напряжения, подаваемого на двигатель от преобразователя. — Прим. пер.

терна для таких приводов исходя из самой их природы. Для того чтобы электродвигатель мог использоваться с ЧРП, необходимо учитывать несколько технических особенностей, которым должен удовлетворять подходящий по остальным характеристикам электродвигатель. Среди них можно выделить две главные:

- Максимально допустимое напряжение изоляции обмоточных проводов статора электродвигателя.

Электрическая прочность изоляции провода, из которого выполнена обмотка статора асинхронного электродвигателя, находится в пределах 1000–1600 В, но, как правило, в документации указывается значение прочности изоляции, равное 1200 В. Однако чем больше воздушный зазор между приводом и двигателем, тем, естественно, большим скачкам переходного напряжения, воздействующим на двигатель, он может противостоять. Электродвигатель, в котором для обмотки статора используется провод с электрической прочностью изоляции провода, равной 1600 В, может иметь ссылку на стандарт Национальной ассоциации производителей электрооборудования (NEMA, США) NEMA MG-1 2003, раздел 4, параграф 31, в котором говорится, что двигатель должен выдерживать без повреждений начальное напряжение коронного разряда (англ. corona inception voltage, CIV) уровнем до 1600 В.

- Коэффициент сохранения постоянного крутящего момента (СТ) двигателя, часто упоминается как «хх: 1 СТ».

Этот показатель дает представление о диапазоне регулирования скорости. По нему можно узнать, насколько может быть снижена скорость вращения ротора двигателя, при которой он будет работать с сохранением того же крутящего момента (англ. СТ — constant torque, постоянный крутящий момент), что и при номинальной скорости. Ниже этого значения крутящего момента производительность асинхронного электродвигателя снижается.

Например, возьмем электродвигатель мощностью 10 л. с. с начальной скоростью 1800 об/мин. При номинальной скорости (около 1800 об/мин), как указано, он имеет крутящий момент 29 фунтов на фут. Если в спецификации на электродвигатель написано, что коэффициент сохране-

ния номинальной мощности составляет 10:1 СТ, это означает, что такой электродвигатель может обеспечить номинальный крутящий момент до скорости 180 об/мин. Если же указано, что электродвигатель имеет коэффициент сохранения номинальной мощности 1000:1 СТ, то имеется в виду, что крутящий момент сможет сохранять номинальное значение до скорости 1,8 об/мин.

При этом необходимо учитывать еще один нюанс, который связан с охлаждением электродвигателя. Нужно обязательно уточнить у поставщика, будет ли электродвигатель перегреваться при длительной работе на малых оборотах. Дело в том, что если двигатель охлаждается за счет крыльчатки, закрепленной на его валу, то на малых скоростях вы столкнетесь с низкой скоростью охлаждающего двигателя потока воздуха. Если асинхронный электродвигатель работает на низкой скорости и в течение длительного времени используется с большим крутящим моментом, то он будет выделять много тепла — при таких условиях, возможно, придется остановить свой выбор на двигателе с иным методом охлаждения.

Например, для организации принудительного охлаждения можно применить воздухоподогревающее устройство, имеющее собственный, отдельно управляемый двигатель. Производительность такого устройства не связана с системой управления электропривода. В этом случае воздушный поток, который обдувает мощный электродвигатель, будет постоянным и достаточным для его охлаждения при низкой или даже при нулевой скорости.

### СВЯЗЬ МОЩНОСТИ И КРУТЯЩЕГО МОМЕНТА

При выборе асинхронного электродвигателя еще одним важным аспектом является номинальная, или основная, скорость двигателя. Обычно используются двухполюсные (3600 об/мин<sup>3</sup>) и четырехполюсные (1800 об/мин) электродвигатели. Однако имеются и коммерчески доступные 6-, 8- и 12-полюсные асинхронные электродвигатели со скоростью вращения ротора 1200, 900 и 600 об/мин соответственно. Номинальная скорость асинхронного электродвигателя напрямую связана с числом полюсов, которые такой двигатель конструктивно содержит

**ТАБЛИЦА. СВЯЗЬ МЕЖДУ ЧИСЛОМ ПОЛЮСОВ, СКОРОСТЬЮ (ОБ/МИН) И КРУТЯЩИМ МОМЕНТОМ АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ**

Число полюсов, N	Скорость, об/мин	Крутящий момент, л. с. / фут-фунт
2	3600	1,46
4	1800	2,92
6	1200	4,38
8	900	5,84
10	720	7,29
12	600	8,75

**Примечание.** Как правило, увеличение числа полюсов приводит к увеличению габаритов, а следовательно, и к повышению стоимости привода на основе асинхронного электродвигателя

(табл.), и определяется по следующей формуле:

$$\text{Об/мин} = (120 \times \text{частота}) / N \text{ (число полюсов)}$$

В качестве примечания необходимо отметить, что, хотя прямой связи здесь нет, но, как правило, с увеличением количества полюсов возрастают и размеры, а также стоимость электропривода.

Кроме того, пользователям электроприводов, в зависимости от области применения данных устройств, может понадобиться обеспечить необходимый крутящий момент путем изменения скорости. В целом по мере увеличения скорости двигателя крутящий момент уменьшается, что также относится к редукторам и цепным приводам. Это соотношение объясняется следующим уравнением:

$$\begin{aligned} \text{мощность (л. с.)} &= \\ &= (\text{крутящий момент} \times \\ &\times \text{номинальная скорость}) / 5252 \end{aligned}$$

Крутящий момент, в соответствии с заданной целью, может быть достигнут путем выбора электродвигателя с необходимой мощностью и номинальной скоростью и реализован через любую цепную, ремennую передачу или редуктор. Такой подход снижает стоимость привода, его габаритные размеры и время, уходящее на замену его подвижных заменяемых частей в ходе выполнения ремонта или технического обслуживания. ●

<sup>3</sup> Здесь и далее для частоты промышленной сети 60 Гц, принятой в США. — Прим. пер.