

ЭЛЕКТРОПРИВОД С ПАРАМЕТРИЧЕСКИМ РЕГУЛИРОВАНИЕМ ЧАСТОТЫ ВРАЩЕНИЯ СПЕЦИАЛЬНОГО КОРОТКОЗАМКНУТОГО АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ

Одним из наиболее простых и надежных способов регулирования частоты вращения асинхронных электродвигателей является параметрическое регулирование, при котором в качестве регулятора частоты вращения электродвигателя может быть использован ведомый сетью тиристорный фазоуправляемый преобразователь напряжения [1].

К существенным преимуществам такого рода преобразователей по сравнению, например, с широко применяемыми в промышленности преобразователями частоты можно отнести:

- 1) отсутствие контуров сквозного короткого замыкания, которые могут иметь место у преобразователей частоты при срыве коммутации вентилей;
- 2) наличие облегченной естественной коммутации вентилей непосредственно сетью;
- 3) относительно небольшие весогабаритные характеристики преобразователя, которые могут не превышать весогабаритных характеристик электродвигателя.

Если сравнивать тиристорный преобразователь частоты и асинхронный электродвигатель с короткозамкнутым ротором соответствующей мощности, то вес первого больше в 2,12, а объем -- в 7,82 раза [2].

При наличии обратной связи по скорости в электроприводе с параметрическим регулированием может быть получен диапазон регулирования $D = 10 : 1$ вниз от основной скорости при статизме системы $\delta \leq 5\%$ [1].

Однако электроприводы с параметрическим регулированием асинхронных электродвигателей имеют ряд недостатков, ограничивающих их применение. Прежде всего это большие потери ΔP_2 в роторной цепи электродвигателя, работающего на регулировочных характеристиках. Эти потери пропорциональны скольжению S и определяются по формуле

$$\Delta P_2 = P_{\text{э.м}} \cdot S, \quad (1)$$

где $P_{\text{э.м}}$ — электромагнитная мощность.

Крайне неудовлетворительно используется в электроприводе асинхронный электродвигатель. Так, в соответствии с [1] допустимый по условиям нагрева момент на валу электродвигателя на регулировочных характеристиках

$$M_{\partial} = \beta \cdot M_{\text{н}} \frac{S_{\text{н}}}{S}. \quad (2)$$

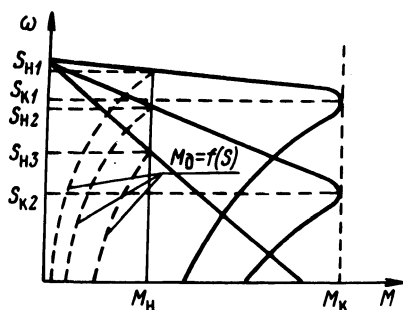
где β – коэффициент, учитывающий ухудшение условий охлаждения на пониженной скорости; M_H – номинальный момент; S_H – номинальное скольжение.

Например, для электродвигателя 4AC 100 S4Y3, имеющего $S_H = 0,07$ при скольжении $S = 1$ и $\beta = 1$, допустимый по нагреву момент на валу $M_3 = 0,07 M_H$.

Повысить использование асинхронного электродвигателя по моменту на регулировочных характеристиках можно путем увеличения номинального скольжения введением активного сопротивления в цепь ротора, что, в частности, используется в асинхронных электродвигателях с фазным ротором.

Механические характеристики и кривые допустимых по условию нагрева моментов на валу электродвигателя с фазным ротором при параметрическом регулировании приведены на рис. 1. В этих электродвигателях часть потерь скольжения выделяется на добавочных сопротивлениях вне объема электродвигателя.

Рис. 1. Механические характеристики асинхронного электродвигателя с фазным ротором и кривые допустимых моментов при параметрическом регулировании:
 $S_{H1} < S_{H2} < S_{H3}$; $S_{K1} < S_{K2} < S_{K3}$.



Аналогичный принцип может быть применен и у асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором, если участок роторной цепи с дополнительным сопротивлением разместить в торцевой части ротора и эту часть вынести за подшипниковый щит.

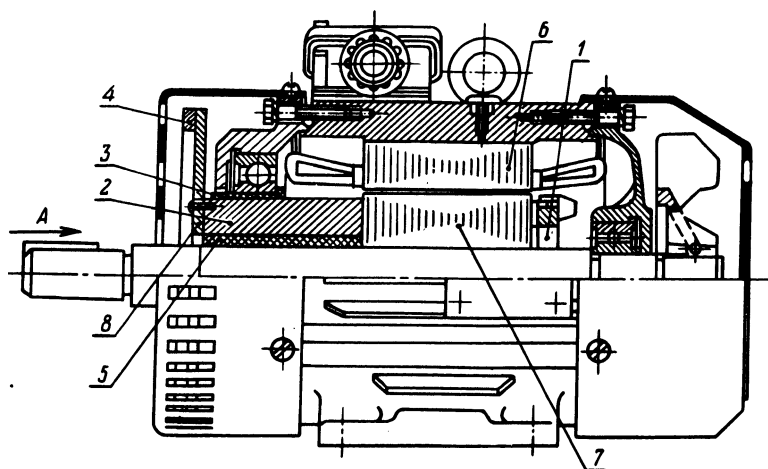
На рис. 2 показано конструктивное исполнение такого электродвигателя. Торцевые части токопроводящих стержней с приводной стороны электродвигателя через втулку и стакан выведены за подшипниковый щит. К торцевым частям стержней крепятся токопроводящие пластины повышенного сопротивления, соединенные на концах короткозамыкающим кольцом. На пластинах и кольце сосредоточена часть потерь ротора, теплосъем с которых осуществляется непосредственно окружающим воздухом.

Экспериментальный образец электродвигателя такой конструкции был изготовлен на базе стандартного асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором 4AC100 S 4Y3.

Сравнительные данные по параметрам роторной цепи электродвигателей приведены в табл. 1.

Т а б л и ц а 1. Параметры роторной цепи стандартного и экспериментального электродвигателей

Электродвигатель	Приведенное к обмотке статора сопротивление фазы ротора при рабочей температуре $t = 80^{\circ}\text{C}$, Ом			Номинальное скольжение S_H	Критическое скольжение S_K
	полное r'_2	вынесенной части $r'_{2\partial}$	относительное $r'_{2\partial}/r'_2$		
Стандартный (ст)	1,69	0	0	0,07	0,27
Экспериментальный (э)	4,98	3,61	0,725	0,21	0,81



Вид А со снятой крышкой уменьшено

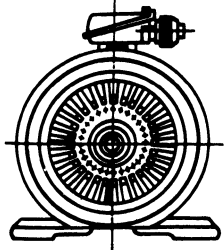


Рис. 2. Асинхронный короткозамкнутый электродвигатель для параметрического регулирования:

1 — кольцо короткозамыкающее; 2 — втулка; 3 — токопроводящий стержень; 4 — кольцо короткозамыкающее; 5 — стакан; 6 — пакет статора с обмоткой; 7 — пакет ротора; 8 — пластина.

Допустимый по условию нагрева момент $M_{\partial\text{э}}$ рассматриваемого электродвигателя (рис. 2) при параметрическом регулировании частоты вращения со стороны статора может быть определен по формуле

$$M_{\partial\text{э}} = \frac{\beta}{\alpha \cdot \gamma} \cdot \frac{S_{\text{нэ}}}{S} \cdot M_{\text{нэ}}, \quad (3)$$

где $\alpha = \frac{U_1}{U_{\text{н}}}$ — коэффициент изменения напряжения на электродвигателе

при регулировании; $\gamma < 1$ — коэффициент, учитывающий изменение тока холостого хода и коэффициента мощности электродвигателя при регулировании; $S_{\text{нэ}}, M_{\text{нэ}}$ — номинальное скольжение и момент соответственно экспериментального электродвигателя.

На рис. 3 показаны экспериментальные характеристики допустимых по условию нагрева моментов на валу стандартного и экспериментального электродвигателей при питании их от трехфазной сети с симметричным синусоидальным регулируемым напряжением.

Как видно из графиков рис. 3, допустимый момент экспериментального электродвигателя $M_{\partial\text{э}} = 0,35 M_{\text{нэ}}$ для $S = 1$. При этом номинальный момент экспериментального электродвигателя

$$M_{\text{нэ}} = \beta_1 \cdot M_{\text{нст}}, \quad (4)$$

где β_1 — коэффициент, учитывающий условия обратной теплоотдачи, вынесенной за подшипниковый щит торцевой части ротора в его внутреннюю часть; $M_{\text{нст}}$ — номинальный момент стандартного электродвигателя.

Номинальные моменты сравниваемых электродвигателей практически равны (рис. 3).

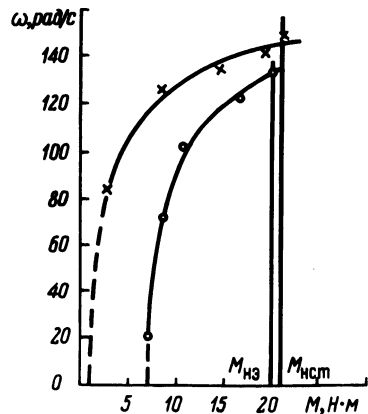


Рис. 3. Кривые допустимых моментов на валу электродвигателей при питании от сети:

1 — для стандартного электродвигателя; 2 — для экспериментального электродвигателя.

Отсюда следует, что при параметрическом регулировании частоты вращения асинхронных короткозамкнутых электродвигателей стандартной конструкции использование их по моменту на регулировочных характеристиках крайне неудовлетворительно; асинхронный короткозамкнутый электродвигатель с концентрацией потерь ротора и выносом их за подшипниковый щит позволяет увеличить допустимый момент на регулировочных характеристиках.

Л и т е р а т у р а

1. Шубенко В.А., Браславский И.Я. Тиристорный асинхронный электропривод с фазовым управлением. — М., 1972. 2. Вербовой П.Ф. Разработка и исследование асинхронных короткозамкнутых двигателей, регулируемых изменением напряжения и рабочей гармонике поля. Автореф. канд.дис. — Киев, 1973.

УДК 621.314.26

Л.И.Сончик, И.В.Новаш

РАСЧЕТ ТРАНСФОРМАТОРА—ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ЧАСТОТЫ С УЧЕТОМ НАГРУЗКИ ПО ОСНОВНОЙ ГАРМОНИКЕ

Ранее [1] была показана возможность использования трансформатора с витым пространственным магнитопроводом в качестве комбинированного источника питания, позволяющего получать энергию на выходе по основной и третьей гармоникам.

Использование такого устройства одновременно в качестве трансформатора напряжения и утроителя частоты предполагает изменение выходных параметров по утроенной частоте от нагрузки по основной частоте.

Целью настоящего исследования является разработка методики расчета внешней характеристики по третьей гармонике с учетом нагрузки трансформатора по первой гармонике.

Для выявления влияния нагрузки по первой гармонике на характеристики устройства было проведено исследование зависимости сопротивления рассеяния обмотки утроенной частоты от проводимости нагрузки (рис. 1) при различной величине трансформируемой мощности первой гармонике по методике, предложенной в [2].

Аппроксимируем зависимость сопротивления рассеяния от проводимости нагрузки $R_S = f(g_H)$ функцией

$$y = \text{sh} \frac{ax^2 + bx + c}{hx^2 + px + q}, \quad (1)$$

где $y = R_S$, $x = g_H$.