

**ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПОСТОЯННОЙ ПЕРЕГРУЗОЧНОЙ  
СПОСОБНОСТИ ЧАСТОТНОРЕГУЛИРУЕМОГО  
КОНДЕНСАТОРНОГО СИНХРОННОГО РЕАКТИВНОГО  
ДВИГАТЕЛЯ**

Ю. М. АЧКАСОВ, Б. А. ЗАХАРОВ

(Представлена научно-техническим семинаром НИИ АЭМ)

Важным вопросом теории частотного управления двигателем переменного тока является определение зависимостей изменения величины напряжения питания в функции частоты для получения устойчивой работы и обеспечения наилучших с точки зрения экономичности режимов в определенном диапазоне регулирования. Экономичность работы двигателя достигается реализацией законов частотного управления, обеспечивающих минимум потерь в двигателе. Устойчивость работы двигателя обеспечивается, если соответствующим образом изменять значение перегрузочной способности путем регулирования величины напряжения питания в зависимости от частоты [1].

В [2] получен закон частотного управления однофазным конденсаторным синхронным реактивным двигателем (ОКСРД), статорные обмотки которого соединены в звезду с одним фазосдвигающим конденсатором. Регулирование напряжения по этому закону обеспечивает неизменную перегрузочную способность двигателя при работе с постоянной фазосдвигающей емкостью. Диапазон регулирования ограничен в этом случае допустимым коэффициентом искажения питающего напряжения.

При прочих равных условиях наиболее равномерно вращаются роторы симметричных машин, имеющих в зазоре круговое вращающееся поле. При эллиптическом поле результирующий вектор магнитной индукции вращается в пространстве с переменной скоростью, обуславливая неравномерное вращение ротора в течение оборота. Поэтому в системах точного поддержания скорости целесообразно фазосдвигающую емкость выбирать из условия получения симметрии намагничивающих сил на каждой частоте [3], что при постоянном моменте нагрузки обеспечит круговое вращающееся поле в зазоре машины. При этом закон регулирования напряжения от частоты можно упростить. Электромагнитный момент ОКСРД определяется разностью моментов прямой и обратной последовательностей [2]

$$M_{\text{э}} = C_1 \left[ \frac{E_1^2 \cdot \frac{x_{\theta}'}{\operatorname{tg} \theta} \cdot \alpha}{\left(\frac{\alpha x_{\theta}'}{\operatorname{tg} \theta}\right)^2 + \alpha^2 (x_{\theta}')^2} - \frac{E_2^2 \cdot r_{R'}}{\left(\frac{r_{R'}}{2}\right)^2 + \alpha^2 (x_{R}')^2} \right]. \quad (1)$$



где

$$C_1 = \frac{0,0162 \cdot m \cdot p}{f_H \cdot \alpha}.$$

Максимальный электромагнитный момент будет при угле нагрузки  $\Theta = 45^\circ$ . При номинальной нагрузке э. д. с. обратной последовательности отсутствует.

При наибольшей нагрузке  $E_2$  имеет определенную величину, которая определяется методом симметричных составляющих. Тогда  $E_2$  найдем через коэффициент асимметрии по э. д. с. ( $K_E$ )

$$E_2 = E_E E_1 \quad (2)$$

Обозначив

$$k_R = \frac{r_R'}{\left(\frac{r_R'}{2}\right)^2 + (x_R')^2 \cdot \alpha^2}, \quad (3)$$

после подстановки (2) (3) в (1) получим

$$M_3 = C_1 \left[ \frac{1}{2 \cdot x_{\theta'} \cdot \alpha} - k_R \cdot k_E^2 \right] \cdot E_1^2. \quad (4)$$

Учитывая, что э. д. с. прямой последовательности равна

$$E_1 = (z_1 - z_s) \cdot \left[ \frac{(a - a^2) z_2 + a x_c}{3z_1 z_2 + x_c (z_1 + z_2)} \cdot \frac{U}{a - a^2} \right], \quad (5)$$

подставляем (5) в (4) и, разрешив относительно напряжения, получим

$$U = \sqrt{\frac{M_{эм}}{C_1 (1 - 2k_R \cdot k_E^2 \cdot x_{\theta'} \cdot \alpha) \cdot A^2}}, \quad (6)$$

где

$$A = \frac{(z_1 - z_s) \cdot [(a - a^2) z_2 + a x_c]}{(a - a^2) \cdot [3z_1 z_2 + x_c (z_1 + z_2)]};$$

$M_{эм} = \lambda M_H$  — максимальный момент вращения;

$\lambda$  — требуемая перегрузочная способность;

$M_H$  — номинальный момент.

Если привод работает при нагрузке, меняющейся от номинальной до максимальной, то рациональнее фазосдвигающие конденсаторы выбирать из условия получения кругового вращающегося поля при максимальной нагрузке на каждой частоте. Зависимость напряжения от частоты для этого режима можно получить из формулы максимального электромагнитного момента трехфазного СРД [4].

$$M_{эм} = \frac{U^2 (x_d - x_q)}{2(x_d \cdot x_q + r^2)^2} \cdot [z^2 - r(x_d - x_q)]; \quad (7)$$

где

$$z^2 = \sqrt{(r^2 + x_d^2) \cdot (r^2 + x_q^2)};$$

$r$ ;  $x_d$ ;  $x_q$  — относительные величины активного и синхронных индуктивных сопротивлений по осям  $d$ ,  $q$ ,

$U$  — относительное фазное напряжение.

Для вывода этой зависимости проделаем следующее.

Учтем потери в стали в зависимости от частоты, подставив в (7) эквивалентное активное сопротивление

$$r_3 = r + r_c,$$

где

$$r_c = r_{сн}(\alpha)^{1,5};$$



$r_{сн}$  — активное сопротивление, учитывающее потери в стали при номинальной частоте.

Введем параметр относительной частоты ( $\alpha$ ). Тогда выражение для опрокидывающего момента при любой частоте будет иметь вид

$$M_{эм} = \frac{U^2 \alpha (x_d - x_q)}{2(r_э^2 + \alpha^2 x_d x_q)^2} \cdot [z_\alpha^2 - r_э(x_d - x_q)]; \quad (8)$$

где

$$z_\alpha^2 = \sqrt{(r_э^2 + \alpha^2 x_d^2) \cdot (r_э^2 + \alpha^2 x_q^2)};$$

Разрешив (8) относительно напряжения, получим

$$U = \sqrt{\frac{2 M_{эм} (r_э^2 + \alpha^2 x_d x_q^2)}{\alpha (x_d - x_q) \cdot [z_\alpha^2 - r_э \alpha (x_d - x_q)]}}. \quad (9)$$

Угол нагрузки, при котором двигатель развивает опрокидывающий момент, находим по формуле

$$\theta = \text{actg} \frac{\alpha^3 x_d \cdot x_q - r_э^2}{2 r_э (x_d + x_q)}. \quad (10)$$

Регулирование напряжений ОКСРД согласно выражениям (6), (9) обеспечит постоянную перегрузочную способность для рассматриваемой схемы включения трехфазного СРД на однофазное напряжение.

Реализация этих зависимостей требует взаимосвязанного регулирования трех величин: напряжения, частоты и фазосдвигающей емкости при изменении нагрузки на валу. Наиболее просто это достигается при условии, что система управления позволяет изменять величину напряжения и его частоту на зажимах ОК СРД независимо друг от друга, а фазосдвигающая емкость регулируется в зависимости от частоты.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Е. М. Берлин, Б. А. Егорова, В. Д. Кулик, И. С. Скосырев. Системы частотного управления синхронно-реактивными двигателями. Л., «Энергия», 1968.
2. А. И. Зайцев, Ю. М. Ачкасов, Б. А. Захаров. Закон частотного управления однофазным конденсаторным синхронным реактивным двигателем. Известия вузов СССР, «Электромеханика», 1973, № 1.
3. Ю. М. Ачкасов, Б. А. Захаров. Условия получения симметрии намагничивающих сил трехфазного СРД, работающего в режиме однофазного конденсаторного. Доклады VII научно-технической конференции «Статические преобразователи в автоматике и электроприводе». Томск. изд-во ТГУ, 1971.
4. Е. В. Кононенко. Синхронные реактивные машины. М., «Энергия», 1970.