

К ВОПРОСУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЕЛИЧИНЫ ЗАДАВАЕМОГО АБСОЛЮТНОГО СКОЛЬЖЕНИЯ АСИНХРОННОГО ТЯГОВОГО ДВИГАТЕЛЯ

Сделан расчет по предлагаемой авторами методике величин абсолютного скольжения, которые обеспечивают требуемый момент двигателя при различных законах регулирования напряжения. Проведен анализ полученных результатов.

Ключевые слова: асинхронный тяговый двигатель, частота тока ротора, регулирование напряжения

Для качественного управления асинхронным тяговым двигателем может возникнуть необходимость иметь информацию о величине требуемого абсолютного скольжения (частоте тока ротора), которое определяет величину требуемого момента (тока). В данной работе предлагается новый подход к определению этой величины при различных законах регулирования как напряжения, так и пускового момента, в том числе характерного для тяги.

Расчет величины f_2 предлагается производить решением квадратного уравнения, полученного из полной формулы Клосса. Это уравнение для двигательного режима имеет вид [1]:

$$f_2^2 - \left[\frac{2M_K}{M} \cdot \left(1 + a \frac{f_{2K}}{f_1} \right) - 2a \frac{f_{2K}}{f_1} \right] \cdot f_{2K} \cdot f_2 + f_{2K}^2 = 0, \quad (1)$$

$$\text{где } a = \frac{r_1}{r_2'}$$

После решения этого уравнения получаем два значения величины f_2 . Значения $f_2 < f_{2K}$ определяют момент двигателя на устойчивой части механической характеристики, а значения $f_2 > f_{2K}$ – на неустойчивой части и при режиме противовключения.

Для расчетов и анализа были приняты 5 законов регулирования напряжения на тяговом двигателе АД 914.

Первый закон $U_1/f_1 = \text{const}$ в [2] называется «основным». Для рассматриваемого двигателя закон изменения фазного напряжения (при номинальных значениях частоты $f_{1H} = 55,9$ и фазного напряжения $U_{1\Phi H} = 1040$ В) принимает вид:

$$U_{1\Phi} = 18,6 \cdot f_1. \quad (2)$$

Для этого закона имеет место $\alpha = \gamma$, где $\alpha = f_1^* = f_1/f_{1H}$, а $\gamma = U_1/U_{1H}$.

Следующие три закона регулирования напряжения, в отличие от первого, имеют бустерное напряжение (при тех же f_{1H} и $U_{1\Phi H}$), а значит $\alpha \neq \gamma$:

$$U_{1\Phi} = 18,4 \cdot f_1 + 10. \quad (3)$$

$$U_{1\Phi} = 18,2 \cdot f_1 + 20. \quad (4)$$

$$U_{1\Phi} = 18,1 \cdot f_1 + 30. \quad (5)$$

Следующий закон регулирования напряжения в [2] называется «скорректированным». Он позволяет получить постоянный критический момент M_K на всех пусковых частотах, по величине равный критическому моменту в номинальном режиме M_{KH} , т.е. $M_K = \text{const} = M_{KH}$.

Формула для расчета напряжения в относительных единицах для этого закона взята из [2]:

$$\gamma = \sqrt{\frac{f_1^* \cdot \rho_{1K} + \sqrt{(f_1^{*2} + \rho_{1K}^2) \cdot (f_1^{*2} + \rho_{1\mu}^2)}}{\rho_{1K} + \sqrt{(1 + \rho_{1K}^2) \cdot (1 + \rho_{1\mu}^2)}}}. \quad (6)$$

$$\text{где } \rho_{1K} = \frac{r_1}{x_{1K}}; \quad \rho_{1\mu} = \frac{r_1}{x_{1\mu}}.$$

Здесь r_1 – активное сопротивление обмотки статора; x_{1K} – индуктивное сопротивление короткого замыкания; $x_{1\mu}$ – индуктивное сопротивление контура намагничивания. Величины x_{1K} и $x_{1\mu}$ имеют значение величины при номинальном режиме.

Как правило, в учебной и технической литературе используют упрощенный подход к расчетам характеристик пускового режима, т.е. принимают пусковой момент неизменным

$M = \text{const}$. Но на практике в электрической тяге стремятся использовать высокий коэффициент сцепления на низких скоростях (частотах f_1), который уменьшается с увеличением скорости. Например, для двигателя АД 914 заложено изменение момента при трогании от $M = 11900$ Нм до величины $M_n = 10400$ Нм (при номинальной частоте).

На рис. 1 показана такого рода зависимость.

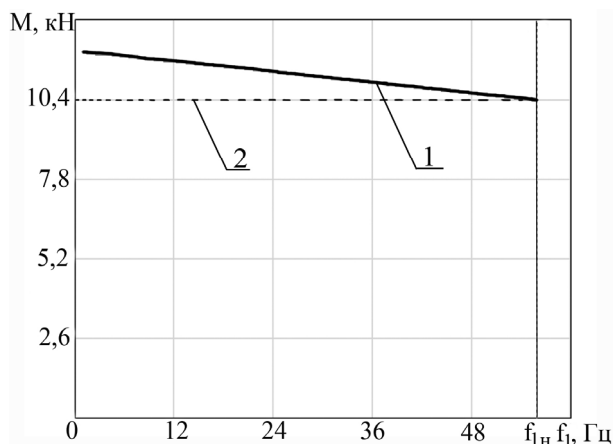


Рис. 1. Изменение момента двигателя при пуске:

1 – кривая уменьшения момента в процессе пуска

(для тяги); 2 – при $M = \text{const} = M_n$

На рис. 2 показаны зависимости $f_2 = \varphi(f_1)$ для значений моментов, показанных на рис. 1 графиком 1, при разных законах регулирования напряжения.

При расчетах в формулу (1) подставлялась величина требуемого момента M , соответствующего величине f_1 . Предварительно определялась величина момента M_k для соответствующего закона регулирования напряжения. Заметим, что пренебрежение влиянием насыщения на величины x_1 и x'_2 делает величину f_{2k} независимой от напряжения. В расчетах насыщение не учитывалось.

Графики рис. 2 позволяют сделать следующие выводы:

а) наименьшую величину f_2 требует закон регулирования напряжения, дающий постоянство критического момента для всех механических характеристик зоны пусковых частот (от $f_{1\text{min}}$ до f_{1n});

б) наибольшая разница величин f_2 при сравнении законов регулирования имеет место при частоте f_1 в районе 3 Гц;

в) все графики сходятся в точке номинального режима, поскольку U_{1n} и f_{1n} одинаковы для всех режимов;

г) с точки зрения уменьшения электрических потерь в обмотках более экономичным является закон регулирования, обеспечивающий $M_k = \text{const} = M_{kn}$, так как на всем диапазоне пуска скольжения минимальны.

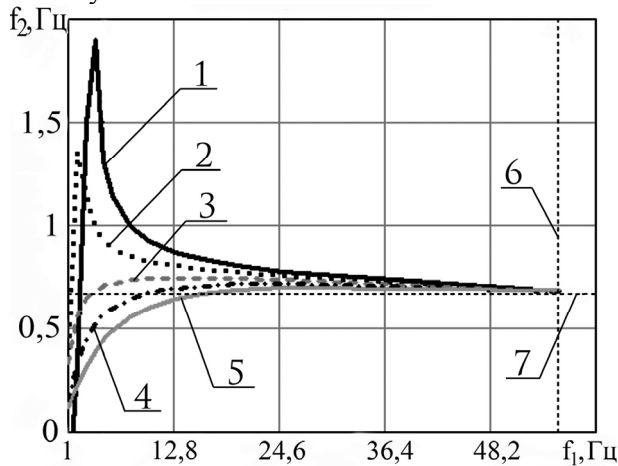


Рис. 2. Зависимость $f_2 = \varphi(f_1)$ при

$$U_{1\phi} = \text{var} \quad M = \text{var} :$$

1 – «основной закон»; 2 – закон (3); 3 – закон (4);

4 – закон (5); 5 – «скорректированный» закон;

6 – метка номинальной частоты $f_1 = 55,9$ Гц;

7 – метка номинальной частоты $f_2 = 0,67$ Гц

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Напара, Ю. Б. Простой способ определения абсолютного скольжения асинхронного тягового двигателя для получения требуемого момента [Текст] / Ю. Б. Напара, С. А. Плитченко // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2010. – Вип. 35. – Д.: Видво ДНУЗТ, 2010. – С. 89-94.
2. Чиликин, М. Г. Основы автоматизированного электропривода [Текст]: учеб. пособие для вузов / М. Г. Чиликин. – М.: Энергия, 1974. – 568 с.

Поступила в редколлегию 21.12.2011.

Принята к печати 23.12.2011.

Ю. Б. НАПАРА, С. О. ПЛИТЧЕНКО

ДО ПИТАННЯ ВИЗНАЧЕННЯ АБСОЛЮТНОГО КОВЗАННЯ, ЯКЕ ЗАДАЄТЬСЯ ДЛЯ АСИНХРОННОГО ТЯГОВОГО ДВИГУНА

Виконано розрахунки по запропонованій авторами методиці величин абсолютного ковзання, які забезпечують потрібний момент двигуна при різних законах регулювання напруги. Проведено аналіз отриманих результатів.

Ключові слова: асинхронний тяговий двигун, частота струму ротора, регулювання напруги

Y. B. NAPARA, S. A. PLITCHENKO

ON DETERMINING THE AMOUNT OF SPECIFY ABSOLUTE SLIP ASYNCHRONOUS TRACTION ENGINES

Made by the method of calculation of the absolute values of the authors of the slip, which provide the desired engine torque at various laws regulating the voltage. The analysis of the results.

Keywords: asynchronous traction motor, the rotor current frequency, voltage regulation