

Н. П. КУНИЦКИЙ

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ
СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОМАШИННОГО УПРАВЛЕНИЯ
ОСЛАБЛЕНИЕМ ПОТОКА ДВИГАТЕЛЯ**

(Представлено академиком В. П. Никитиным 6 I 1954)

Для обобщенной системы трех- и двухкаскадного электромашинного управления потоком двигателя ⁽¹⁾ можно написать уравнение для тока возбуждения i_v двигателя при условии пренебрежения незначительными постоянными времени усилителя и возбудителя (в случае наличия в цепи возбуждения возбудителя добавочного сопротивления)

$$(i_{в пр} - i_v)(1 + \rho_c + \rho_{яв} + \rho_{э пр}) = T_{овн} \frac{d\varphi}{dt}, \quad (1)$$

где

$$i_{в пр} = \frac{\epsilon_{вно}}{(1 - a_{со})(1 + \rho_c + \rho_{яв}) + \rho_э} \quad (2)$$

предельный ослабленный ток возбуждения двигателя; ρ_c и $\rho_{яв}$ — относительные добавочное сопротивление R_c в цепи возбуждения двигателя и сопротивление якоря возбудителя; $\rho_{э пр} = \frac{\rho_э}{1 - a_{со}}$ — приведенное эквивалентное сопротивление в цепи возбуждения двигателя, заменяющее обратные связи по току возбуждения двигателя и напряжению возбудителя; $\rho_э$ — сопротивление, эквивалентное действию обмотки обратной связи по току возбуждения двигателя ⁽¹⁾; $\varphi = \Phi / \Phi_n$ — относительный поток двигателя; $T_{овн}$ — средняя постоянная времени обмотки возбуждения двигателя, отнесенная к номинальному потоку его.

Уравнение электропровода при изменении потока двигателя ⁽²⁾

$$i\varphi = \mu_c - \frac{(\epsilon - i\rho) T_M d\varphi}{\varphi^2 dt} - \frac{T_M \rho di}{\varphi dt}, \quad (3)$$

где i — ток двигателя в относительных величинах; μ_c — относительный статический момент сопротивления; ϵ — относительная эдс генератора; ρ — относительное сопротивление главной цепи якорей двигателя и генератора; T_M — электромеханическая постоянная пуска; t время.

После того как ток двигателя при разгоне выше основной скорости возрос до максимального значения желательно, чтобы он поддерживался постоянным или слегка падающим по условиям коммутации.

Для этого случая можем принимать $\frac{T_M \rho di}{\varphi dt} \cong 0$; тогда

$$i = \frac{\mu_c}{\varphi} - \frac{(\epsilon - i\rho) T_M d\varphi}{\varphi^2 dt} = i_c + i_d, \quad (4)$$

где i_c и i_d — статический и динамический токи двигателя.

Из (1) и (4) имеем:

$$i_d = - \frac{\left(\varepsilon - \frac{\mu_c}{\varphi} \rho\right) (i_{в пр} - i_{в}) (1 + \rho_{яв} + \rho_c + \rho_{э пр})}{\varphi^3 \delta_n - \rho (i_{в пр} - i_{в}) (1 + \rho_{яв} + \rho_c + \rho_{э пр})}, \quad (5)$$

где $\delta_n = T_{овн} / T_m$.

Для сокращения до минимума времени разгона двигателя при ослаблении потока необходимо, чтобы ток двигателя при любой его скорости v был бы равен оптимальному, т. е. максимально допустимому значению $i_{макс}$, а динамический ток $i_d = i_{макс} - i_c$. Ток i_d при заданных μ_c и δ_n определяется значениями тока $i_{в пр}$ и сопротивления $\rho_{об} = \rho_c + \rho_{э пр}$, поэтому для получения оптимального тока необходимо эти параметры определить таким образом, чтобы токи двигателя при некоторых двух его скоростях начальной v_1 (например, $v_1 = 1, 2$) и конечной v_2 были бы равны допустимым максимальным значениям $i_{макс 1}$ и $i_{макс 2}$. Соответственно динамические токи при этих скоростях должны быть равны своим максимально допустимым для данного статического момента значениям $i_{д1} = i_{макс 1} - i_{c1}$ и $i_{д2} = i_{макс 2} - i_{c2}$, где $i_{c1} = \mu_c / \varphi_1$ и $i_{c2} = \mu_c / \varphi_2$ — статические токи при v_1 и v_2 , а $\varphi_1 = \frac{\varepsilon - i_{макс 1} \rho}{v_1}$ и $\varphi_2 = \frac{\varepsilon - i_{макс 2} \rho}{v_2}$ —

соответствующие потоки двигателя.

Подставляя в уравнение (5) соответствующие значения i_d и φ , получим два уравнения для определения необходимых оптимальных значений $i_{в пр}$ и $\rho_{об}$.

Оптимальные значения:

$$i_{в пр} = \frac{i_{д1} \varphi_1^3 i_{в2} \left(\varepsilon - \frac{\mu_c \rho}{\varphi_2} - \rho i_{д2}\right) - i_{д2} \varphi_2^3 i_{в1} \left(\varepsilon - \frac{\mu_c \rho}{\varphi_1} - \rho i_{д1}\right)}{i_{д1} \varphi_1^3 (\varepsilon - \mu_c \rho / \varphi_2 - \rho i_{д2}) - i_{д2} \varphi_2^3 (\varepsilon - \mu_c \rho / \varphi_1 - \rho i_{д1})}; \quad (6)$$

и

$$\rho_{об} = \rho_c + \rho_{э пр} = \delta_n \frac{i_{д1} \varphi_1^3 (\varepsilon - \mu_c \rho / \varphi_2 - \rho i_{д2}) - i_{д2} \varphi_2^3}{(\varepsilon - \mu_c \rho / \varphi_2 - \rho i_{д2}) (i_{в1} - i_{в2})} - 1 - \rho_{яв}, \quad (7)$$

где $i_{в1}$ и $i_{в2}$ — токи возбуждения, соответствующие потокам φ_1 и φ_2 . При $i_{макс 1} = i_{макс 2}$ уравнения (5) и (6) принимают вид

$$i_{в пр} = \frac{i_{д1} \varphi_1^3 i_{в2} - i_{д2} \varphi_2^3 i_{в1}}{i_{д1} \varphi_1^3 - i_{д2} \varphi_2^3}; \quad (8)$$

и

$$\rho_{об} = \delta_n \frac{i_{д1} \varphi_1^3 - i_{д2} \varphi_2^3}{(\varepsilon - i_{макс 1} \rho) (i_{в1} - i_{в2})} - 1 - \rho_{яв}. \quad (9)$$

При пренебрежении падением напряжения в главной цепи $i_{макс 1} \rho = i_{макс 2} \rho = 0$ последнее уравнение еще более упрощается, при этом $\varphi_1 = \varepsilon_1 / v_1$ и $\varphi_2 = \varepsilon_2 / v_2$.

Из приведенных выражений следует, что сопротивление обратных связей $\rho_{об}$ возрастает с увеличением $T_{овн}$ и с уменьшением T_m . Чем меньше T_m , тем меньше ток двигателя (2), тем, следовательно, большее значение $\rho_{об}$ можно взять для повышения тока двигателя. Чем больше $T_{овн}$, тем меньше ток, тем, следовательно, большее $\rho_{об}$ можно выбрать с целью повышения тока.

Определив для любого μ_c сопротивление $\rho_{об} = \rho_c + \rho_{э пр}$ и выбрав ρ_c , можно найти $\rho_{э пр} = \frac{\rho_{э}}{1 - a_{со}}$. Задавшись $a_{со}$, т. е. сопротивлением цепи

стабилизирующей обмотки усилителя, можно найти ρ_3 , а, следовательно, и сопротивление R_{y0} управляющей его обмотки при данном сопротивлении цепи обмотки возбуждения возбудителя (1). Найдя $i_{в пр}$, легко определить по формуле (1) независимую составляющую $\epsilon_{вно}$ эдс возбудителя $\epsilon_в$, а следовательно, и намагничивающую силу $AW_{но}$ независимой обмотки (1).

Все указанные выше расчетные формулы применимы как к любым электромашинным системам управления потоком двигателя (трех- и двухкаскадным с трехобмоточным возбудителем), так и к релейно-контакторным системам.

Предельный ток возбуждения, необходимый для сохранения динамического тока i_d постоянным в течение всего процесса ослабления потока вхолостую, не зависит от величины этого тока и остается одним и тем же при различных токах двигателя. Это следует из уравнения (8) при $i_{д1} = i_{д2}$, а также подтверждается экспериментально. Сопротивление же $1 + \rho_{яв} + \rho_{об}$ изменяется при этом прямо пропорционально i_d согласно уравнению (9).

При отсутствии форсировки $i_{д2} = 0$ и $i_{в пр} = i_{в2}$; формула же (7) превращается в выражение

$$\rho_{об} = \delta_n \frac{i_{д1} \sigma_1^3}{(\epsilon - i_{макс 1 p})(i_{в1} - i_{в2})} - 1 - \rho_{яв}. \quad (10)$$

Сопротивление $\rho_{об}$ уменьшается с увеличением предела повышения скорости двигателя, так как при этом $i_{в1} - i_{в2}$ увеличивается. По формуле (10) можно определить сопротивление $\rho_{об}$, необходимое для получения заданного тока $i_{д1}$ в схеме с отсутствием форсировки.

Сопоставление вычисленных по приведенным выше формулам оптимальных значений $i_{в пр}$ и $\rho_{об}$ с экспериментальными, полученными на электроприводе с двигателем 475 л. с., 220 в, 150/300 об/м при отсутствии стабилизирующей обмотки показывает, что расхождение между этими данными для $i_{в пр}$ не больше 13%, для $1 + \rho_{яв} + \rho_{об}$ — до 52%.

Всесоюзный заочный
политехнический институт

Поступило
24 XII 1953

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ Н. П. Куницкий, ДАН, 94, № 6 (1954). ² В. П. Никитин, Н. П. Куницкий, Изв. АН СССР, ОТН, № 6 (1948).