

Л и т е р а т у р а

1. Анхимюк В.Л., Михеев Н.Н., Романов В.В. Вентильный многодвигательный электропривод. Авт. свид. 350121. -- "Бюл. изобрет"., 1972, № 26. 2. Анхимюк В.Л., Михеев Н.Н., Сацукевич В.Н. Тиристорный электропривод оптико-обрабатывающих станков с реверсором в цепи возбуждения двигателя. -- В сб.: Научные и прикладные проблемы энергетики. Вып. 2. Минск, 1975.

Н.Н. Михеев, Е.П. Раткевич

АНАЛИЗ КОММУТАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ В ТИРИСТОРНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯХ ДЛЯ МНОГОДВИГАТЕЛЬНЫХ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ

Независимое и согласованное регулирование скорости вращения нескольких электродвигателей постоянного тока обеспечивается преобразователем, представленным на рис. 1 [1, 2]. Одновременное регулирование скорости вращения электродвигателей осуществляется вентилями базового выпрямителя БВ, а независимое регулирование -- отдельными вентилями Т1 и Т2. Для восстановления запирающих свойств отдельных вентиляй кривая выходного напряжения базового выпрямителя должна иметь прерывистую форму. В процессе перехода

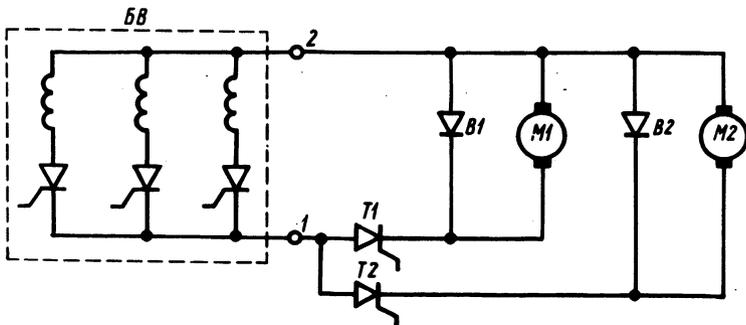


Рис. 1. Вентильный многодвигательный электропривод.

тока с отдельного вентиля на шунтирующий (В1, В2) энергия, запасенная в анодной индуктивности L_a (рис. 2), удлиняет время протекания тока через вентиль Т1 (Т2), что при

малых углах регулирования вентилей базового выпрямителя и больших токах нагрузки может привести к потере управляемости преобразователя,

Анализ коммутации в преобразователе производится при следующих допущениях: 1) вентили идеальные; 2) активное сопротивление анодной цепи равно нулю; 3) противо-э.д.с. двигателя неизменна,

Расчет выполняется с учетом реальной формы тока. В кривой тока нагрузки (рис. 3) в непрерывном режиме выделяются следующие участки,

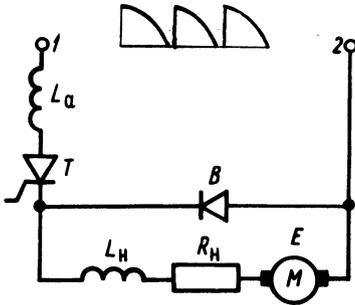


Рис. 2. Расчетная схема; L_a — анодная индуктивность; Z_n — активно-индуктивное сопротивление якорной цепи двигателя (L_n, R_n); E — противо-э.д.с. двигателя.

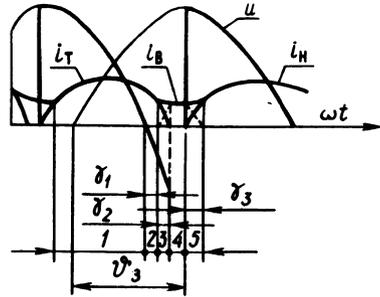


Рис. 3. Линейные диаграммы; u — напряжение питания; i_n — ток нагрузки; i_T — ток отдельного вентиля; i_B — ток шунтирующего вентиля; γ_3 — угол зажигания отдельного вентиля; $\gamma_1, \gamma_2, \gamma_3$ — углы коммутации.

1. Открыт отдельный вентиль за счет положительного питающего напряжения.
 2. Открыт отдельный вентиль за счет э.д.с. самоиндукции анодной индуктивности при отрицательном значении питающего напряжения.
 3. Переход тока с отдельного вентиля на шунтирующий.
 4. Открыт только шунтирующий вентиль.
 5. Переход тока с шунтирующего вентиля на отдельный.
- Уравнения, описывающие каждый из участков, представлены в табл. 1.

Здесь i_{TK} — значение тока вентиля в конце второго участка.

Таблица 1

Участок	Уравнения	Длительность участка
1	$U_M \sin(\gamma_3 + \gamma_3 + \omega t) = i_H R_H + L \frac{di_H}{dt} + E$	$\pi - (\gamma_3 + \gamma_3) \omega t > 0$
2	$U_M \sin(\pi + \omega t) = i_H R_H + L \frac{di_H}{dt} + E$	$\gamma_1 \omega t > 0$
	Граница участка $U_M \sin(\pi + \gamma_1) = L_a \frac{di_{TK}}{dt}$	
3	$L_H \frac{di_B}{dt} + i_B R_H + E = 0$	$\gamma_2 \omega t > 0$
	$U_M \sin(\pi + \gamma_1 + \omega t) = L_a \frac{di_T}{dt}$	
	$i_H = i_B + i_T$	
4	$L_H \frac{di_H}{dt} + i_H R_H + E = 0$	$\gamma_3 - (\frac{\pi}{3} + \gamma_1 + \gamma_2) \omega t > 0$
5	$U_M \sin(\gamma_3 + \omega t) = L_a \frac{di_T}{dt}$	$\gamma_3 \omega t > 0$
	$L_H \frac{di_B}{dt} + i_B R_H + E = 0$	
	$i_H = i_B + i_T$	

После несложных преобразований решений уравнений из табл. 1 получим

$$i_0^* = \operatorname{ctg} \theta_a [\cos \gamma_3 - \cos(\gamma_3 + \gamma_3)]; \quad (1)$$

$$\exp\left(\frac{\gamma_3}{\operatorname{tg} \theta_H}\right) = \frac{\sin \gamma_1}{i_0^* + \varepsilon} \frac{\operatorname{tg} \theta_H}{\operatorname{tg} \theta_a} \exp x$$

$$x \left(\frac{\frac{\pi}{3} + \gamma_1 - \gamma_3}{\operatorname{tg} \theta_H} \right); \quad (2)$$

$$\cos(\gamma_1 + \gamma_2) = \varepsilon \cdot \operatorname{tg} \theta_a + \cos \gamma_1 - \operatorname{tg} \theta_H \sin \gamma_1; \quad (3)$$

$$i_0^* = \frac{3}{2\pi} \left\{ \cos \theta \cos(\gamma_1 - \theta) + \cos(\gamma_3 + \gamma_3) + \right.$$

$$\begin{aligned}
& + (i_o^* + \varepsilon) (\operatorname{tg} \theta - \operatorname{tg} \theta_H) - \operatorname{tg} \theta (i_o^* + \varepsilon) \exp \left[(\gamma_3^* + \right. \\
& + \gamma_3^* - \pi - \gamma_1) \operatorname{ctg} \theta \left. \right] + (i_o^* + \varepsilon) \operatorname{tg} \theta_H \exp \left[(\gamma_3^* + \right. \\
& + \gamma_3^* - \frac{\pi}{3} - \gamma_1) \operatorname{ctg} \theta_H \left. \right] + \sin \theta \sin (\gamma_3^* + \\
& + \gamma_3^* - \theta) \exp \left[(\gamma_3^* + \gamma_3^* - \pi - \gamma_1) \operatorname{ctg} \theta \right] \left. \right\} - \varepsilon, \quad (4)
\end{aligned}$$

где i_o^* -- ток отдельного вентиля в начале первого участка; i_{cp}^* -- среднее значение тока нагрузки;

$$i_o^* = \frac{i_o R_H}{U_M}; \quad i_{cp}^* = \frac{i_{cp} R_H}{U_M}; \quad \varepsilon = \frac{E}{U_M};$$

$$T_a = \frac{L_a}{R_H}; \quad T_H = \frac{L_H}{R_H};$$

$$\theta_H = \operatorname{arctg} \omega T_H; \quad \theta_a = \operatorname{arctg} \omega T_a;$$

$$\theta = \operatorname{arctg} \omega (T_a + T_H).$$

Средний ток нагрузки определяется средним значением напряжения, приложенного к двигателю, и противо-э.д.с. двигателя.

Так как в установившемся режиме среднее за период выпрямленного напряжения значение энергии, накопленной анодной индуктивностью, равно нулю, то среднее напряжение, приложенное к двигателю ($U_{дв.ср}$), определится из соотношения

$$U_{дв.ср} = U_{12\text{ср}} - U_{La} = U_{cp},$$

где $U_{12\text{ср}}$ -- среднее значение напряжения, приложенного к точкам 1 и 2 (рис. 2); U_{La} -- среднее значение напряжения на анодной индуктивности.

Поэтому

$$i_{\text{ср}}^* = \frac{U_{12\text{ср}}}{U_{\text{М}}} - \frac{E}{U_{\text{М}}} = \frac{3}{2\pi} \int_{\vartheta_3}^{\pi + \delta_1 + \delta_2} \sin \omega t d\omega t - \epsilon =$$

$$= \frac{3}{2\pi} \left[\cos \vartheta_3 + \cos (\delta_1 + \delta_2) \right] - \epsilon, \quad (5)$$

т.е. напряжение, приложенное к двигателю, уменьшается из-за коммутации на величину, пропорциональную $[1 - \cos (\delta_1 + \delta_2)]$.

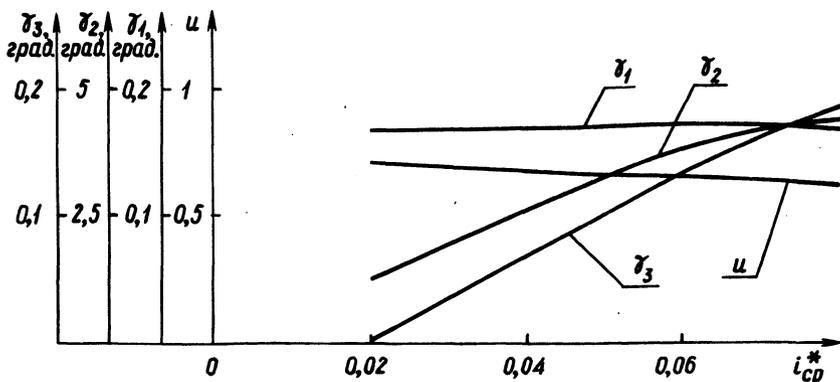


Рис. 4. Результаты расчета коммутационных процессов.

Расчет углов коммутации произведен на "Минск-32" по уравнениям (1)—(5) при различных значениях ϵ , ϑ_3 , T_a , T_n . Машинное время определяется временем печати результатов расчета. На рис. 4 представлены в качестве примера зависимости углов коммутации δ_1 , δ_2 , δ_3 и напряжения, приложенного к двигателю $u = U_{\text{дв.ср}} / U_{\text{М}}$, в функции $i_{\text{ср}}^*$ для $\vartheta_3 = 65^\circ$ эл., $T_n = 0,03$ с, $T_a = 0,00015$ с.

Л и т е р а т у р а

1. Анхимюк В.Л., Михеев Н.Н., Романов В.В. Вентильный многодвигательный электропривод. Авт.свид. №350121.- Бюл. "Открытия, изобретения, промышленные образцы и товарные знаки", 1972, № 26.
2. Анхимюк В.Л., Михеев Н.Н., Романов В.В. Тиристорные выпрямители для многодвигательного электропривода. — "Изв. вузов СССР. Энергетика", 1972, № 9.