

ТИРИСТОРНЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ПОСТОЯННОГО ТОКА С НЕСКОЛЬКИМИ ВЫХОДНЫМИ НАПРЯЖЕНИЯМИ ДЛЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ МАЛОЙ МОЩНОСТИ

Независимое регулирование скоростей вращения нескольких электродвигателей постоянного тока может производиться с помощью тиристорных преобразователей, состоящих из общего (базового) выпрямителя и индивидуальных по числу электродвигателей цепочек, каждая из которых представляет собой встречно-включенные управляемый и неуправляемый вентили [1]. Для обеспечения условий запираания управляемых вентилях индивидуальных цепочек кривая выходного напряжения базового выпрямителя должна иметь прерывистую форму, что достигается начальным зарегулированием базового выпрямителя при выполнении его по классическим нулевым или мостовым схемам. На рис. 1 приведена схема преобразователя, не требующая начального зарегулирования базового выпрямителя, поэтому он выполнен на неуправляемых вентилях (D1, D2), что значительно упрощает систему управления и увеличивает надежность электропривода в целом. Регулирование скоростей вращения двигателей осуществляется изменением углов открывания вентилях индивидуальных цепочек (D5, D6).

Работу преобразователя поясняют линейные диаграммы напряжений, представленные на рис. 2 (а — напряжение питающей сети; б — выпрямленное).

Регулировочная характеристика преобразователя описывается следующими выражениями:

$$\text{при } 0 < \alpha \leq \frac{2\pi}{3} \quad U_d = \frac{U}{\sqrt{2} \pi} (2 + \cos \alpha),$$

$$\text{при } \frac{2\pi}{3} < \alpha \leq \frac{4\pi}{3} \quad U_d = \frac{U_L}{\sqrt{2} \pi} [1 + \cos(\alpha - 60)],$$

где α — угол открывания вентилях D3, D4; U_L — действующее значение линейного напряжения питающей сети.

Среднее значение выпрямленного напряжения при полностью открытых вентилях

$$U_{d0} = 0,676 U_L.$$

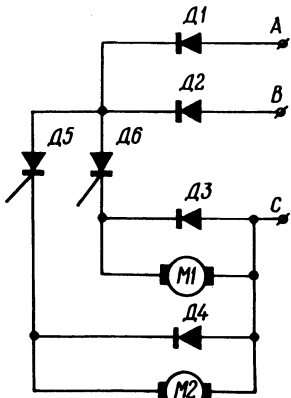


Рис. 1 .

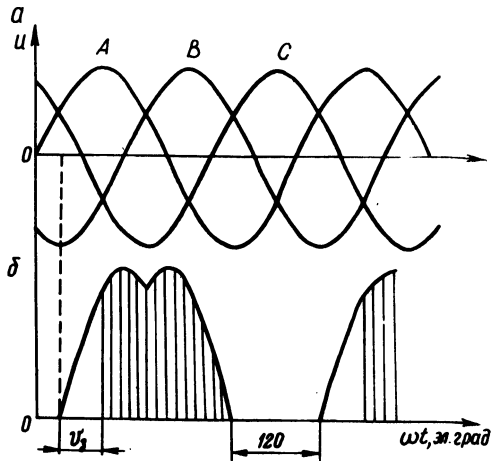


Рис. 2 .

Дополнительные потери в цепи нагрузки, вызванные пульсациями выходного напряжения [2], определены в виде относительных удельных дополнительных потерь (σ) при $\omega T=1$:

$$\sigma = \frac{1}{2 U_{d0}^2} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{U_{km}^2}{k^2},$$

где ω — угловая частота питающей сети; T — электромагнитная постоянная времени цепи выгрузки; U_{km} — амплитудное значение напряжения k -ой гармоники; $k = mn$ — номер гармоники; m — число импульсов выпрямленного напряжения за период изменения напряжения сети; n — натуральный ряд чисел.

Приближенная величина квадрата действующего значения переменной составляющей тока нагрузки ($i_{f\text{ пр}}^2$) определяется следующим образом [2]:

$$i_{f\text{ пр}}^2 = i_{\delta}^2 \frac{\sigma}{\omega^2 T^2},$$

где $i_{\delta} = \frac{U_{d0}}{r}$ — базовая величина тока; r — активное сопротивление цепи нагрузки.

На рис. 3 для сравнения представлены кривые изменения ϵ в функции относительного выходного напряжения (C_U) рассматриваемого преобразователя (1) и преобразователей, общие выпрямители которых выполнены по однофазным мостовым полууправляемой и симметричноуправляемой схемам (2) и по трехфазной нулевой схеме (3).

Анализ граничных режимов произведен с помощью обобщенных уравнений [3], справедливых для квазиустановившегося режима работы m -фазного выпрямителя на противо-э.д.с.

В кривой напряжения, приложенного к двигателю (рис. 2, а), выделим два участка: первый при $0 < \alpha \leq -\frac{2\pi}{3}$; второй при $\frac{2\pi}{3} < \alpha \leq -\frac{4\pi}{3}$. Подставив в обобщенные уравнения [3]

параметры, характеризующие эти участки, получим следующие зависимости, определяющие зону прерывистых токов:

$$\text{при } 0 < \alpha \leq -\frac{2\pi}{3}$$

$$\epsilon_{гр} = \frac{\cos \theta}{1 - \exp(-2\pi \text{ctg} \theta)} \left\{ \left\{ \sin \theta \left[\exp \left[-\left(\frac{4\pi}{3} + \gamma_3 \right) \text{ctg} \theta + \exp \left[-\left(\frac{2\pi}{3} + \gamma_3 \right) \text{ctg} \theta \right] \right] - \sin(\gamma_3 - \theta) \exp(-2\pi \text{ctg} \theta) \right] \right\} \right\},$$

$$i_{ср}^* = -\epsilon + \frac{1}{\pi} \left[-\frac{1}{2} \cos \gamma_3 + 1 \right];$$

$$\text{при } \frac{2\pi}{3} < \alpha \leq -\frac{4\pi}{3}$$

$$\epsilon_{гр} = \frac{\cos \theta}{1 - \exp(-2\pi \text{ctg} \theta)} \left\{ \sin \theta \exp \left[-\left(\frac{2\pi}{3} + \gamma_3 \right) \text{ctg} \theta \right] - \sin \left(\gamma_3 - \frac{\pi}{3} - \theta \right) \exp(-2\pi \text{ctg} \theta) \right\},$$

$$i_{ср}^* = -\epsilon + \frac{1}{2\pi} \left[\cos \left(\gamma_3 - \frac{\pi}{3} \right) + 1 \right],$$

где $\epsilon_{гр} = \frac{E_{гр}}{U_6}$ — относительное значение граничной э.д.с.

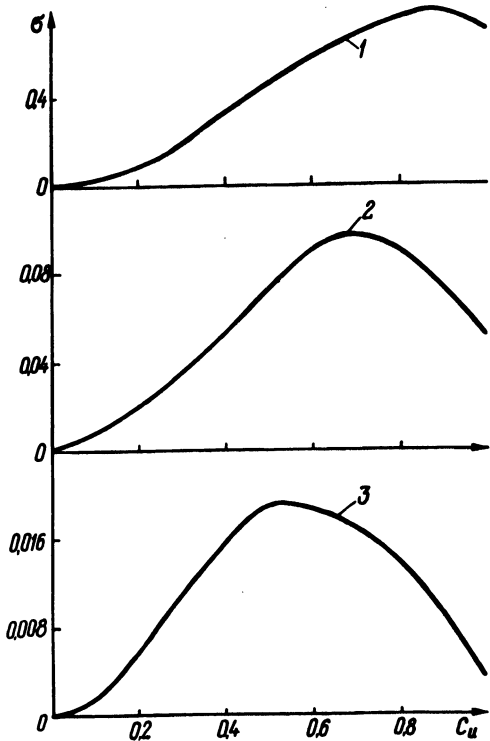


Рис. 3.

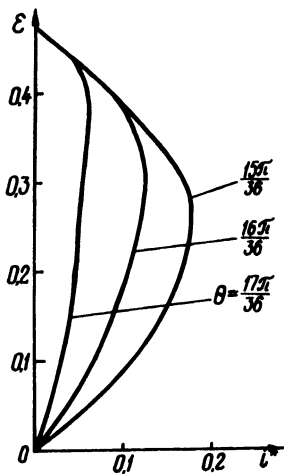


Рис. 4.

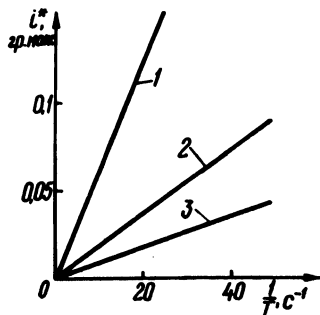


Рис. 5.

областей прерывистого и непрерывного режимов; U_6 — величина базового напряжения. За базовое напряжение принимается амплитуда синусоидального напряжения питания U_m ; i_{cp}^* — $= \frac{i_{cp}}{U_6 \omega L}$ — относительное значение среднего тока; $\theta = \arctg \frac{\omega L}{r}$; L — индуктивность цепи нагрузки; γ_3 — угол зажигания вентиля.

Зависимости $\epsilon_{гр} = f(i_{cp}^*)$, рассмотренные для значений $\theta = \frac{15\pi}{36}$; $\frac{16\pi}{36}$; $\frac{17\pi}{36}$ (соответственно $T = 0,012$;

0,018; 0,0364 с), приведены на рис. 4. По этим кривым определена зависимость $i_{гр, макс}^* = f\left(\frac{1}{T}\right)$, которая представ-

лена на рис. 5 для сравнения с аналогичными зависимостями других схем [4] (обозначения на рис. 5 такие же, как на рис. 3).

Численные значения некоторых величин, характеризующих сравниваемые схемы, приведены в табл. 1.

Таблица 1.

Схема, по которой выполнен общий выпрямитель	$\sigma_{макс}^* \times 10^3$	$K_{гр}$	$\alpha_{мин}$	$U_{до}^1$	β	l	$C_u = \frac{220}{U_{до}}$	α_{220}
Схема рис. 1	780	46,2	$27^{\circ}24'$	228	N	0,856		$31^{\circ}10'$
Однофазная мостовая	полууправляемая	98	18	$35^{\circ}18'$	310	2+N	0,644	$73^{\circ}30'$
	симметричноуправляемая	98	18	$32^{\circ}28'$	315	4+N	0,644	$73^{\circ}30'$
Трехфазная нулевая	19,5	8,8	$20^{\circ}41'$	242	3+N	0,853		$31^{\circ}50'$

Примечание. 1. При анализе работы общих выпрямителей преобразователей, построенных по рассматриваемому принципу, необходимо учитывать наличие нулевых вентилях. 2. Принятые обозначения: $\sigma_{макс}$ — максимальное значение относительных удельных дополнительных потерь; $K_{гр} = i_{гр, макс}^* T$ — коэффициент, характеризующий максимальное значение ширины зоны прерывистого тока; $\alpha_{мин}$ — минимальный угол открывания тиристорных преобразователя, работающего на противо-э.д.с. [5]; $U_{до}^1$ — выходное напряжение преобразователя, соответствующее углу $\alpha_{мин}$; l — количество управляемых вентилях; N — количество независимо регулируемых электродвигателей; α_{220} — угол открывания вентилях, обеспечивающий средневыпрямленное напряжение 220 В.

Из анализа табл. 1, рис. 3 и 5 следует, что тиристорный преобразователь, приведенный на рис. 1, обладает рядом достоинств, именно: малым количеством вентилях, а следовательно, простой системой управления и более высокой надежностью в сравнении с другими рассмотренными преобразователями. Недостатками его являются большие пульсации выпрямленного нап-

ряжения, более широкая зона прерывистых токов. Эти недостатки частично устраняются введением в цепь нагрузки дополнительной индуктивности.

Преобразователь может быть рекомендован для применения в приводах малой мощности.

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. изобр.," 1972, №26.
2. Михеев Н.Н., Романов В.В., Фираго Б.И. Определение действующего значения переменной составляющей тока нагрузки управляемых выпрямителей. — "Изв. вузов. Энергетика", 1970, №6.
3. Анхимюк В.Л., Михеев Н.Н. Анализ электромагнитных процессов выпрямителя. — В сб.: Электроэнергетика. Вып. 2, Минск, 1971.
4. Орлова Р.Т. Граничные условия непрерывного тока в тиристорном электроприводе. — "Электричество", 1968, №7.
5. Алексеева Н.А., Андреев Г.И., Морговский Ю.Я. Тиристорные регулируемые электроприводы постоянного тока. М., 1970.

О.Ф. Опейко

К РАСЧЕТУ ПОЗИЦИОННОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА С ПЕРЕМЕННОЙ СТРУКТУРОЙ

Позиционный электропривод с безынерционным преобразователем при известных допущениях описывается уравнениями

$$\begin{aligned} T \dot{\alpha} &= e, \\ T_{\theta} \dot{\theta} &= iR, \end{aligned} \quad (1)$$

$$TR \frac{di}{dt} = -e - iR + bu.$$

На структурной схеме (рис. 1) и в уравнениях (1) приняты обозначения: α — угол поворота вала двигателя, e — э.д.с. двигателя, i — ток; R — сопротивление якорной цепи; u — управляющее воздействие на входе преобразователя; b — коэффициент усиления; T_{θ} — постоянная интегрирования, θ и T — электромеханическая и электромагнитная постоянные времени.