

ВЫБОР СГЛАЖИВАЮЩЕГО РЕАКТОРА ИМПУЛЬСНО-УПРАВЛЯЕМОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА ПОСТОЯННОГО ТОКА

Е. В. АРИСТОВ, Р. А. ХУЗИН

Пермский государственный технический университет

В статье рассматриваются вопросы выбора сглаживающего реактора импульсно-управляемого электропривода постоянного тока в зависимости от параметров электродвигателя при ограничении коэффициента пульсаций тока в цепи якоря.

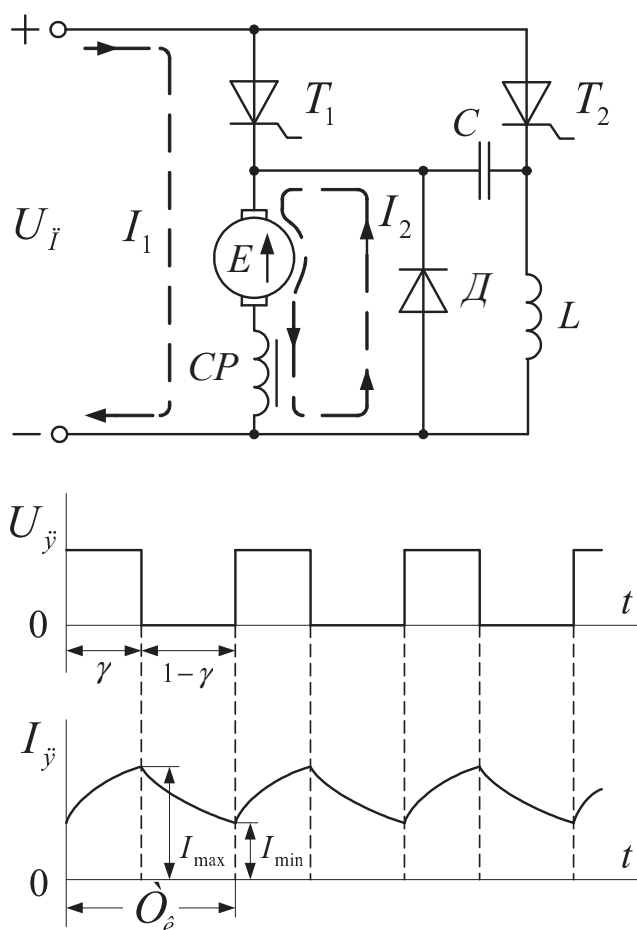


Рис. 1. Принципиальная схема электропривода постоянного тока с широтно-импульсным управлением; диаграммы напряжения и тока якоря

В импульсно-управляемых электроприводах постоянного тока напряжение, подаваемое на якорь электродвигателя постоянного тока, представляет собой последовательность прямоугольных импульсов с постоянной амплитудой и частотой следования. Регулирование среднего значения напряжения подаваемого на электродвигатель, как правило осуществляется изменением длительности импульса напряжения, т. е. широтно-импульсным способом. Принципиальная схема электропривода постоянного тока с широтно-импульсным управлением, а также диаграммы напряжения и тока якоря электродвигателя приведены на рис. 1.

В виду того, что на электродвигатель поступает напряжение в форме прямоугольных импульсов в кривой тока имеется периодическая переменная составляющая, которая характеризуется коэффициентом пульсаций:

$$K_{\dot{i}} = \frac{\Delta I_{\dot{y}}}{I_{i\dot{i}}} = \frac{I_{\max} - I_{\min}}{I_{i\dot{i}}} . \quad (1)$$

Пульсации тока якорной цепи $\Delta I_{\dot{y}}P$, при неизменном значении амплитуды импульсов напряжения, зависят от постоянной времени якорной цепи, частоты импульсов напряжения f_k (частоты коммутации) и скважности импульсов напряжения γ .

На основе математического описания электромагнитных процессов проведен анализ квазиустановившихся процессов, протекающих в электроприводе, в результате чего получено выражение, устанавливающее зависимость коэффициента пульсаций от постоянной времени якорной цепи и скважности импульсов с амплитудой равной номинальному напряжению электродвигателя.

$$K_{\dot{i}} = \frac{1 - e^{-\frac{\gamma}{\Theta}} - e^{-\frac{1-\gamma}{\Theta}} + e^{-\frac{1}{\Theta}}}{\rho \left(1 - e^{-\frac{1}{\Theta}} \right)} , \quad (2)$$

где Θ – постоянная времени якорной цепи в относительных единицах;

ρ – активное сопротивление якорной цепи в относительных единицах.

Графики, отражающие зависимость коэффициента пульсаций от скважности питающего напряжения и постоянной времени якорной цепи, приведены на рис. 2.

При переводе постоянной времени якорной цепи в относительные единицы за базовое время принято время периода следования импульсов питающего напряжения:

$$t_a = T_k = \frac{1}{f_k} , \quad (3)$$

исходя из этого:

$$\Theta = \frac{\dot{O}_{y\ddot{o}}}{t_{\dot{a}}} = \frac{L_{\ddot{y}} + L_{\ddot{n},\delta}}{R_{y\ddot{o}}} f_k, \quad (4)$$

где $L_{\ddot{y}}, L_{\ddot{n},\delta}$ – соответственно индуктивности якоря и сглаживающего реактора.

Принимая за базовое сопротивление значение отношения номинальных значений напряжения и тока электродвигателя выражение для определения активного сопротивления якорной в относительных единицах цепи запишется в следующем виде:

$$\rho = \frac{R_{y\ddot{o}}}{R_{\dot{a}}} = \frac{R_{y\ddot{o}} \cdot I_{i\dot{i}i}}{U_{i\dot{i}i}}. \quad (5)$$

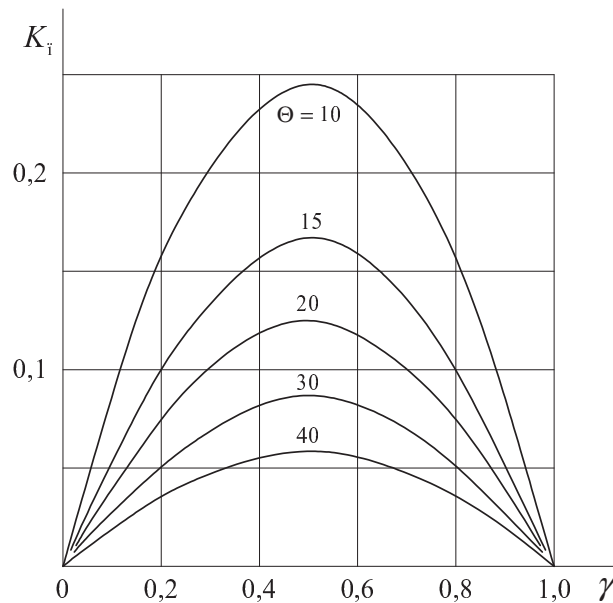


Рис. 2. Графики зависимостей $K_i = f(\gamma, \Theta)$ при $\rho = 0,1$.

Предприятиями-изготовителями электродвигателей регламентируется максимальное значение пульсаций тока якоря. Удовлетворение этого требования, при принятой частоте коммутации в системе широтно-импульсного управления, осуществляется включением в якорную цепь дополнительной индуктивности (сглаживающего реактора).

Из графиков (рис. 2) следует, что K_{Π} достигает своего максимального значения при $\gamma = 0,5$. Следовательно, при определении требуемого значения Θ , а следовательно и значения индуктивности сглаживающего реактора $L_{c,p}$, из условия ограничения K_{Π} допустимым значением, необходимо принимать $\gamma = 0,5$. Исходя из этого (2), запишется в виде:

$$K_i = \frac{1 - 2e^{-\frac{0,5}{\Theta}} + e^{-\frac{1}{\Theta}}}{\rho \left(1 - e^{-\frac{1}{\Theta}} \right)}. \quad (6)$$

Использование данной зависимости в практических расчетах связано с определенными сложностями в виду того, что функция $K_{\Pi} = f(\Theta)$ трансцендентна. С целью упрощения зависимости (6) степенные функции, входящие в эту зависимость, целесообразно разложить в ряд:

$$e^{-x} = 1 + \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^n \frac{x^n}{n!}. \quad (7)$$

Согласно (7), ограничиваясь первыми тремя членами ряда, степенные функции зависимости (6) запишутся в следующем виде:

$$e^{-\frac{1}{\Theta}} = 1 - \frac{1}{\Theta} + \frac{1}{2\Theta^2}; \quad (8)$$

$$e^{-\frac{0,5}{\Theta}} = 1 - \frac{0,5}{\Theta} + \frac{0,25}{2\Theta^2}. \quad (8)$$

Подставляя (8) и (9) в (6), после некоторых преобразований:

$$\Theta = 0,5 + \frac{0,25}{\rho K_{\dot{\Gamma}}}. \quad (10)$$

Не учет в (8) и (9) членов рядов выше третьего порядка не приводит к существенной погрешности, что следует из графиков зависимости $K_{\Pi} = f(\Theta)$, приведенных на рис. 3.

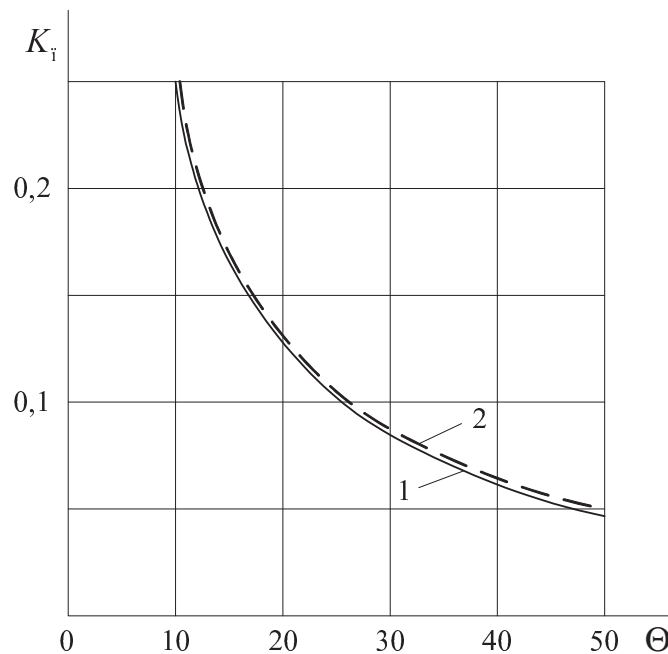


Рис.3. Графики зависимостей $K_{\dot{\Gamma}} = f(\Theta)$ при $\rho = 0,1$, $\gamma = 0,5$, рассчитанные: 1 – по (6); 2 – по (10).

Подставляя (4) и (5) в (10), после некоторых преобразований получим аналитическую зависимость $L_{\text{н\ddot{o}}} = f(K_{\text{т}})$:

$$L_{\text{н\ddot{o}}} = \frac{1}{f_{\text{k}}} \left(0.5R_{\text{y\ddot{o}}} + 0.25 \frac{U_{\text{т}}}{K_{\text{т}} I_{\text{т}}} \right) - L_{\text{y}}, \quad (11)$$

которая по конкретным параметрам электродвигателя и принятой частотой импульсов питающего напряжения позволяет определить индуктивность сглаживающего реактора.

Выбор сглаживающего реактора производится по расчетной индуктивности и номинальному значению тока электродвигателя.