

УДК 621.313.292

Д.П. Киселёв, И.С. Федосова, О.А. Киселёва

ФОРМИРОВАНИЕ УПРАВЛЯЮЩИХ ИМПУЛЬСОВ БЕСКОНТАКТНОГО ДВИГАТЕЛЯ ПОСТОЯННОГО ТОКА В ПУСКОВОМ РЕЖИМЕ

Воронежский государственный технический университет

В работе проводятся исследования процессов формирования управляющих импульсов бесконтактного двигателя постоянного тока в пусковом режиме. Рассматриваются вопросы возможности использования оптимального векторного управления при формировании первого ведущего базового вектора. Показано, что в системах с наблюдателем состояния возникают проблемы, связанные с определением базового вектора, обладающего максимальным коэффициентом пространственной интенсивности, а так же с определением направления вращения.

Ключевые слова: управляющий импульс, пусковой режим, схема замещения, бесконтактный двигатель постоянного тока.

Формирование управляющих импульсов бесконтактным двигателем постоянного тока (БДПТ) начинается в режиме пуска в зависимости от структуры построения системы управления. Пусковой режим - это начало процесса управления, его характеристики влияют на алгоритм управления. При синтезе систем управления с БДПТ [1] решаются многокритериальные задачи, главными из которых являются информационные, связанные с целесообразностью выполнения и распределения логических операций при регулировании частоты вращения. Эти задачи направлены также на решение вопросов энергоэффективности при работе с различными модификациями исполнительных электромеханических устройствами, способными выполнять заданные операции. Они также связаны между собой поиском оптимального решения.

Выбор метода управления БДПТ базируется на законах формирования вектора детерминированного оптимального управления, который является функцией начальных фазовых координат объекта и времени. В реальных системах управления БДПТ действуют различные случайные возмущения, начальные фазовые координаты которых точно не известны. Это особенно проявляется в системах с неполной обратной связью, когда только начинается восстановление координат ротора [2].

В настоящее время системы управления БДПТ строятся по принципу использования наблюдателей состояния (НС) или датчиков положения ротора (ДПР) и датчиков скорости (ДС) в цепи обратной связи. Векторное управление, используемое в системах с НС в пусковом режиме должно обеспечить подключение ведущего базового вектора, который по своим

параметрам ближе к оптимальному управляющему, то есть обеспечивающим угол близкий к 90 градусам между полем ротора и статора. Выбор обмоток, к которым будет подключено напряжение питания, случаен, и естественно нельзя гарантировать подключение ведущего базового вектора при импульсном управлении [3]. При наличии ДПР положение ведущего базового вектора определяется диапазоном сигнального сектора [4]. Пространственную настройку положения сигнального сектора можно провести за счет чувствительных элементов ДПР.

Скалярную величину тока можно определить по эквивалентной схеме, представленной на рис.1. Такой схемой можно воспользоваться до момента троганья, то есть когда $\omega = 0$.

На рис. 2 представлена операторная схема замещения.

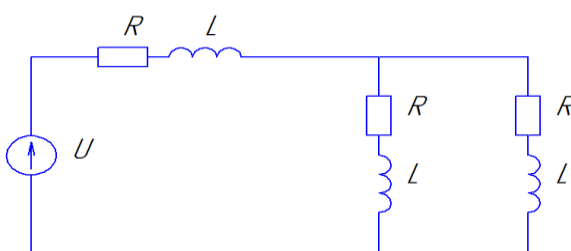


Рис. 1 - Эквивалентная структурная схема

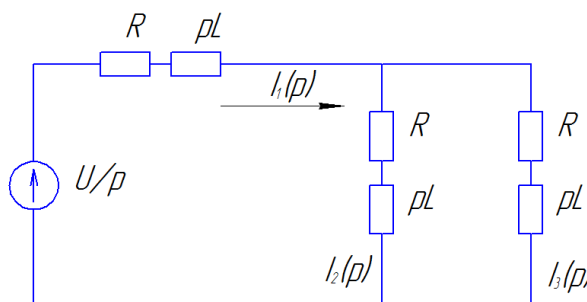


Рис. 2 - Эквивалентная операторная схема замещения

Определим операторные токи:

ток в первой ветви
$$I_1(p) = \frac{2U}{3p(R + pL)}$$

(1)

токи во второй и третьей ветвях

$$I_2(p) = I_3(p) = \frac{I_1(p)}{2} = \frac{U}{3p(R + pL)} \quad (2)$$

Перейдя от операторной формы записи к оригиналам, получим

$$\text{токи } i_1(t) = \frac{2U}{3R} \left(1 - e^{-\frac{R}{L}t}\right); \quad (3)$$

$$i_2(t) = \frac{U}{3R} \left(1 - e^{-\frac{R}{L}t}\right); \quad (4)$$

$$i_3(t) = \frac{U}{3R} \left(1 - e^{-\frac{R}{L}t}\right). \quad (5)$$

Величины токов, которые можно определить по формулам (1-5) скалярные. Эффект управления можно проанализировать только при переходе к векторам тока. Для этого необходимо учесть следующие условия:

- токи $i_1(t)$, $i_2(t)$ и $i_3(t)$ протекают в обмотках, расположенных в пространстве под углом 120° ;

- результирующий вектор токов $i_n(t) = \{i_1(t); i_2(t); i_3(t)\}$ будет создавать электромагнитный момент с вектором поля ротора;

- эффект воздействия на ротор, то есть возникновение условия $\frac{d\omega}{dt} \geq 0$ будет зависеть от угла θ между полем ротора и статора в момент протекания тока.

Перейдем к относительным единицам и получим

$$\mu_\theta \cdot \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right) = \mu_H,$$

(6)

где $\mu_\theta = \mu_0 \cdot \sin \theta$;

$\tau = \frac{L}{R}$ - постоянная времени обмоток;

$\mu_H = \frac{M_H}{M_\Pi}$ - относительный момент нагрузки.

Отсюда получим значение длительности импульса для обеспечения условия $\frac{d\omega}{dt} \geq 0$

$$t = \tau \ln \frac{\mu_{\theta}}{\mu_{\theta} - \mu_H} \quad (7)$$

Как видно из уравнения (7) сформированный импульс в пространстве не всегда может обеспечить пусковой режим.

В системе с НС может возникнуть еще одна проблема, связанная с направлением вращения.

Исходя из этого, можно сделать выводы:

1. В системе управления электропривода с БДПТ, где в цепи обратной связи используется ДПР и ДС, предварительную настройку близкого к оптимальному положению ведущего базового вектора можно провести за счет смещения расположения чувствительных элементов датчика относительно поля ротора.

2. В системе управления электропривода с НС возникают проблемы, связанные с определением базового вектора, обладающего максимальным коэффициентом пространственной интенсивности, а так же с определением направления вращения.

3. Длительность первого управляющего импульса является функциями случайных величин, связанными с выбором обмоток, к которым подключается напряжение, расположением поля ротора в пространстве, величиной нагрузки на валу.

ЛИТЕРАТУРА

1. Овчинников И.Е., Лебедев Н.И. Бесконтактные двигатели постоянного тока. – Л.: Наука, 1979.- 270с.
2. Методы робастного, нейро-нечеткого и адаптивного управления: Учебник в 5-и тт.; 2-е изд., перераб. и допол. Т.2: Статическая динамика и идентификация систем автоматического управления/ Под ред. К.А. Пупкова и Н.Д. Ягупова. – М., Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2004.- 640 с.
3. Киселёва О.А. Моделирование наблюдателя состояния в электромеханической системе на базе бесконтактного двигателя постоянного тока/ О.А. Киселёва, Д.П. Киселёв // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. Научный журнал - 2014.- №3(6) . <http://moit.vivt.ru/>

4. Киселёв Д.П. Моделирование адаптивного управления в электромеханической системе/ Д.П. Киселёв, О.А. Киселёва// Моделирование, оптимизация и информационные технологии. Научный журнал -2014.- №3(6) . <http://moit.vivt.ru/>

D.P. Kiselev, I.S. Fedosova, O.A. Kiseleva
**FORMATION OF CONTROL PULSE
BRUSHLESS DIRECT CURRENT MOTOR
IN STARTING MODE**

Voronezh State Technical University

In this work carried out studies of the formation of the control pulses contactless DC motor in the starting mode. The questions of the possibility of using the optimal vector control in the formation of the first drive of the base vector. It has been shown that in systems with a supervisor state of problems associated with the determination of the base vector having a maximum gain of the spatial intensity, as well as to determine the direction of rotation.

Keywords: control pulse, trigger mode, equivalent circuit, contactless DC motor.