

УДК 621.38

ПРИМЕНЕНИЕ АВТОГЕНЕРАТОРНЫХ СХЕМ ДЛЯ ТОКОВОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОПОРЦИОНАЛЬНЫХ МАГНИТОВ

А. В. КАРПОВ

Учреждение образования «Гомельский государственный
технический университет имени П. О. Сухого»,
Республика Беларусь

Введение

Электрогидравлические системы с пропорциональным управлением все чаще используются в различных областях машиностроения. Совершенствование работы пропорциональных электрогидравлических систем происходит постоянно. Ключевым элементом, связывающим гидравлическую систему с электрическим сигналом управления, является электропропорциональный магнит.

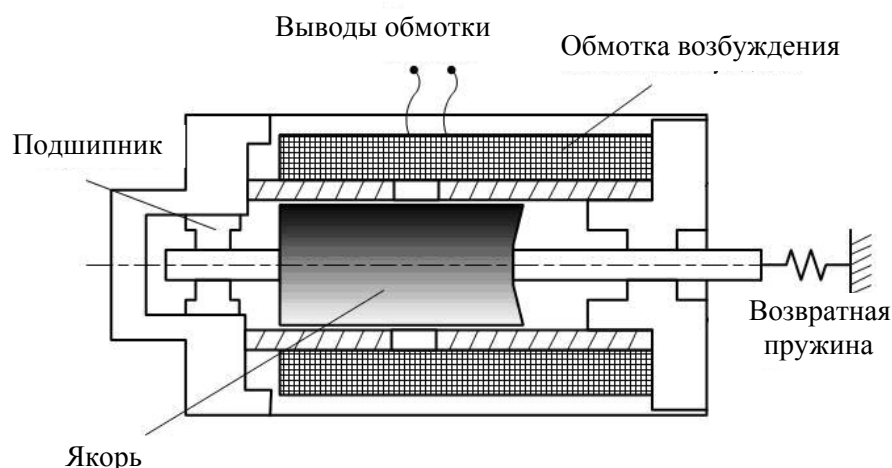


Рис. 1. Конструкция электропропорционального магнита

Целью работы является исследование автогенераторного способа управления электропропорциональным магнитом.

Электропропорциональные магниты (ЭПМ) используются для электрического управления пропорциональными гидравлическими системами. Усилие, развиваемое ЭПМ, пропорционально току, протекающему по его обмотке возбуждения. Подпружиненный якорь, ЭПМ создают двигатель линейных перемещений, используемый в гидравлических системах для изменения проходного сечения трубопровода и, тем самым, изменения расхода [1]–[7].

ЭПМ со стороны электрических параметров (стороны управления) представляет собой дроссель с воздушным зазором в магнитопроводе, меняющимся по мере перемещения якоря. Таким образом, в условиях эксплуатации со стороны возбуждения изменяется индуктивность дросселя и его сопротивление «меди» (изменяется температура окружающей рабочей гидравлической жидкости). В этих условиях необходимо поддерживать ток в дросселе на уровне заданного. Традиционным способом

управление током через ЭПМ осуществляется с использованием ключевого режима путем подачи ШИМ (широтно-импульсного) напряжения. В этом случае длительность импульсов пропорциональна среднему току. Для обеспечения независимости тока от влияющих величин – изменения сопротивления «меди», напряжения питания и индуктивности – используется обратная связь по току, протекающему через ЭПМ. Причем частота ШИМ напряжения остается неизменной [1], [2], [4], [5], [7].

Между тем известны регуляторы для ЭПМ, в которых по мере изменения тока частота ШИМ изменяется. В них организуется автогенераторный режим с использованием в качестве реактивного элемента индуктивности дросселя обмотки возбуждения ЭПМ и порогового элемента. Обзор публикаций с описанием такого способа управления током в ЭПМ не дал возможности выявить количественных соотношений между током ЭПМ, напряжением управления, параметрами обмотки возбуждения и питающего напряжения. В них представлены только конкретные технические характеристики блоков управления, работающих в паре с конкретными ЭПМ [3], [7].

Основная часть

В данной работе рассмотрен способ управления средним током в ЭПМ на основе автогенераторной схемы, в которой в качестве реактивного элемента используется индуктивность обмотки возбуждения. Функциональная схема, поясняющая работу автогенераторной схемы управления током в ЭПМ, представлена на рис. 2.

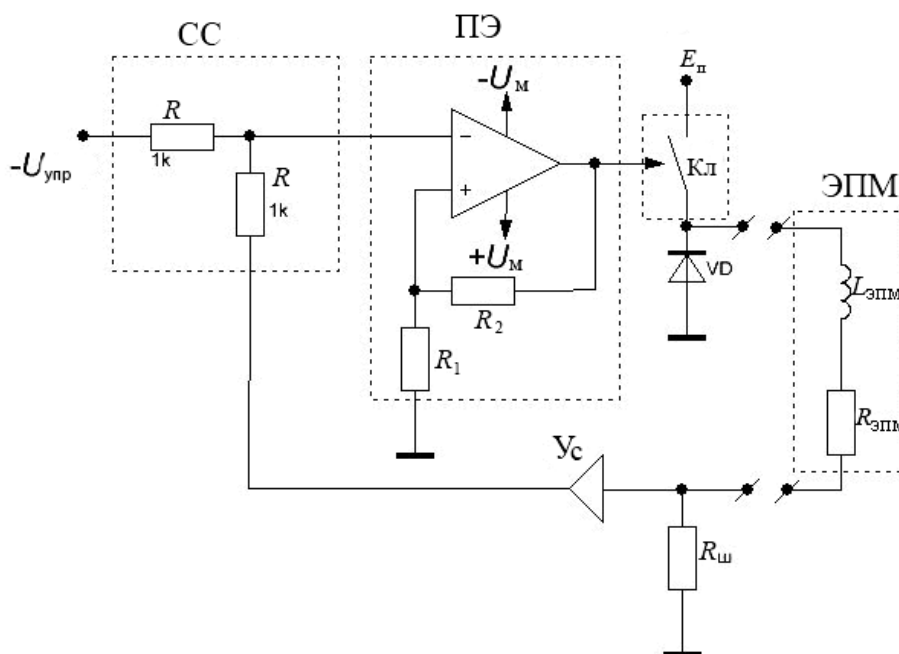


Рис. 2. Функциональная схема автогенератора для управления током в ЭПМ

Показана СС – схема суматора, реализована на резисторах R и предназначена для сравнения управляющего напряжения $U_{упр}$ и напряжения обратной связи:

$$U_{ос} = I_{ср} R_{ш} K_{ос}.$$

На схеме даны: ПЭ – пороговый элемент, представляет собой триггер Шмидта, реализованный на операционном усилителе (ОУ), с цепью положительной обратной связи R_2 , R_1 , которая задает гистерезис совместно с напряжением питания ОУ ($\pm U_M$);

U_c – усилитель падения напряжения на сопротивление шунта $R_{ш}$ от протекающего по нему среднего тока ЭПМ; E_n – источник силового напряжения, используемый для питания ЭПМ; Кл – ключевой элемент, бесконтактный ключ, подающий напряжение E_n на ЭПМ в интервалы времени, когда на выходе ПЭ высокий уровень напряжения; VD – возвратный диод, обеспечивающий протекание тока через ЭПМ в интервалы времени, когда Кл разомкнут; α – коэффициент деления цепи положительной обратной связи ПЭ:

$$\alpha = \frac{R_1}{R_1 + R_2}.$$

Временные диаграммы, поясняющие работу автогенератора, представлены на рис. 3.

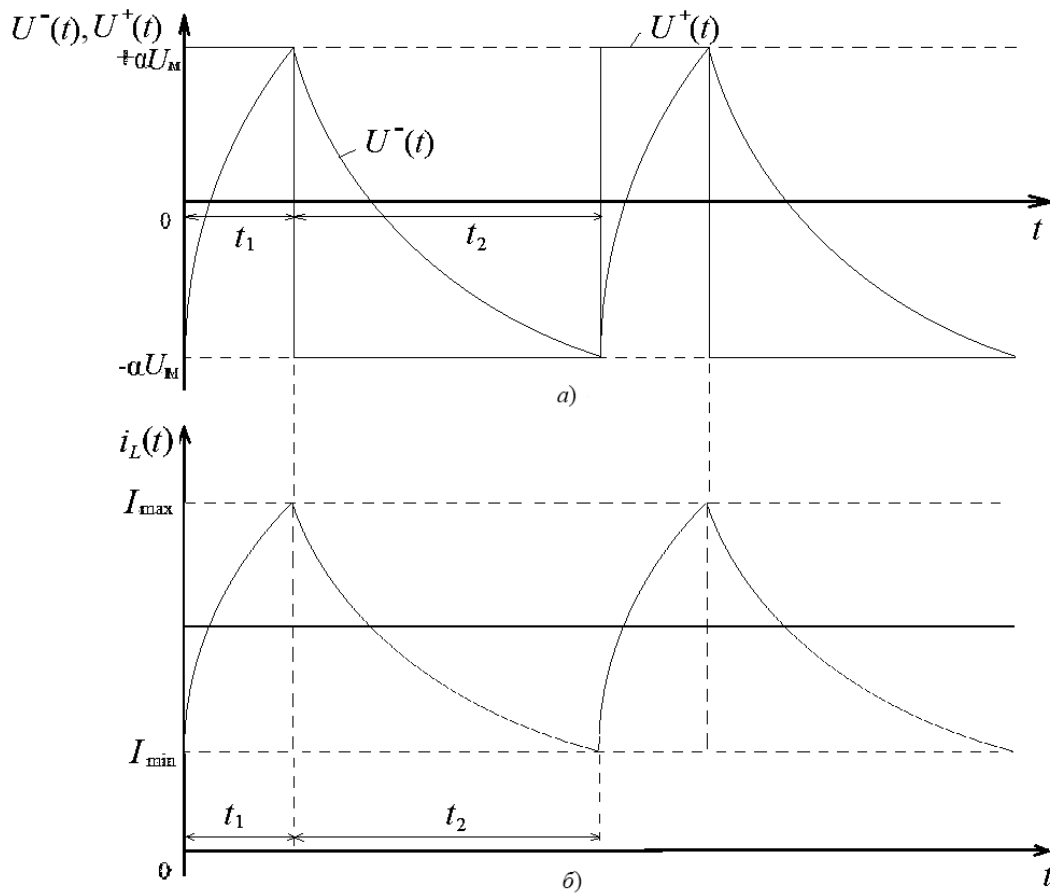


Рис. 3. Временные диаграммы изменений напряжений на входах:
 а – ПЭ – $U^-(t)$, $U^+(t)$; б – изменения тока $i_L(t)$ в ЭПМ

В установившемся режиме на интервале времени t_1 происходит нарастание тока в ЭПМ, на интервале времени t_2 – уменьшение тока i_L .

Для интервала t_1 :

$$i_L(t_1) = I_{\min} + (I_0 - I_{\min})(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}).$$

Для интервала t_2 :

$$i_L(t_1) = I_{\max} e^{-\frac{t}{\tau}},$$

где τ – постоянная времени обмотки возбуждения; $\tau = \frac{L_{\text{ЭПМ}}}{R_{\text{ЭПМ}}}$; I_0 – максимально возможный ток $I_0 = \frac{E_n}{R_{\text{ЭПМ}}}$ через ЭПМ.

Напряжение $U^-(t)$:

$$U^-(t) = 0,5(K_{\text{ос}} R_{\text{ш}} i_L(t) - U_{\text{вх}}).$$

На каждом интервале времени изменение напряжения на инвертирующем входе ПЭ равно удвоенному значению гистерезиса, соответственно, для t_1 и t_2 справедливы равенства:

$$0,5(K_{\text{ос}} R_{\text{ш}} i_L(t_1) - U_{\text{вх}}) = 2\alpha U_{\text{м}};$$

$$0,5(K_{\text{ос}} R_{\text{ш}} i_L(t_2) - U_{\text{вх}}) = 2\alpha U_{\text{м}}.$$

Максимальное значение тока I_{\max} имеет место в момент времени t_1 , т. е. когда справедливо равенство:

$$U^-(t) = \alpha U_{\text{м}} \Rightarrow 0,5(K_{\text{ос}} R_{\text{ш}} I_{\max} - U_{\text{вх}}) = \alpha U_{\text{м}}; I_{\max} = \frac{U_{\text{вх}} + 2\alpha U_{\text{м}}}{K_{\text{ос}} R_{\text{ш}}}.$$

Аналогично можно найти I_{\min} из выражения $U^-(t) = -\alpha U_{\text{м}}$, тогда

$$I_{\min} = \frac{U_{\text{вх}} - 2\alpha U_{\text{м}}}{K_{\text{ос}} R_{\text{ш}}}.$$

Окончательно можно получить выражения для длительностей нарастания t_1 и спада t_2 тока в ЭПМ:

$$t_1 = \tau \ln \frac{I_0 - I_{\min}}{I_0 - I_{\max}}; \quad t_2 = \tau \ln \frac{I_{\max}}{I_{\min}}.$$

Подставляя значения токов I_{\max} и I_{\min} получаем:

$$t_1 = \tau \ln \frac{K_{\text{ос}} R_{\text{ш}} I_0 + 2\alpha U_{\text{м}} - U_{\text{вх}}}{K_{\text{ос}} R_{\text{ш}} I_0 - 2\alpha U_{\text{м}} - U_{\text{вх}}}; \quad t_2 = \tau \ln \frac{U_{\text{вх}} + 2\alpha U_{\text{м}}}{U_{\text{вх}} - 2\alpha U_{\text{м}}}.$$

На основе функциональной схемы (рис. 2) была реализована схема электрическая принципиальная, представленная на рис. 4.

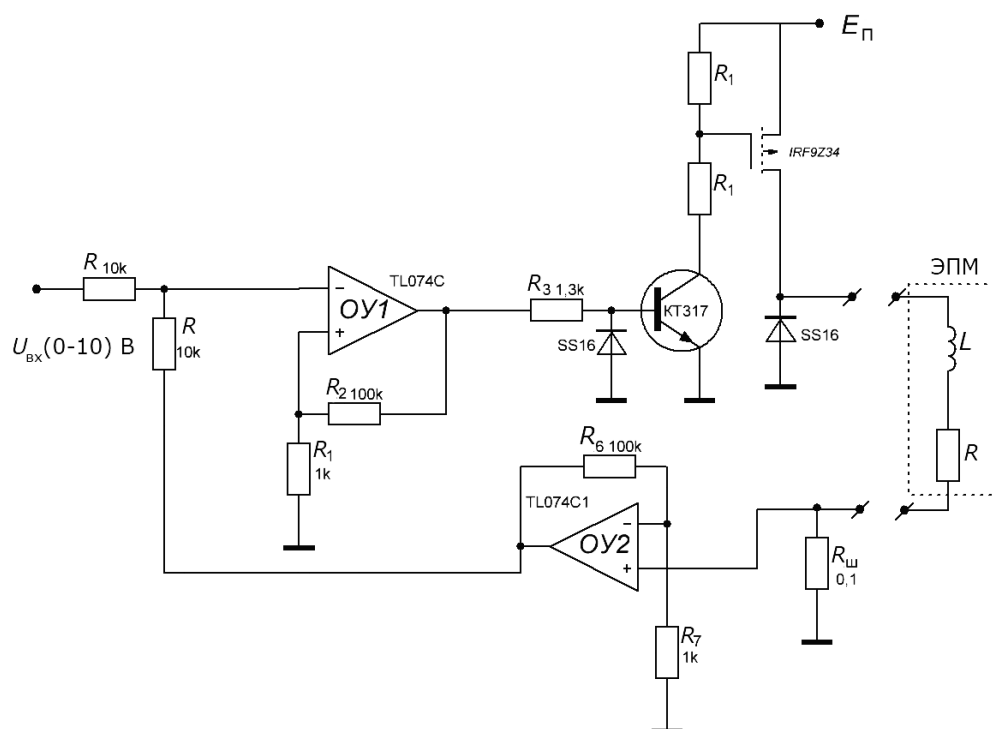


Рис. 4. Схема электрическая принципиальная автогенератора для управления тока в ЭПМ

Заключение

В результате можно изложить основные отличия автогенераторной схемы от схемы с питанием ШИМ напряжением:

1. Параметры пульсаций в данной схеме не зависят от среднего тока.
2. Схема проще в исполнении, поскольку отсутствует генератор треугольного напряжения.
3. Длительности импульса t_1 и длительности паузы t_2 пропорциональны постоянной времени обмотки возбуждения ЭПМ, это дает возможность простыми средствами определить значение индуктивности ЭПМ, в том числе и ее изменение в зависимости от перемещения якоря.
4. Данный принцип может быть реализован на основе микроконтроллера, но предложенное в статье схемное решение значительно ниже по стоимости.

Литература

1. Пропорциональная техника и техника сервоклапанов. Учебный курс гидравлики / А. Шмитт [и др.]. – Лор на Майне / ФРГ : Маннесманн Рексрот ГмбХ, 1986. – 323 с. : ил.
2. Scholz, D. Proportional hydraulics / D. Scholz. – Copyright by Festo Didactic GmbH & Co. – Denkendorf. – 2002. – 124 p.
3. Андренко, П. Н. Экспериментальное исследование преобразователей пульсаций / П. Н. Андренко, О. В. Дмитриенко, Э. В. Белоусов // Вестн. Харьков. гос. политехн. ун-та. – 2000. – Вып. 79. – С. 32–33.
4. Andrenko, P. Zastosowania interferencyjnych przemienników pulsacji ciśnienia do zmniejszenia tarcia w zespołach hydraulicznych / P. Andrenko // Hydraulika i Pneumatyka. – 2002. – № 6. – S. 24–25.

5. Андренко, П. М. Енергетичні характеристики процесу вібраційної лінеаризації гідроапаратів / П. М. Андренко // Вестн. Харьков. нац. автомобильно-дорож. ун-та. – 2004. – Вып. 24. – С. 39–42.
6. Vickers: Electronics. – 2016. – Mode of access: <http://www.vickershydraulics.ru/pages/products/frame.htm>. – Date of access: 15.02.2016.
7. Duplomatic: Electronics. – 2016. – Mode of access: http://www.duplomatic.com/ru_RU/prodotti/unita-elettroniche/amplificatori-a-connettore.html. – Date of access: 17.04.2016.

Получено 29.07.2016 г.