

ПРИМЕНЕНИЕ АВТОГЕНЕРАТОРНЫХ СХЕМ ДЛЯ ТОКОВОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОПОРЦИОНАЛЬНЫХ МАГНИТОВ

А. В. Карпов

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

Научный руководитель А. В. Ковалев

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, изменение расхода [1], [2].

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. Традиционный способ управления током через ЭПМ предусматривает использование 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», изменения напряжения питания и изменения индуктивности – используется обратная связь по току, протекающему через ЭПМ [3]. Причем частота ШИМ напряжения остается неизменной.

Между тем известны регуляторы для ЭПМ, в которых по мере изменения тока частота ШИМ изменяется [3]. В этих регуляторах отсутствует внешний генератор ШИМ напряжения. Обзор публикаций такого способа управления не дал возможным выявить качественных соотношений между сигналом управления, параметрами ЭПМ и его средним током.

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. 1.

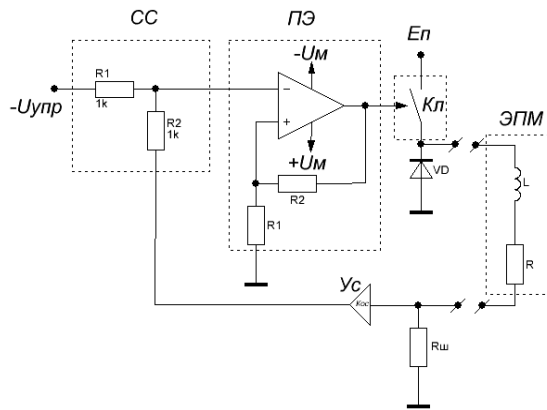


Рис. 1. Функциональная схема автогенератора для управления током в ЭМП

СС – схема сравнения, реализована на резисторах R и предназначена для сравнения управляющего напряжения $U_{упр}$ и напряжения обратной связи $U_{ос} = I_{ср}R_{ш}K_{ос}$. ПЭ – пороговый элемент, представляет собой триггер Шмидта, реализованный на операционном усилителе ОУ и цепью положительной обратной связи R_2, R_1 , которой задается гистерезис совместно с напряжением питания ОУ ($\pm U_M$); Ус – усилитель падения напряжения на сопротивление шунта $R_{ш}$ от протекающего по нему среднего тока ЭПМ; $E_{п}$ – источник силового напряжения, используемый для питания ЭПМ; $K_{л}$ – ключевой элемент, бесконтактный ключ, подающий напряжение $E_{п}$ на ЭПМ в интервалы времени, когда на выходе ПЭ высокий уровень напряжения; VD – возвратный диод, обеспечивающий протекание тока через ЭПМ в интервалы времени, когда $K_{л}$ – разомкнут. Временные диаграммы, поясняющие работу автогенератора, представлены на рис. 2.

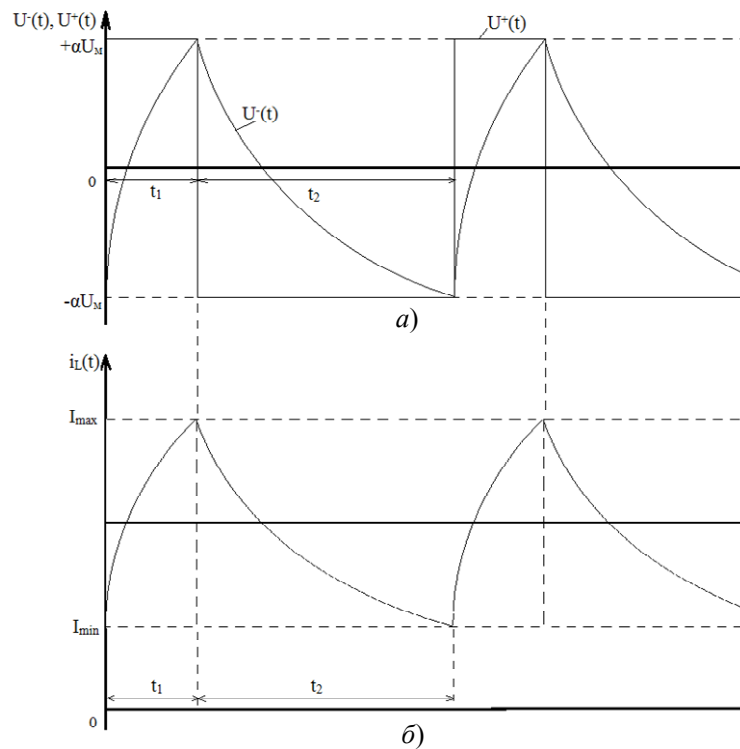


Рис. 2. Временные диаграммы изменений напряжений на входах: а – ПЭ – $U(t), U^+(t)$; б – изменения тока $i_L(t)$ в ЭПМ

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 :

$$i_L(t_1) = I_{\min} + (I_0 - I_{\min})(1 - e^{-t/\tau}); \quad (1)$$

– для интервала t_2 :

$$i_L(t_2) = I_{\max} e^{-t/\tau}, \quad (2)$$

где τ – постоянная времени обмотки возбуждения; $\tau = L/R$; I_0 – максимально возможный ток $I_0 = E/R$, через ЭПМ.

Напряжение:

$$U(t) = 0,5(K_{\text{ос}}R_{\text{ш}}i_L(t) - U_{\text{вх}}). \quad (3)$$

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

$$0,5(K_{\text{ос}}R_{\text{ш}}i_L(t_1) - U_{\text{вх}}) = 2\alpha U_{\text{м}}; \quad (4)$$

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

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

$$U(t) = \alpha U_{\text{м}} \Rightarrow 0,5(K_{\text{ос}}R_{\text{ш}}I_{\max} - U_{\text{вх}}) = \alpha U_{\text{м}} \text{ или } I_{\max} = (U_{\text{вх}} + 2\alpha U_{\text{м}})/K_{\text{ос}}R_{\text{ш}}. \quad (6)$$

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

$$I_{\min} = (U_{\text{вх}} - 2\alpha U_{\text{м}})/K_{\text{ос}}R_{\text{ш}}. \quad (7)$$

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

$$t_1 = \tau \ln \frac{I_0 I_{\min}}{I_0 - I_{\max}}; \quad t_2 = \tau \ln \frac{I_{\max}}{I_{\min}}. \quad (8)$$

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

$$t_1 = \tau \ln \frac{K_{\text{ос}}R_{\text{ш}}I_0 + 2\alpha U_{\text{м}} - U_{\text{вх}}}{K_{\text{ос}}R_{\text{ш}}I_0 - 2\alpha U_{\text{м}} - U_{\text{вх}}}; \quad t_2 = \tau \ln \frac{U_{\text{вх}} + 2\alpha U_{\text{м}}}{U_{\text{вх}} - 2\alpha U_{\text{м}}}. \quad (9)$$

На основе функциональной схемы (рис. 1) была реализована схема электрическая принципиальная, представленная на рис. 3.

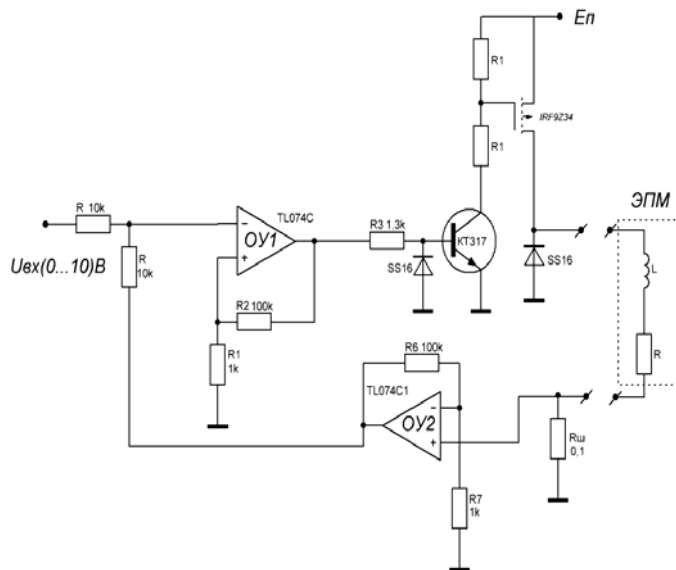


Рис. 3. Схема электрическая принципиальная автогенератора для управления тока в ЭПМ

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, в том числе и ее изменение в зависимости от перемещения якоря, т. е. определять его положение без датчика обратной связи.

Литература

1. Пропорциональная техника и техника сервоклапанов : учеб. курс гидравлики / А. Шмитт [и др.]. – Лор на Майне/ФРГ : Маннесманн Рексрот ГмбХ, 1986. – 323 с. : ил.
2. D. Scholz. Proportional hydraulics / D. Scholz. – Copyright by Festo Didactic GmbH & Co. – Denckendorf. – 2002. – 124 p.
3. Vickers: Electronics. – 2016. – Mode of access: <http://www.vickershydraulics.ru/pages/products/frame.htm>. – Date of access: 15.02.2016.