

СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ИНДУКТИВНОСТИ ОБМОТКИ ВОЗБУЖДЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРОПОРЦИОНАЛЬНОГО МАГНИТА

А. В. Карпов

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

Научный руководитель А. В. Ковалев

В современных пропорциональных электрогидравлических системах элементом, связывающим электрические управляющие сигналы и перемещение золотника гидрораспределителя, является электропропорциональный магнит (ЭПМ).

Подпружиненный якорь ЭПМ представляет собой двигатель линейного перемещения, управляемый током, протекающим по обмотке возбуждения. Таким образом, якорь, механически соединенный с золотником гидрораспределителя, при изменении тока в обмотке возбуждения изменяет проходное сечение и, соответственно, требуемые гидравлические характеристики (расход, давление и пр.). Точность управления при этом определяется качеством ЭПМ. Основной причиной потери точности является несовершенство изготовления ЭПМ, которое приводит к механическому гистерезису, возникшему в ре-

зультате трения в подшипниках скольжения в которых перемещается якорь [1], [2]. Эта сила трения в реальных магнитах значительно превосходит (25–30 раз) силу трения в обесточенном ЭПМ. Одним из способов уменьшения влияния гистерезиса является вибрационная линеаризация. Однако производители ЭПМ не приводят сведений об индуктивности обмотки возбуждения и тем более об ее изменении в зависимости от среднего тока обмотки возбуждения и перемещения якоря.

Функциональная схема установки для измерения параметров ЭПМ в зависимости от среднего тока и перемещения якоря, в пределах рабочего хода, представлена на рис. 1.

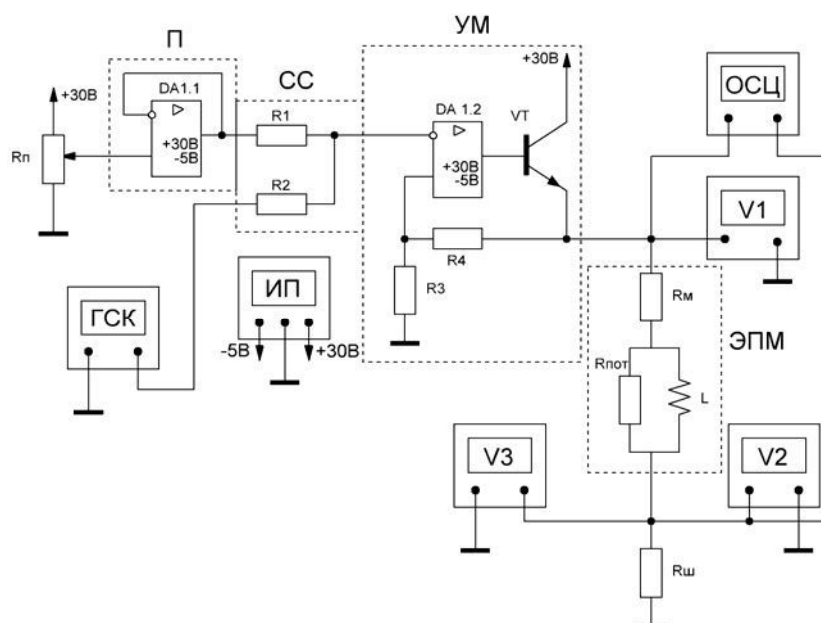


Рис. 1. Функциональная схема установки для измерения переменного тока и фазового сдвига обмотки возбуждения ЭПМ:

$R_{п}$ – потенциометр, с помощью которого задается постоянный ток в обмотке возбуждения ЭПМ; СС – схема суммирования постоянного и переменного напряжений; ГСК – генератор синусоидального напряжения, задающий амплитуду и частоту переменной составляющей; УМ – усилитель мощности, предназначен для усиления напряжения по мощности, реализован на основе операционного усилителя с последовательной отрицательной обратной связью и мощного эмиттерного повторителя; ЭПМ – электропропорциональный магнит, имеющий обмотку возбуждения с индуктивностью L , сопротивлением «меди» $R_{м}$ и сопротивлением потерь $R_{пот}$; $R_{ш}$ – сопротивление шунта, с использованием которого измеряется постоянный и переменный ток обмотки возбуждения; ИП – источник питания, выдающий требуемые для питания усилителя мощности напряжения $+30$ В и -5 В; V_1 , V_2 – вольтметры переменного; V_3 – вольтметр постоянного напряжения; П – повторитель напряжения, необходимый для согласования выходного сопротивления потенциометра $R_{п}$ и входного сопротивления СС; ОСЦ – осциллограф, необходимый для измерения фазового сдвига между напряжением E и током I в обмотке возбуждения ЭПМ

Поскольку коэффициент передачи СС равен 0,5, то для обеспечения единичного коэффициента передачи СС в УМ сопротивления резисторов обратной связи выбираем одинаковыми, т. е. коэффициент усиления УМ равен двум.

Для определения индуктивности L обмотки возбуждения производились следующие действия. При заданном перемещении x в пределах рабочего хода ЭПМ с помощью потенциометра $R_{\text{п}}$ задавался постоянный ток I через обмотку возбуждения, который устанавливался с использованием вольтметра V_3 . При помощи ГСК задавалась частота и амплитуда. Амплитуда измерялась при помощи V_1 , а V_2 использовался для измерения переменного тока через ЭПМ, I_{\sim} . Осциллографом измерялся фазовый сдвиг φ между напряжением E_{\sim} и током I_{\sim} . Данные фиксировались. Таким образом, требуется найти $R_{\text{пот}}$ и L , по известным $R_{\text{м}}$, E_{\sim} , I_{\sim} и φ . Модуль полного сопротивления $|z|$ вычисляется как отношение напряжения к току, комплексное сопротивление имеет вид:

$$z = R + \frac{nRjx}{nR + jx} = R \frac{n + j(n+1)\frac{x}{R}}{n + j\frac{x}{R}}, \quad (1)$$

где $x = \omega L$, и, обозначая $y = \frac{x}{R}$, можно записать:

$$z = R \frac{n + j(n+1)y}{n + jy}. \quad (2)$$

Путем преобразования с помощью тригонометрических формул выражение (2) можно представить в следующем виде:

$$y = \frac{\omega L}{R_{\text{м}}}, \quad (3)$$

$$n = \frac{R_{\text{п}}}{R_{\text{м}}}. \quad (4)$$

По заданной частоте ω вычисляем индуктивность L и сопротивление потерь.

Полученные результаты позволяют сделать ряд практических рекомендаций. Значение пульсаций (осцилляций), при прочих равных, будет проявляться выше тогда, когда значение индуктивности обмотки возбуждения ЭПМ ниже, а это происходит при больших и средних токах. Следовательно, диапазон управления током в ЭПМ необходимо по возможности смещать в сторону больших токов.

В работе описана экспериментальная установка, позволяющая измерять параметры обмотки возбуждения ЭПМ (I_{\sim} , E_{\sim} , φ), необходимые для вычисления ее индуктивности.

Представлена методика вычисления индуктивности по измеренным значениям I_{\sim} , E_{\sim} , φ , с использованием которой определены изменения индуктивности обмотки возбуждения в зависимости от положения якоря и среднего тока.

Представленная в работе методика экспериментального определения индуктивности пригодна для любых ЭПМ.

Литература

1. Влияние параметров питающего напряжения электропропорциональных магнитов на их гистерезис / В. А. Карпов [и др.] // Современные проблемы машиноведения : тез. докл. X Междунар. науч.-техн. конф. (науч. чтения, посвящ. П. О. Сухому), Гомель, 23–24 окт. 2014 г. / М-во образования Респ. Беларусь, Гомел. гос. техн. ун-т им. П. О. Сухого, ОАО «Компания «Сухой» ; под общ. ред. С. И. Тимошина. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2014. – С. 91–92.
2. Карпов, В. А. Зависимость гистерезиса пропорциональных магнитов от параметров управляющего напряжения / В. А. Карпов, А. В. Ковалев, А. В. Карпов // Вестн. Гомел. гос. техн. ун-та им. П. О. Сухого. – 2015. – № 1. – С. 44–50.
3. Анализ влияния критических дефектов магнитной системы электромагнита на его вебер-амперную характеристику / Д. В. Шайхутдинов [и др.] // Фундаментал. исслед. – 2014. – № 11 (ч. 11). – С. 2385–2389.
4. Устройство магнитного контроля для подсистемы управления производством электротехнических изделий / К. М. Широков [и др.] // Современ. проблемы науки и образования. – 2013. – № 6. – С. 192–200.
5. Адаптивная подсистема автоматического управления производством интеллектуальных электроприводов / Д. В. Шайхутдинов [и др.] // Современ. проблемы науки и образования. – 2015. – № 1 (ч. 2).
6. Карпов, А. В. Экспериментальное определение параметров намагничивающего контура пропорционального магнита / А. В. Карпов // Исследования и разработки в области машиностроения, энергетики и управления : материалы XIV Междунар. науч.-техн. конф. студентов, магистрантов и молодых ученых, Гомель, 24–25 апр. 2014 г. / М-во образования Респ. Беларусь, Гомел. гос. техн. ун-т им. П. О. Сухого. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2014. – С. 258–260.
7. Данилов, А. П. Электромагнит пропорциональный ПЭМ8 / А. П. Данилов. – 2005. – Режим доступа: <http://www.khvalynsk.lgg.ru/pem8.php>. – Дата доступа: 05.01.2017.
8. Гидравлика высочайшего качества. – 2009. – Режим доступа: http://www.boschrexroth.com.ua/country_units/europe/ukraine/ru/products_neu/bri/bri_news_overview/bri_news_sweschnikow/index.jsp. – Дата доступа: 10.01.2017.