

## УСТРОЙСТВО ДЛЯ НАМАГНИЧИВАНИЯ ИЗДЕЛИЙ ИЗ МАГНИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ

**Оганесян Андраник Тарикович**

*кандидат тех. наук, доцент,*

**Барегамян Гурген Виравович,**

*доктор тех. наук, профессор,*

**Мартirosян Норайр Вильямсович**

*кандидат тех. наук, доцент,*

**Хачатрян Ваге Айкович**

*научный сотрудник,*

Арзаян Рубен Гагикович

*научный сотрудник,*

**Азатян Рафаел Геворкович**

*научный сотрудник*

*Национальный политехнический университет Армении, г. Ереван*

## A DEVICE FOR MAGNETIZING PRODUCTS MADE OF MAGNETIC MATERIALS

**Hovhannisyan Andranik Tarik**

*candidate of technical Sciences, assistant professor,*

**Bareghamyan Gurgen Wirab**

*doctor of technical Sciences, professor,*

**Martirosyan Norayr Williams**

*candidate of technical Sciences, assistant professor,*

**Khachatryan Vahe Hay**

*scientific collaborators,*

**Arzanyan Ruben Gagik**

*scientific collaborators,*

**Azatyany Rafael Gevorg**

*scientific collaborators*

*National Polytechnic University of Armenia, Yerevan*

### Аннотация

Разработано намагничивающее устройство для изделий из магнитных материалов, осуществляющее предварительную подготовку изделия до основной магнетизации. При этом изделие подвергается многократной противофазной магнетизации посредством тока установившегося значения индуктивной катушки, исключая возникновение вихревых токов в изделии. Устройство может быть применено в научно-исследовательских и производственных целях.

### Abstract

A magnetizing device for products made of magnetic materials has been developed, which provides preliminary preparation of the product before the main magnetization. For this purpose the product is subjected to multiple antiphase magnetization by means of a steady-state current of the inductive coil, excluding the occurrence of eddy currents in the product. The device can be used for research and production purposes.

**Ключевые слова:** намагничивание, противофазное магнитное поле, магнитный материал, установка, электромагнит, микроконтроллер.

**Keywords:** magnetization, antiphase magnetic field, magnetic material, installation, electromagnet, microcontroller.

Введение. С целью повышения качества намагничивания и получения установленных магнитных параметров для изделий из магнитных материалов (ИММ) необходимо осуществить предварительную магнитную подготовку изделия до основной магнетизации. Для этого ИММ подвергаются многократной противофазной магнетизации ( $n=5...10$  раз) посредством тока установившегося значения индуктивной катушки [1].

Целью работы является разработка, проектирование, изготовление и испытание намагничивающего устройства для изделий из магнитных материалов, осуществляющего предварительную подготовку изделия до основной

магнетизации, подвергая при этом его многократной противофазной магнетизации посредством тока установившегося значения индуктивной катушки и исключая возникновение вихревых токов в нем.

Структурная схема и принцип работы устройства. Упрощенная структурная схема устройства представлена на рис. 1. Устройство питается от однофазного источника переменного напряжения 1, которое подается посредством автоматического выключателя однофазного напряжения 2. Далее питающее переменное напряжение выпрямляется диодно-тиристорным управляемым мостовым выпрямителем 3, и двухполупериодным выпрямленным напряжением

посредством электромеханического контактного мостового преобразователя 4 питается индуктивная катушка электромагнита намагничивания (ИКЭМ) 5. Система управления устройством выполнена на микроконтроллерной основе и содержит: усилители мощности сигналов управления 6, 7,

преобразователь кода нулевого значения напряжения питания 8, микроконтроллер 9, сигнальные светодиоды 10, источник питания постоянного напряжения 11 и кнопку запуска процесса намагничивания 12 [2].

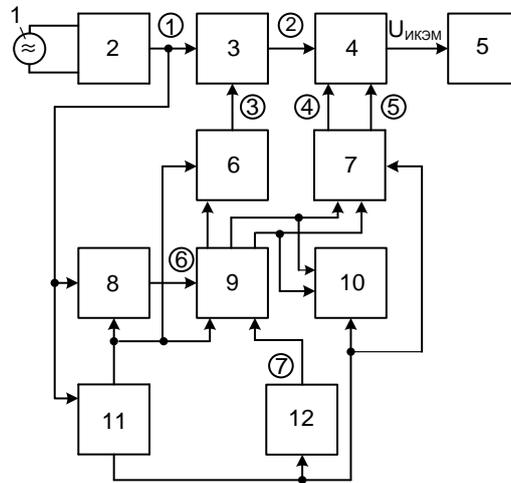


Рисунок 1. Упрощенная структурная схема намагничивающего устройства

На рис. 2 показаны временные диаграммы в характерных точках намагничивающего устройства.

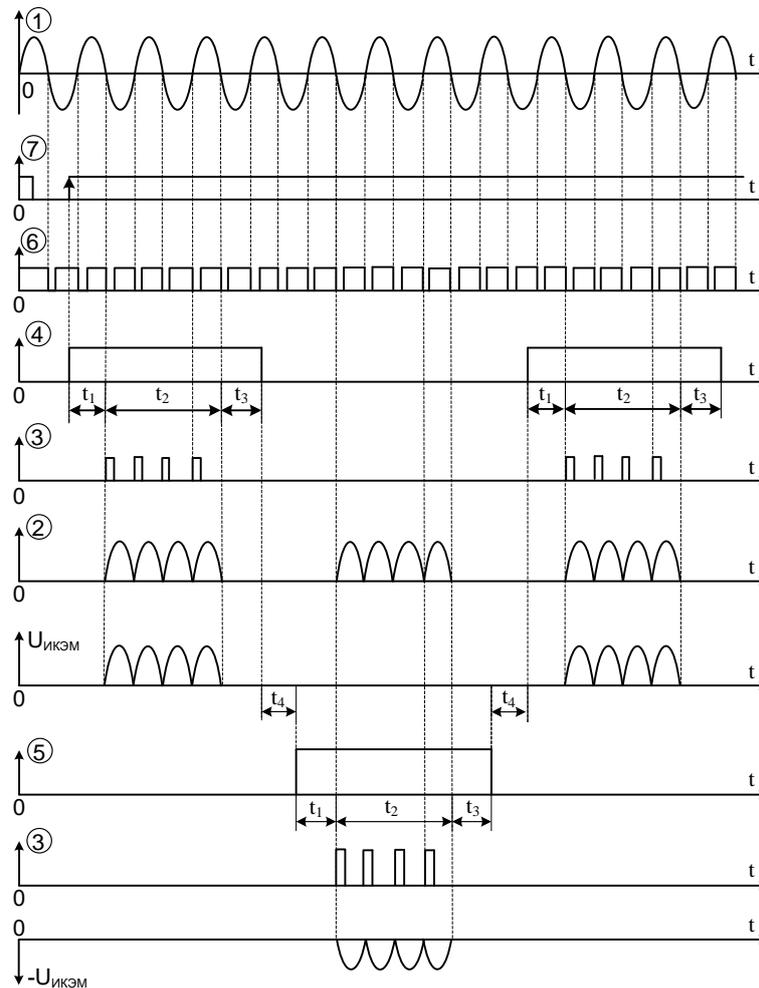


Рисунок 2. Временные диаграммы в характерных точках намагничивающего устройства при  $n=2$

До процесса намагничивания посредством соответствующей микроконтроллерной программы задаются временные длительности  $t_1$ ,  $t_2$ ,  $t_3$  и  $t_4$  управления процессом намагничивания и количество магнитной предварительной подготовки заготовки ( $n$ ), которые вводятся в основную память микроконтроллера. Длительность  $t_1$  обусловлена временем включения контакторов и длительностью достижения установившегося значения тока в ИКЭМ,  $t_2$  - процессом намагничивания магнитной заготовки,  $t_3$  - временем отключения контакторов и

длительностью гашения накопленной в ИКЭМ индуктивной энергии,  $t_4$  - паузой между разнополярными процессами напряжения.

На рис. 3 приведена электрическая схема электромеханического мостового преобразователя, где  $KU_1 \div KU_4$  - обмотки управления соответствующими электромеханическими контакторами,  $K_1 \div K_4$  - нормально открытые механические контакты соответствующих контакторов.

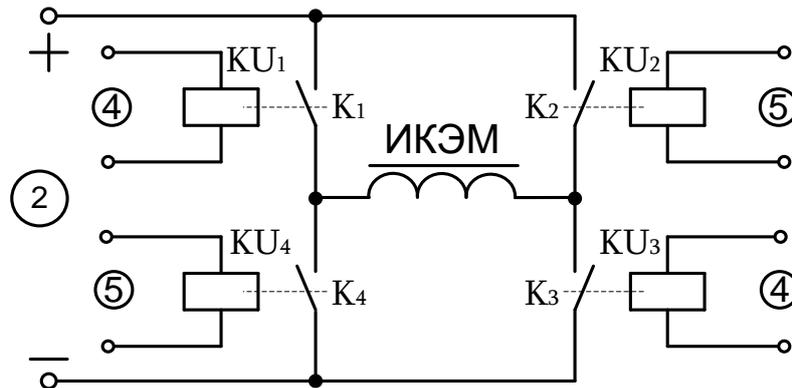


Рисунок 3. Электрическая схема электромеханического мостового преобразователя

На рис. 4 приведено фотоизображение строения намагничивающего электромагнита, где 1 и 2 - катушки индуктивности электромагнита, выводы которых соединены к контактам 5 ... 8 изоляционного столика; 3 и 4 - магнитопроводы, причем 4 является подвижным; 12 - ИММ, установленное в рабочем зазоре электромагнита. Катушки индуктивности могут быть соединены последовательно или параллельно, в зависимости от необходимой магнитной индукции в рабочем зазоре (на рис. 3 представлена одна индуктивная катушка).

ИММ устанавливается в рабочем зазоре намагничивающего электромагнита (рис. 4). Посредством автоматического выключателя однофазного напряжения, который предназначен

для защиты питающего источника от коротких замыканий и перегрузок, устройство намагничивания подключается к этому источнику. Источник постоянного напряжения 11 обеспечивает постоянные напряжения необходимых уровней для питания узлов 6, 7, 8, 9, 12 системы управления и одного из сигнальных светодиодов 10. Из сигнальных светодиодов 10 первый сигнализирует о наличии напряжения питания, второй - о процессе намагничивания с положительной полярностью, третий - то же, с отрицательной полярностью. Преобразователем кода 8 нулевого значения напряжения питания формируются короткие сигналы управления при нулевых значениях напряжения питания.

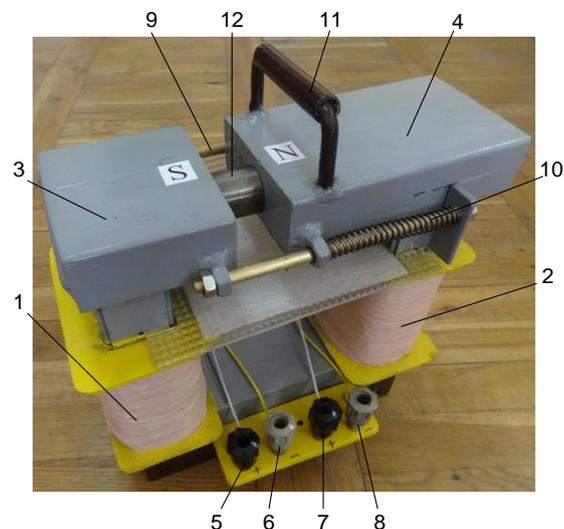


Рисунок 4. Фотоизображение строения намагничивающего электромагнита

Устройство работает следующим образом. При включении автоматического выключателя 2 переменное напряжение питания подается ко входу источника питания 11 постоянного напряжения, функционирование которого сигнализируется первым светодиодом набора 10. Нажатием кнопки запуска процесса намагничивания 12 формируется сигнал, передним фронтом которого запускается микроконтроллер. На соответствующем выходе микроконтроллера формируется сигнал управления усилителем мощности  $t1+t2+t3$ , который после усиления усилителем мощности 7 подается на обмотки КУ1 и КУ3 управления контакторами электромеханического преобразователя 4. Соответствующие контакторы замыкают нормально открытые механические контакты К1 и К3. По истечении времени  $t1$  на соответствующем выходе микроконтроллера формируются короткие сигналы управления с длительностью  $t2$  по выходным сигналам преобразователя 8 и коду нулевого значения напряжения питания, которые посредством усилителя мощности 6 подаются на управляющие электроды тиристорного выпрямителя 3. Отпиранием тиристоров однофазное переменное напряжение преобразуется в двухполупериодное пульсирующее напряжение, которое и подается на ИКЭМ, включенную по диагонали электромеханического преобразователя 4 (условно назовем его напряжением положительной полярности), и осуществляется намагничивание заготовки. Второй из светодиодов 10 сигнализирует об этом процессе. По истечении времени  $t3$  погашается накопленная в индуктивной катушке индуктивная энергия, и в результате размыкаются контакторы, открывая замкнутые механические контакты К1 и К3.

По истечении времени  $t4$  начинается процесс намагничивания, но с обратной полярностью напряжения на обмотке 5 ИКЭМ по диагонали электромеханического преобразователя 4 (напряжение отрицательной полярности). Для этого с соответствующего выхода микроконтроллера сигнал управления с длительностью  $t1+t2+t3$  после усиления усилителем мощности 7 подается на обмотки КУ2 и КУ4 управления контакторами электромеханического преобразователя 4. Соответствующие контакторы замыкают нормально открытые механические контакты К2 и К4. По истечении времени  $t1$  на соответствующем выходе микроконтроллера формируются короткие сигналы управления с длительностью  $t2$  по выходным сигналам преобразователя на основе кода нулевого напряжения питания, которые посредством усилителя мощности 6 подаются на управляющие электроды тиристорного выпрямителя. После

отпирания тиристоров преобразованное двухполупериодное пульсирующее напряжение подается на ИКЭМ 5, включенную по диагонали электромеханического преобразователя 4 (напряжение отрицательной полярности), и осуществляется намагничивание заготовки в обратной полярности. Третий из светодиодов 10 сигнализирует об этом процессе. По истечении времени  $t3$  погашается индуктивная энергия, накопленная в индуктивной катушке, и отключаются контакторы, размыкая замкнутые механические контакты К2 и К4. После временного интервала  $t4$  начинается очередной процесс намагничивания. Повторением процесса в количестве  $n$  раз обеспечивается противофазное изменение напряжения магнитного поля по магнитопроводу электромагнита и намагничивающего изделия, обеспечивая предварительную магнитную подготовку изделия. Повторением процесса намагничивания  $(n+1)$  раз обеспечивается намагничивание заготовки намагничивания.

До процесса намагничивания посредством соответствующего компьютерного моделирования задаются временные длительности управления процессом намагничивания и количество предварительной магнитной подготовки заготовки  $n$ , которые вводятся в основную память микроконтроллера. Временные длительности обусловлены соответствующими временами включения и отключения применяемых в электромеханическом преобразователе контакторов, временами достижения тока в ИКЭМ установившегося значения и затуханием накопленной в ней индуктивной энергии.

Длительности достижения тока в индуктивной катушке установившегося значения и гашения индуктивной энергии оцениваются следующим выражением:

$$t \approx 2,3L/R,$$

где  $L$  – индуктивность обмотки;  $R$  – ее активное сопротивление.

Основные параметры намагничивания электромагнита: общий вес –  $Q_{эл}=18$  кг; площадь рабочего зазора электромагнита –  $95 \times 35$  мм<sup>2</sup>; длина рабочего зазора – 80 мм, число витков каждой из индуктивных катушек –  $w=700$ ; активное сопротивление обмотки –  $R=3,57$  Ом; индуктивность –  $L=250$  мГн. В электромеханическом преобразователе применены контакторы серии ТКД501ДОД, марка микроконтроллера – Atmel Attiny2313.

На рис. 5 приведены взаимосвязанные осциллограммы напряжения и тока ИКЭМ при  $n=2$ .

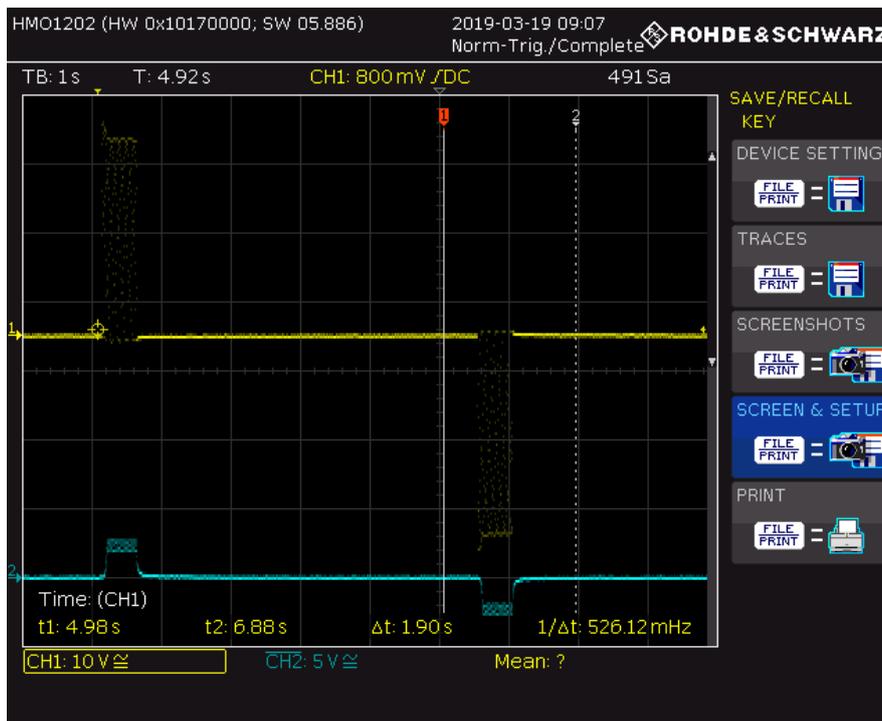
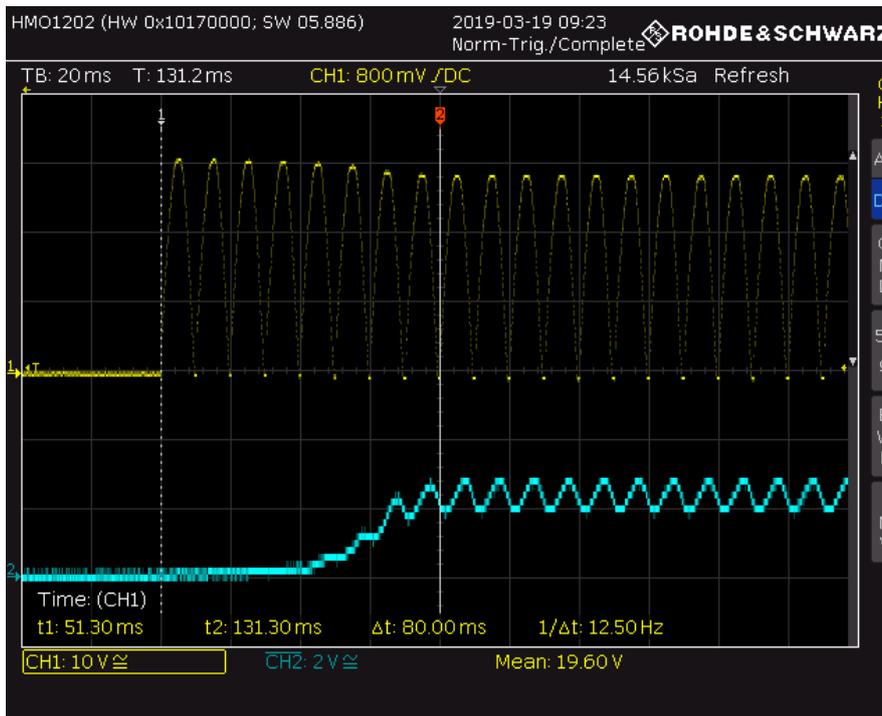
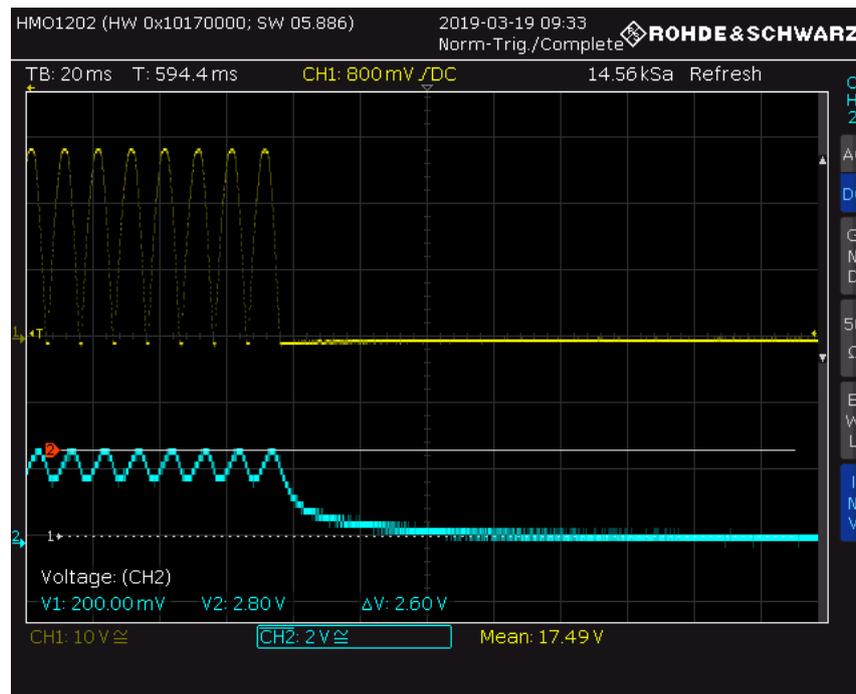


Рисунок 5. Взаимосвязанные осциллограммы напряжения и тока обмотки электромагнита при  $n=2$

На рис. 6 приведены взаимосвязанные осциллограммы напряжения и тока обмотки электромагнита на начальной (а) и завершающей (б) стадиях намагничивания.



а)



б)

Рисунок 6. Взаимосвязанные осциллограммы напряжения и тока обмотки электромагнита на начальной (а) и завершающей (б) стадиях намагничивания

**Заключение.** Устройство намагничивания заготовки из магнитного материала обеспечивает предварительную магнитную подготовку заготовки до основного намагничивания постоянным магнитным полем, обеспечивая соразмерность магнитных параметров. Устройство может применяться в научно-исследовательских и производственных целях.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Комитета по науке МОН РА в рамках научного проекта № 18Т-2В309, а также в рамках государственной программы Республики Армения

"Исследование электромагнитных систем, разработка новых систем".

#### Список литературы

1. Тареев Б.М., Короткова Н.В., Петров В.М., Преображенский А.А. Электрорадиоматериалы. - М.: Высш. школа, 1978.- 336 с.
2. Патент РА на изобретение 3334 А. Устройство для намагничивания изделий из магнитных материалов / А.Т. Оганесян, Н.В. Мартиросян. - Н 01F13/00, 01.10.2019, 14 с.