

Структура и принцип работы размагничивающей установки

В статье представлены новый режим работы, упрощенная структурная схема, временные диаграммы электрических сигналов на соответствующих точках и основные технические данные разработанной и внедренной в производство однофазной размагничивающей установки постоянных магнитов магнитоэлектрических аппаратов. Принцип размагничивания основан на способе воздействия частичного нагрева и затухающего разнополярного магнитного поля на постоянные магниты. Разработанная установка повышает эффективность размагничивания, обеспечивает получение сильных магнитных полей размагничивания и универсальность регулирования временных интервалов процесса размагничивания, исключает резкое перемещение и возникновение механических ударов на размагничивающей детали.

Андраник Оганесян, к. т. н.

andranik.hovhannisyan@yandex.ru

Григорий Питкевич

Autogrish@mail.ru

В настоящее время на промышленных предприятиях развитых стран выпускаются различные постоянные магниты (ПМ). Их типы исчисляются сотнями. Основное применение ПМ находят в таких областях, как электротехника, аппаратостроение, приборостроение, машиностроение, радиотехника и др.

Размагничивание — это процесс, в результате которого под воздействием внешнего магнитного поля уменьшается или исчезает полностью намагниченность ферромагнитного материала. Методы размагничивания ферромагнитных материалов и их особенности представлены в [1, 2].

Процесс размагничивания становится более сложным в случае ПМ, сделанных из сплавов редкоземельных элементов, так как они отличаются большим значением коэрцитивной силы по индукции BH_c и магнитной энергией W . Например, у ПМ марки NdFeB (неодим–железо–бор) модели 38EH значение BH_c составляет 2388 кА/м, а $W = 287...303$ кДж/м³.

Таким образом, усовершенствование способов и средств размагничивания ПМ является актуальной и насущной задачей.

Методология размагничивающей установки

Размагничивание основано на воздействии нагрева и затухающего разнополярного магнитного поля на ПМ. В рассматриваемом режиме размагничивающей установки характер напряженности магнитного поля H во времени t внутри рабочего объема обмотки электромагнита (ЭМ) изменяется соответственно графику на рис. 1.

В интервале времени $0...t_1$ амплитуда магнитного поля плавно возрастает до максимального значения, при этом действующие на ПМ электромагнитные силы тоже постепенно увеличиваются, и ПМ плавно захватывает максимальную энергию магнитного поля, исключая тем самым резкие изменения электромагнитных сил и возникновение механических ударов на размагничиваемые детали.

В интервале времени $t_1...t_2$ разнополярное магнитное поле в рабочем объеме ЭМ максимальное. В результате воздействия импульсов магнитного поля кривая из точки исходной намагниченности приводит в точку технического магнитного насыщения материала. Материал детали приобретает одинаковую намагниченность вне зависимости от исходной остаточной намагниченности. Это означает, что далее изменение намагниченности материала по всему объему детали будет происходить по одной кривой. В этом интервале времени потери в размагничиваемых деталях обычно делят на потери, обусловленные гистерезисом и вихревыми токами, и дополнительные потери. Все они представляют собой энергетические потери, характерные для ферромагнитных тел, которые могут быть использованы при нагревании размагничиваемых деталей.

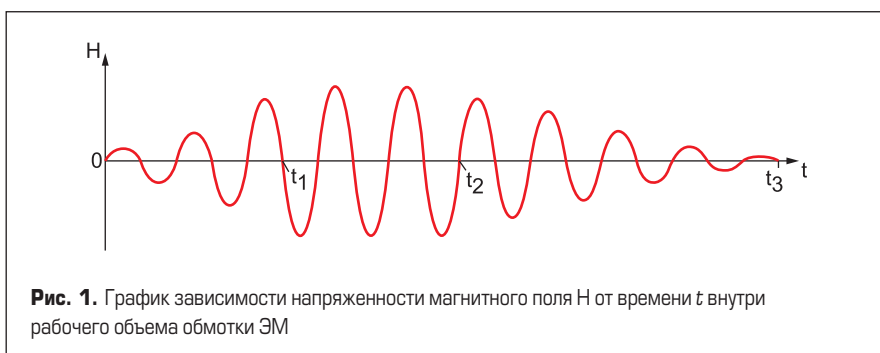


Рис. 1. График зависимости напряженности магнитного поля H от времени t внутри рабочего объема обмотки ЭМ

В интервале времени $t_2...t_3$ разнополярное магнитное поле по величине постепенно уменьшается, приводя к размагничиванию материала детали. При повторении импульсов, уменьшении их амплитуды и изменении полярности кривая намагниченности переходит в точку ноль — размагниченное состояние.

На основе предлагаемого режима работы электромагнита спроектирована размагничивающая установка для ПМ магнитоэлектрических аппаратов, которая внедрена в промышленное производство.

Структурная схема и принцип работы установки

На рис. 2 приведена структурная схема однофазной размагничивающей установки, где: 1 — датчик интенсивности нарастания и снижения напряжения нагрузки; 2 — таймер режима максимального напряжения нагрузки; 3 — триггер пуска установки; 4 — релейный блок; 5 — генератор пилообразных сигналов; 6 — компаратор, определяющий фазу открывания тиристоров; 7 — оптическая пара диод–тиристор, обеспечивающая передачу открывающих импульсов на тиристоры; 8 — силовой блок, состоящий из двух встречно-параллельно соединенных тиристоров; 9 — обмотка электромагнита; 10 — контрольный оптический блок диод–транзистор.

В состав датчика интенсивности входят потенциометры R1 и R2, с помощью которых устанавливается соответственно время нарастания $0...t_1$ и снижения $t_2...t_3$ напряжения нагрузки, а с помощью потенциометра R3 (в составе таймера) устанавливается продолжительность $t_1...t_2$ максимального значения напряжения нагрузки. Длительность временных интервалов можно плавно регулировать и устанавливать перед размагничиванием.

В устройстве применено фазовое регулирование с отстающим углом управления α , что создает в обмотке электромагнита серию разнополярных импульсов тока. В интервале времени $t_1...t_2$ управление тиристорами осуществляется критическим значением угла управления, где момент запираания одного тиристора совпадает во времени с моментом отпираания другого тиристора. В интервале $t_2...t_3$ частота размагничивающего поля постепенно уменьшается, что увеличивает эффективность размагничивания, так как увеличивается глубина проникновения магнитного поля в материал.

На рис. 3 приведены временные диаграммы электрических сигналов на соответствующих точках установки.

При нажатии на кнопку пуска SB переключается триггер, релейный блок запускает датчик напряжения, а генератор формирует пилообразные сигналы с удвоенной частотой по отношению к частоте синусоидального напряжения питания. Выходное напряжение датчика интенсивности нарастания и генератора пилообразных сигналов сравнивается со стороны компаратора, и при их сравнении на выходе формируются импульсы управления тиристоров силового блока, оптическая пара диод–тиристор обеспечивает гальваническую

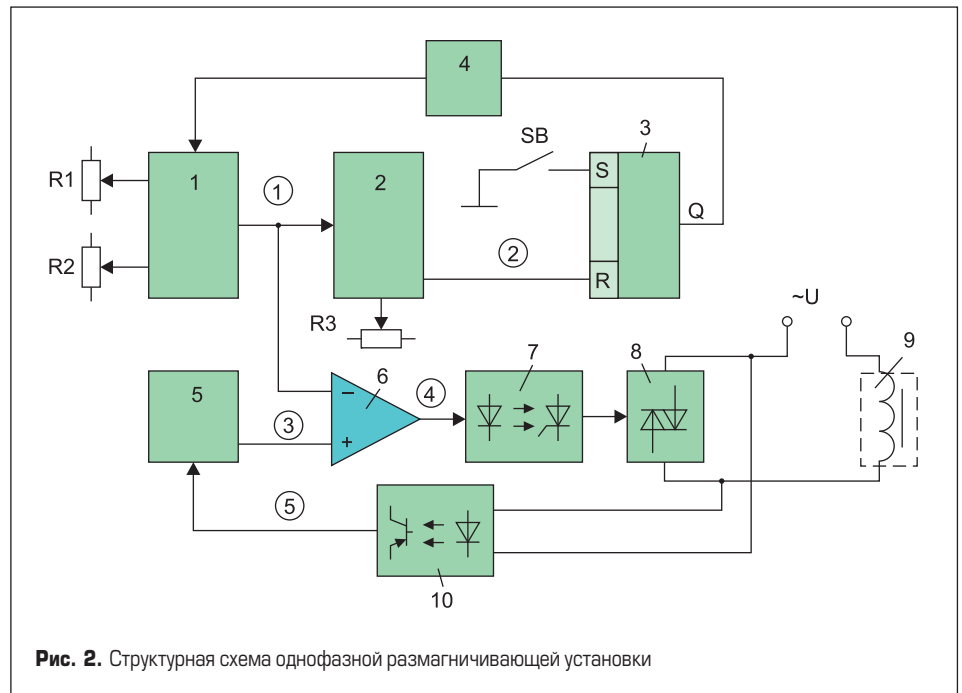


Рис. 2. Структурная схема однофазной размагничивающей установки

развязку между управляющим блоком и силовым тиристорным ключом. Через силовой тиристорный ключ обмотка ЭМ подключается к источнику синусоидального напряжения питания. С помощью контролирующего оптического блока диод–транзистор состояние напряжения на силовом блоке передается на генератор, с ним синхронизируются пилообразные сигналы и напряжение на тиристорах.

Компаратор управляет работой таймера режима максимального напряжения нагрузки, то есть, в зависимости от уровня сигнала на выходе датчика интенсивности, он запускает или сбрасывает таймер. По истечении

времени таймера максимального напряжения нагрузки компаратор переключает триггер в исходное положение, и начинается режим снижения напряжения нагрузки. Для сброса датчика интенсивности при включении питания используется реле времени на транзисторе T1 и элементах R7–R9 и C1.

Генератор пилообразного сигнала работает в зависимости от состояния тиристоров, то есть, если оба тиристора закрыты, генератор наращивает уровень сигнала до уровня на выходе датчика интенсивности. Далее компаратор генерирует импульсы открывания тиристоров. После того как один из тиристо-

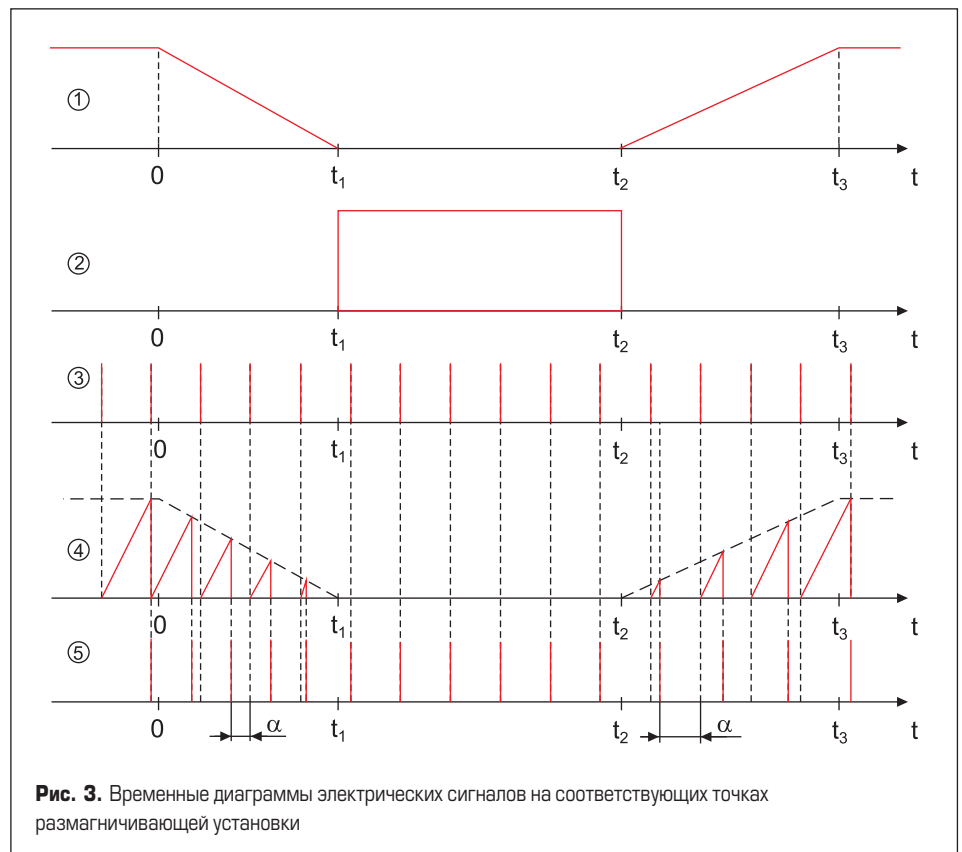


Рис. 3. Временные диаграммы электрических сигналов на соответствующих точках размагничивающей установки

ров открывается, генератор переходит в режим ожидания, при котором сигнал на его выходе нулевой. На следующем полупериоде напряжения сети процесс повторяется.

Принципиальная электрическая схема размагничивающей установки, конструкция и метод проектирования разработанного ЭМ представлены в [1–4].

Результаты исследования

На основе предлагаемого режима работы электромагнита спроектирована размагничивающая установка для ПМ магнитоэлектрических аппаратов, которая внедрена в промышленное производство. Основные технические данные установки:

- напряжение питающей сети 220 В;
- частота питающей сети 50 Гц;
- потребляемая мощность 14,5 кВА;
- количество витков обмотки электромагнита 256;
- размер рабочей зоны электромагнита 120×90×200 мм;

- длительность каждого регулируемого интервала 100 мс...120 с;
- вид запуска — ручной однократный;
- режим работы — повторно-кратковременный;
- охлаждение — естественное воздушное.

На разработанную установку получен патент Республики Армения на изобретение [5].

Выводы

Разработанная установка увеличивает эффективность размагничивания, обеспечивает получение сильных магнитных полей размагничивания и универсальность регулирования временем процесса размагничивания, исключает резкое перемещение и возникновение механических ударов на размагничивающей детали, повышает эффективность размагничивания.

Исследование выполнено при финансовой поддержке ГКН МОН РА в рамках научного проекта № SCS 13-2B059 и в рамках государственной программы Республики Армения

«Исследование электромагнитных систем, разработка новых систем».

Литература

1. Оганесян А. Т. Методы размагничивания ферромагнитных материалов и проектирования электромагнита // Вестник Инженерной академии Армении. 2013. Т. 10, № 1.
2. Оганесян А. Т. Режим работы размагничивающего устройства для постоянных магнитов // Известия вузов. Электромеханика. 2013. Т. 4.
3. Оганесян А. Т., Петросян Н. Н., Питкевич Г. И. Размагничивающая установка постоянных магнитов // Силовая электроника. 2013. № 4.
4. Оганесян А. Т., Петросян Н. Н., Питкевич Г. И. Установка для размагничивания постоянных магнитов // Электроника ИНФО. 2013. Т. 12(102).
5. Патент РА на изобретение 2880 А2. Размагничивающая установка / А. Т. Оганесян, Г. И. Питкевич. // H01F 13/00 от 27. 10. 2014.