

В этом случае подача на общий регулятор и на индивидуальные регуляторы сигнала по оксиду углерода позволяет предотвратить срабатывание индивидуальных регуляторов в случае изменения концентрации оксида углерода (при правильной настройке отклонения сигнала по расходу воздуха к горелке, вызванное изменением расхода общего воздуха, должно компенсироваться отклонением корректирующего сигнала по оксиду углерода). Надо отметить, что для повышения эффективности системы регулирования необходимо, чтобы погорелочные регуляторы работали в режиме периодического кратковременного включения для корректировки положения воздушных шиберов горелок. Такая схема регулирования нечувствительна к пульсациям, связанным с неравномерным забиванием регенеративных воздухоподогревателей.

Если процесс горения происходит при достаточно малых избытках воздуха без образования химнедожога, регулирование подачи воздуха в топку осуществляется только регулятором общего воздуха, воздействующим на частотный управляемый привод дутьевых вентиляторов. При появлении оксида углерода в режимном сечении котла в работу включаются регуляторы, осуществляющие погорелочное регулирование. Это позволит поддерживать концентрацию оксида углерода на уровне 100–200 ppm.

ЛИТЕРАТУРА

1. Назаров, В.И. Определение экспериментальной зоны регулируемого химнедожога / В.И. Назаров, В.Т. Малафей // Энергетика - Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ. – 2009. – № 6. – С. 70–73.

2. Назаров, В.И. К вопросу погрешности измерения концентрации оксида углерода термохимическими сенсорами / В.И. Назаров // Энергетика - Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ. – 2007. – № 2. – С. 74–79.

ИЗУЧЕНИЕ УСЛОВИЙ ЛЕВИТАЦИИ ПОСТОЯННОГО МАГНИТА В МАГНИТНОМ ПОЛЕ НЕСВЕРХПРОВОДЯЩЕЙ КАТУШКИ RESEARCH OF THE LEVITATION CONDITIONS OF A PERMANENT MAGNET IN A MAGNETIC FIELD OF A NON-SUPERCONDUCTING COIL

В. С. Пожидаев, М. А. Лобосов, Ю. Г. Миханова

V. S. Pozhidaev, M. A. Lobosov, Yu. G. Mikhanova

*Государственное учреждение образования «Гимназия №22 г. Минска», г. Минск, Республика Беларусь
«Gymnasium №22, Minsk», Minsk, The Republic of Belarus*

В настоящее время транспорт движется с максимально большой возможной скоростью, выделяя при этом вредные для атмосферы вещества. Нами был создан и исследован способ осуществления левитации постоянного магнита без использования сверхпроводника. Исследования показали возможность увеличения параметров установки до необходимых масштабов, температурную нестабильность представленной установки и оптимальное время работы до десяти минут.

Currently, transport is moving at maximum possible speed, emitting harmful substances into the atmosphere. We have created and researched a method of levitation of a permanent magnet without the use of a superconductor. Our research has shown the ability to enlarge our device to the required scale, thermal instability of the device and the optimal operating time of ten minutes.

Ключевые слова: левитация, сверхпроводимость, катушка индуктивности, стабилизация.

Keywords: levitation, superconductivity, inductance coil, stabilization.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2023-2-203-206>

Магнитное давление используется для компенсации ускорения свободного падения или любых других ускорений. Магнитная левитация используется в маглевах, магнитных подшипниках и покое продукции. В настоящее время транспорт движется с максимально большой доступной скоростью, выделяя при этом вредные для атмосферы вещества. Существующие материалы практически достигли пределов износостойкости. Поэтому современные ученые ищут пути улучшения данных параметров, повышения коэффициента полезного действия и уменьшения износа систем.

В литературе описаны исследования левитации в магнитном поле катушки, находящейся в сверхпроводящем состоянии. Посредством левитации в магнитном поле может быть достигнут минимальный износ материалов и, как следствие, больший срок службы изделий и уменьшение рисков для экологии.

В основе исследования лежит эффект левитации, проявляющийся при взаимодействии сверхпроводника, находящегося в не смешанном состоянии и постоянного магнита. Если сверхпроводник поместить в магнитное поле и охладить до сверхпроводящей температуры, то будет наблюдаться левитация сверхпроводника над телом постоянного магнита. Данный эффект обусловлен возникновением незатухающих токов на дефектах решетки сверхпроводника, которые препятствуют изменению положения магнита. Для осуществления левитации в поле несверхпроводящей катушки мы использовали схему стабилизации потока в катушке.

Мы предположили возможность левитации постоянного магнита в магнитном поле несверхпроводящей катушки. Один из способов решения этой задачи представлен в данном исследовании.

Цель работы: создать рабочую схему стабилизации магнитного поля катушки для левитации магнита в нем.

Объектом исследования является поведение магнита в магнитном поле несверхпроводящей катушке. Предметом исследования - условия левитации постоянного магнита в стабилизированном поле катушки.

В работе использовалось следующее оборудование: медная проволока, катушка без намотки, источник тока, макетная плата, резисторы, потенциометр, соединительные провода, постоянный магнит, мультиметр.

Сборка установки была произведена согласно схеме, представленной статьей в журнале 'Техническая физика'. После проведения тестирования данной схемы, была установлена невозможность точной балансировки моста потенциометром r_2 с номиналом 53 Ом, который впоследствии был заменен двумя резисторами с номиналом 52 Ом (постоянный резистор) и 2 Ом (переменный резистор). Потенциометр номиналом 2 Ом был изготовлен самостоятельно из вольфрамовой проволоки и установлен на стенд. После проведения экспериментов на модернизированном стенде было выяснено, что время левитации магнита не более 30 секунд. Исходя из этой информации, мы предположили, что параметры катушки были подобраны неверно. Была изготовлена вторая катушка с сопротивлением 36 Ом. После испытаний выяснилось, что время левитации увеличилось, но схема начала перегреваться из-за избыточного тока, проходящего через катушку, исходя из этого, принято решение изготовить третью катушку с активным сопротивлением 48 Ом, а также добавить вольтметр в схему, подключив его параллельно катушке, что позволило осуществлять визуальный контроль тока катушке. Также были осуществлены попытки прямого контроля тока катушки амперметром, путем его включения последовательно с катушкой. Попытка оказалась неудачной из-за влияния амперметра на температурный баланс схемы. Как было выяснено из проведенных экспериментов, замена катушки на третий вариант позволило довести время левитации до 1 минуты, с приемлемой тепловой стабилизацией установки. Далее было принято решение проверить зависимость времени и стабильности левитации от параметров магнита. Параметры, по которым изменялись магниты, - масса и конфигурация.

В результате проведенных экспериментов были выявлены оптимальные условия для проведения экспериментов с магнитом. Статья в журнале предложила 2 варианта размещения магнита в поле катушки.

- 1) Внесение магнита в поле катушки до включения установки.
- 2) Внесение магнита в поле катушки после включения установки.

Наиболее удобным оказался первый вариант. Магнит размещался на подставке стенда, с максимально допустимым расстоянием от катушки.

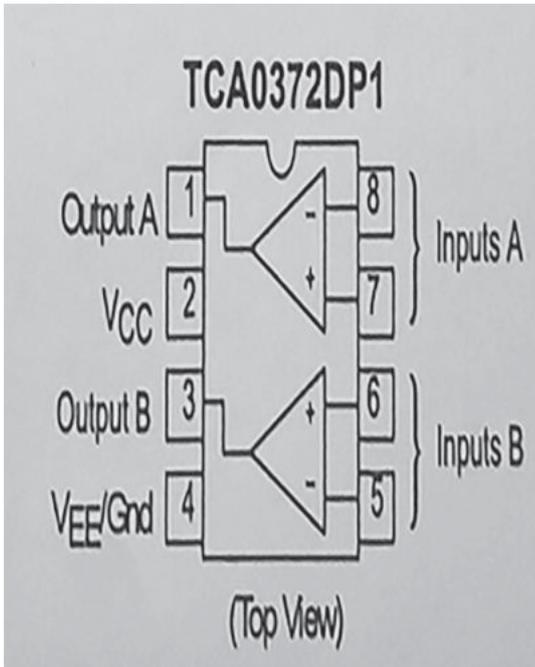
При сборке главным критерием было выполнение условий баланса моста ($R_1 \cdot R_3 = R_2 \cdot R_L$). Для достижения данной цели были использованы резисторы и потенциометр. Достигнуть идеального баланса моста не получилось ввиду изменения сопротивления при росте температуры. Получилось достигнуть максимально приближенных показателей ($R_1 \cdot R_3 \sim R_2 \cdot R_L$). Из-за несоответствия магнит не находился в олопо-степенной левитации, а постепенно удалялся. По мере удаления увеличивались и токи, необходимые для поддержания «замороженного потока». Магнит будет уравновешен в точке 0.0203m, то есть магнит переместится на 2.8 мм.

Для запуска установки необходимо:

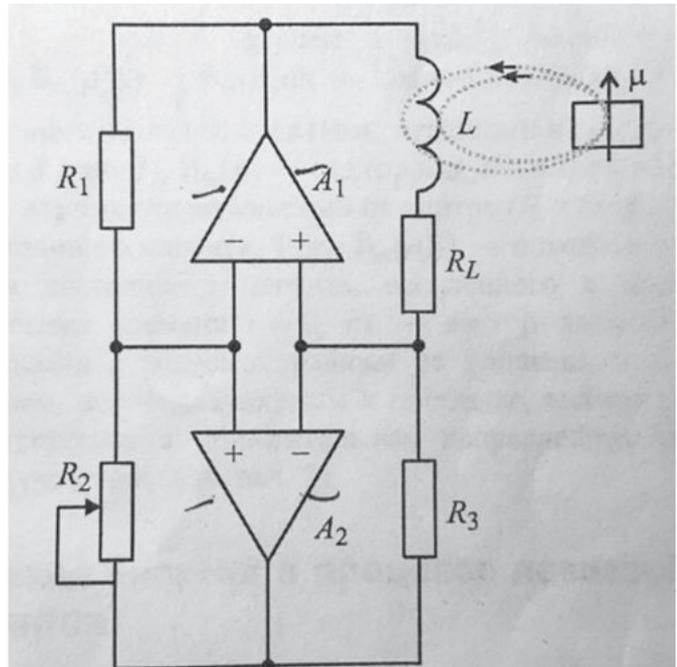
- 1) поднести постоянный магнит в поле катушки с разбалансированной схемой управления
- 2) Начать баланс схемы управления с помощью изменения сопротивления потенциометра
- 3) Продолжать настройку до тех пор, пока положение магнита не стабилизируется

Из-за нагрева установки потребуется постоянная калибровка схема, но таким образом можно достичь левитации постоянного магнита в поле несверхпроводящей катушки.

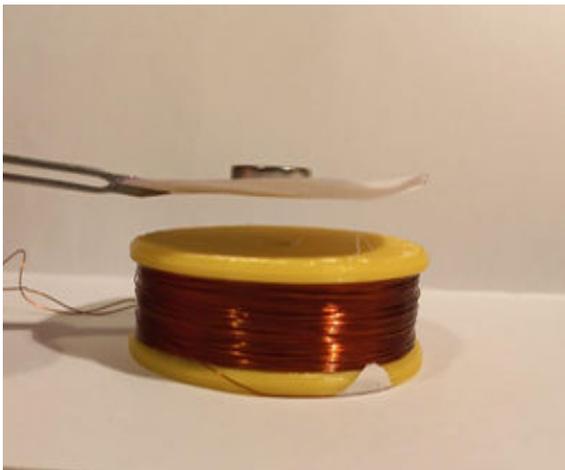
Данная схема управления магнитным полем катушки не позволяет добиться долговременной и стабильной левитации магнита из-за температурной нестабильности установки и слабой чувствительности схемы к медленному плавному перемещению магнита вниз под действием гравитации. Для стабилизации установки требуется установить контроль над температурными колебаниями. А также заменить микросхему на более чувствительную к плавному движению магнита в магнитном поле.



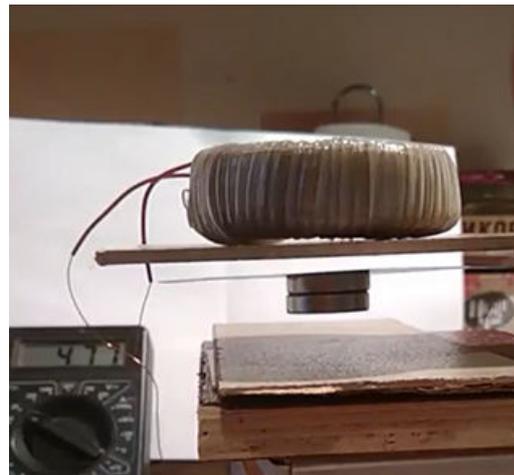
Электрическая схема основного элемента установки- операционный усилитель



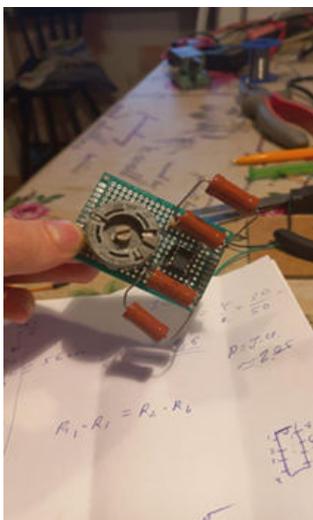
Электрическая схема стабилизации потока



Левитация магнита на первой версии установки



Левитация магнита на итоговой версии установки



Первая версия установки



Итоговая версия установки

Графики зависимости и осциллограммы

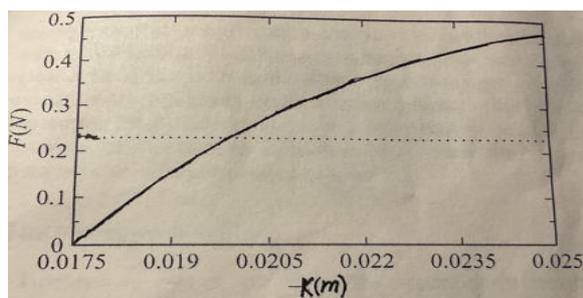
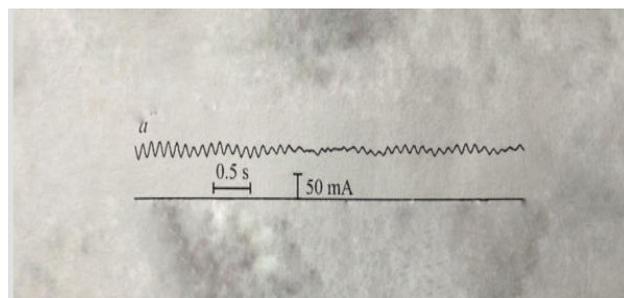


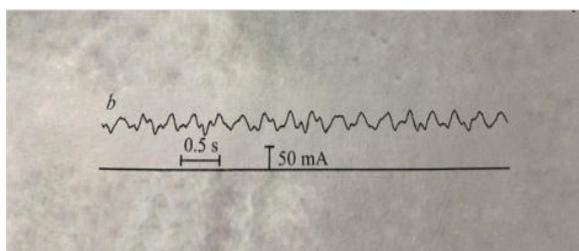
График № 1.

Зависимость силы, действующей на постоянный магнит от положения магнита.



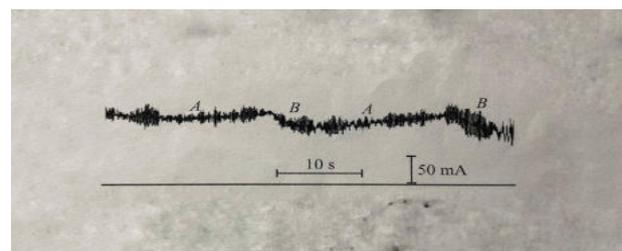
Осциллограмма № 1.

Ток в катушке, связанный с колебаниями магнита по вертикали



Осциллограмма № 2.

Ток в катушке, связанный с колебаниями магнита по горизонтали



Осциллограмма № 3.

Ток в катушке в процессе Настройки баланса моста

ЛИТЕРАТУРА

1. Гинзбург, В.Л., Андрюшин Е.А. Сверхпроводимость / Альфа-М, 2006.
2. Нейман, Л.Р., Демирчян, К.С. Теоретические основы электротехники. Т. 2. Ч. 4. Теория электромагнитного поля. 1981.
3. Тамм, И.Е. Основы теории электричества, 1989, 504 с.
4. Энциклопедия для школьников и студентов. В 12т. Т. 4. Мир техники/ под общ. ред. Н.А.Поклонского. - Минск: Беларус. энцыкл. імя П.Броўкі, 2012.
5. Документация Dual Power Operational Amplifier TCA0372. 2001.

EFFICIENT USAGE OF HEAT ENERGY IN TECHNOLOGICAL PROCESSES

ЭФФЕКТИВНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕПЛОЙ ЭНЕРГИИ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССАХ

N. Malkevich, H. Belskaya

Н. Г. Малькевич, Г. В. Бельская

*Belarusian National Technical University
Minsk, Republic of Belarus,
gbelskaja@mail.ru,*

*Белорусский национальный технический университет
г. Минск Республика Беларусь*

Main types of heat energy used in industrial technological processes have been considered. Those processes are usually used in three temperature ranges. An effective direction of energy saving for heating of industrial premises by gas infrared radiators has been proposed. Main advantages of biogas technologies are emphasized.

Рассмотрены основные виды используемой энергии для промышленных технологических процессов в трех температурных диапазонах. Предложено эффективное направление энергосбережения с помощью обогрева промышленных помещений газовыми инфракрасными излучателями. Подчеркнуты преимущества использования биогазовых технологий.