

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НОВОСИБИРСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ».

Физический факультет

Кафедра общей физики

Романов Евгений Павлович

КУРСОВАЯ РАБОТА

**Разработка детектора видимого излучения плазмы с питанием,
включаемым от магнитного поля установки**

Электромагнитный практикум, 2 курс, группа №19302

Научный руководитель:

к.ф.-м.н. В.В. Поступаев
Оценка научного руководителя

«_____» _____ 20__ г.

Преподаватель практикума

Никишин Алексей Викторович
Оценка преподавателя практикума

«_____» _____ 20__ г.

Куратор практикума:

к.т.н. В.Т. Астрелин
Итоговая оценка

«_____» _____ 20__ г.

Новосибирск 2020

Аннотация

Целью работы являлось изучение возможности использования собственного магнитного поля установки, предназначенной для исследования физики удержания плазмы, для автоматического управления включением диагностической аппаратуры. Для проведения работы была использована установка СМОЛА (спиральная магнитная открытая ловушка). В качестве датчика магнитного поля решено было использовать магнитоуправляемый контакт (геркон). Была создана тестовая плата для проверки работоспособности геркона в пространстве установки. На основании экспериментальных запусков были построены графики зависимости временных промежутков замыкания герконы от положения платы. Из этого было определено место наилучшего расположения геркона. После этого, была модифицирована схема питания одного из диагностических датчиков установки (фотодатчика). В ходе контрольного запуска была подтверждена работоспособность модифицированной схемы. Таким образом было определено, что собственное магнитное поле установки действительно можно использовать для автоматического управления аппаратурой.

Ключевые слова: собственное магнитное поле, диагностическая аппаратура, автоматическое управление, установка СМОЛА, геркон, тестовая плата, модифицированная схема питания.

Содержание.

1. Введение.....	4
2. Экспериментальная установка СМОЛА.....	6
3. Магнитоуправляемые контакты.....	7
4. Проверка работоспособности герконов в условиях установки СМОЛА.....	8
4.1 Устройство тестовой платы.....	8
4.2 Описание экспериментов с тестовой платой.....	9
4.3 Результаты экспериментов с тестовой платой.....	10
4.3 Вывод из проведённых измерений	12
5. Модификация системы питания фотодиодного датчика.....	13
5.1 Устройство модифицированной схемы питания фотодатчика..	13
5.2 Результаты контрольных запусков для проверки работоспособности схемы.....	14
5.3 Вывод из проведённой проверки.....	15
6. Заключение.....	16
7. Список литературы.....	16

Введение.

В данной работе поставлена задача изучить возможность использования собственного магнитного поля установки, предназначенной для исследования физики удержания плазмы, для автоматического управления включением диагностической аппаратуры.

Установка для исследования физики удержания плазмы – импульсная. Время существования плазмы, то есть время, в которое используются диагностическая аппаратура, много меньше интервала между экспериментами. Так как для регистрации слабых сигналов в условиях электромагнитных помех используется аппаратура с автономным батарейным питанием, на таких установках запас батарей расходуется нерационально. Ручное же включение диагностической аппаратуры зачастую неудобно или даже противоречит технике безопасности.

В работе было решено использовать магнитоуправляемые контакты (герконы) [1], расположенные непосредственно в магнитном поле установки для включения питания диагностической аппаратуры. В отсутствие магнитного поля контакты геркона разомкнуты, из-за чего между экспериментами запас батарей диагностической аппаратуры не расходуется.

Работу условно можно разделить на три части

- 1) Анализ способов решения поставленной задачи.

При запуске установки по изучению плазмы в первую очередь включается питание на катушках, создающих магнитное поле, а уже потом источник изучаемой плазмы. Идея работы состоит в том, чтобы модифицировать схему питания диагностической аппаратуры (а именно фотодиодного датчика) таким образом, чтобы она замыкалась при включении магнитного поля, и датчик был готов к работе до появления плазмы. Для этого решено было использовать магнитоуправляемый контакт – геркон. Более сложные датчики магнитного поля использовать не рентабельно, так как большинство из них в не активном состоянии также потребляют запас батарей, что противоречит самой идеи работы, а также более требовательны к обслуживанию и могут быть выведены из строя «агрессивной» магнитной средой установки. Простота геркона, делает его менее подверженным к неисправностям, и даже в случае поломки, такой элемент легко поддается замене.

- 2) Создание тестовой схемы и определение пространственной области срабатывания геркона.

Перед подключением геркона к схеме питания диода необходимо выяснить где и при каких значениях поля (а если точнее - настройках питания катушек) срабатывает геркон. Для этого была создана тестовая схема, и проведен ряд экспериментов без плазмы на установке СМОЛА.

3) Модификация фотодиодного датчика и демонстрация его работоспособности.

Финальный этап работы – подключение геркона к схеме питания датчика. И демонстрация работоспособности модифицированного фотодатчика в эксперименте с реальной плазмой.

Экспериментальная установка СМОЛА.

СМОЛА – спиральная магнитная открытая ловушка [2][3].

На данной установке проводились опыты с тестовой платой и проверка работоспособности модифицированного датчика. Данная установка хорошо подходит для наших опытов. Она специально проектировалась упором на то, что при работе с ней люди могут безопасно оставаться в комнате с установкой. Поэтому можно достаточно быстро проводить опыты с изменением положения датчика. Датчик устанавливается в центральной части установки (рисунок 1, 2). Также в виду того, что внешнее магнитное поле слабее полей других подобных установок, работоспособность метода на данной установке гарантирует его работу на установках с более сильным внешним магнитным полем.

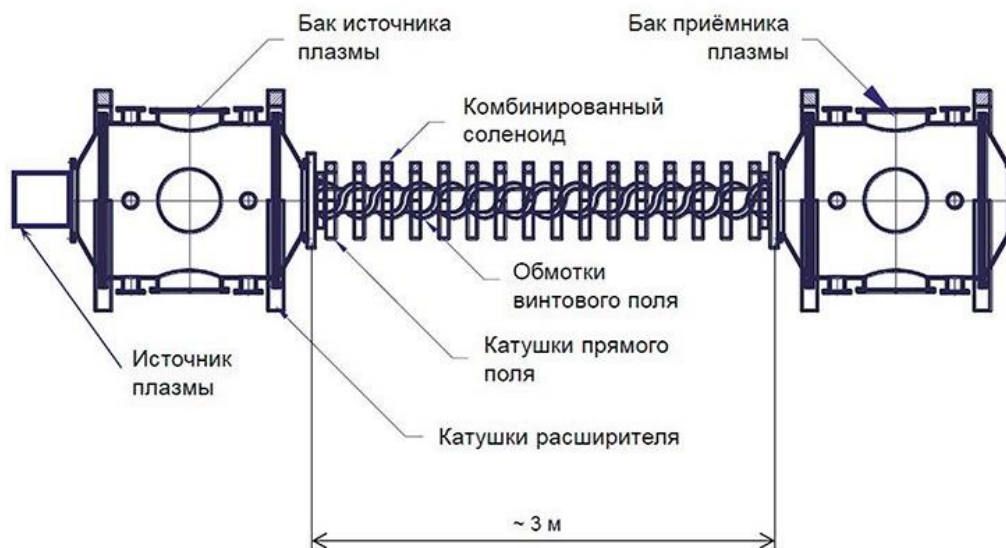


Рисунок 1 - Схема установки СМОЛА

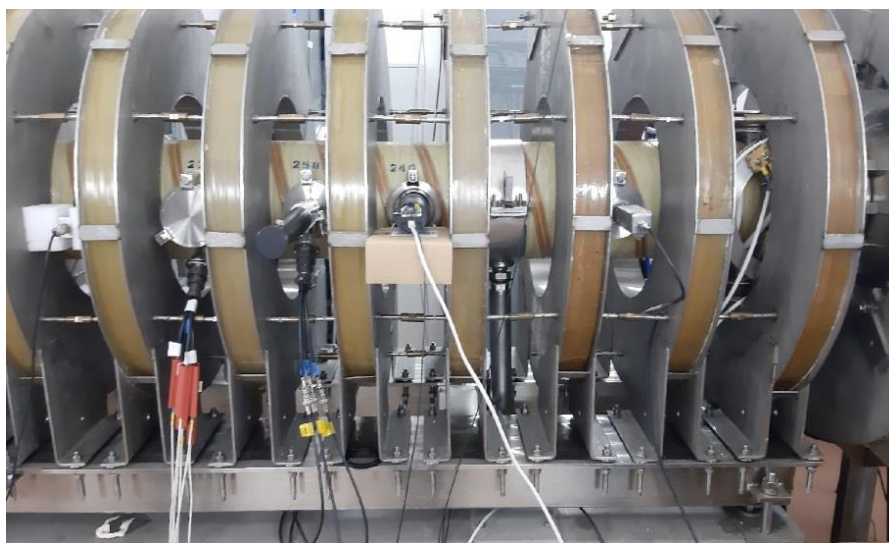


Рисунок 2 – Фотография центральной части установки

Магнитоуправляемые контакты.

Герконы - герметизированные магнитоуправляемые контакты. Предназначены для коммутации электрических цепей постоянного и переменного тока. Они имеют высокую скорость срабатывания (0,5...2,0 мс), малое сопротивление контактов (0,1...0,5 Ом), низкую потребляемую мощность (50...200 мВт) и устойчивы к большому диапазону температур от -60°C до +150°C). Также имеют большой ресурс работы. Кроме того, герконы достаточно малы (рисунок 3), чтобы их можно было установить на уже имеющуюся схему питания.

В данной работе используется геркон модели КЭМ-2.

КЭМ-2 – геркон замыкающего типа.

Максимальный коммутируемый:

ток $I = 0,5 \text{ А}$

Напряжение $U = 180 \text{ В}$

Мощность $P = 10 \text{ Вт}$

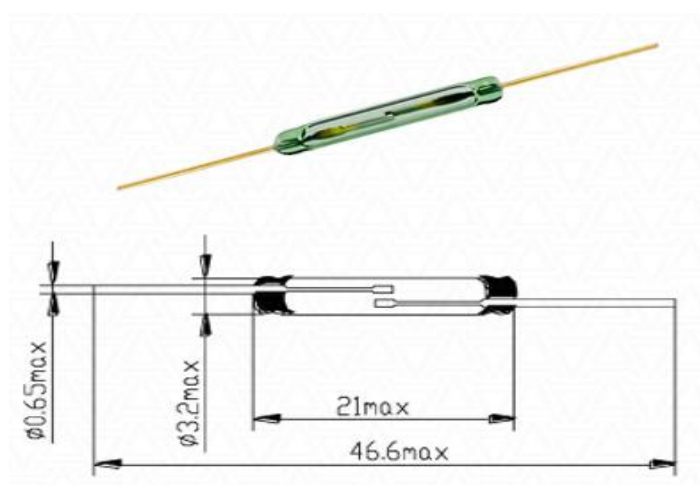


Рисунок 3 - Фотография геркона и его размеры

Проверка работоспособности герконов в условиях установки СМОЛА

Устройство тестовой платы

Для проверки работоспособности геркона в условиях установки была спаяна тестовая плата (рисунок 4). Она состоит из:

- Основание – плата размерами 3,5 на 8 см.
- Геркона
- Батарейки на 9 В
- Двух резисторов на 1000 и 24 Ом
- Кабель с разъемом для подключения к АЦП

Принцип работы платы:

При срабатывании геркона цепь замыкается, и по ней начинает течь ток. Кабель ведущий к АЦП параллельно подключен к резистору так, что АЦП регистрирует напряжение на сопротивлении. Так как значение напряжения батарейки (9 В) превышает диапазон, в котором работает АЦП, установлено дополнительное сопротивление последовательно к первому. Из-за чего напряжение батарейки делится, и на АЦП приходит сигнал уже лежащий в диапазоне измерений. Таким образом при появлении магнитного поля АЦП будет фиксировать прямоугольный импульс.

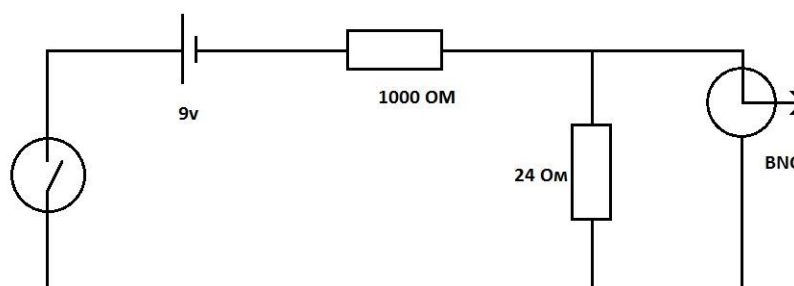


Рисунок 4 - Схема тестовой платы

Описание экспериментов с тестовой платой.

Проверка работоспособности тестовой платы проводилась на экспериментальной установке СМОЛА. Питание магнитных катушек на данной установке осуществляется основными источниками и подключаемым дополнительно конденсатором. Конденсатор позволяет быстро создать сильное магнитное поле, и большинство экспериментов на установке проводятся с его использованием. Также на СМОЛЕ реализуем запуск без конденсатора, и тогда магнитное поле нарастает постепенно. Испытания с герконом проводились в обоих режимах.

Плата устанавливалась напротив окошка для фотодатчика, между катушками, где в дальнейшем и планируется установка модифицированного фотодатчика. В сериях экспериментов плата передвигалась радиально от центра установки. Положение определялось величиной L – расстояние от окошка до ближнего края платы (на котором располагался геркон).

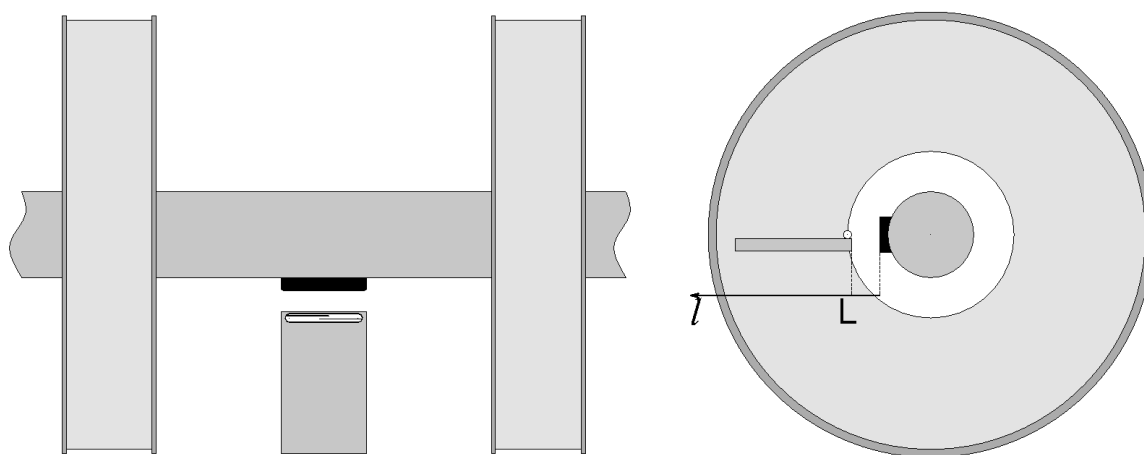


Рисунок 5 - Схема расположение тестовой платы на установке смола

Было проведено три серии экспериментов.

- Запуск с конденсатором, геркон параллельно оси установки
- Запуск без конденсатора, геркон параллельно оси установки
- Запуски с герконом, расположенным перпендикулярно оси установки

При этом в первых двух сериях в настройках питания катушек (основного источника питания) выставлены минимальные используемые значения, в ходе серии изменяется положение платы.

Результаты экспериментов с тестовой платой.

В серии опытов с конденсатором магнитное поле установки растет очень быстро (время роста магнитного поля до максимального значения мало по сравнению с временем его существования).

Было проведено по три запуска в семи разных положениях (шаг между положениями – 3 см). Во всех положениях платы, геркон замыкался. И на осциллограмме, как и предполагалось, были получены сигналы прямоугольного импульса (рисунок 6).

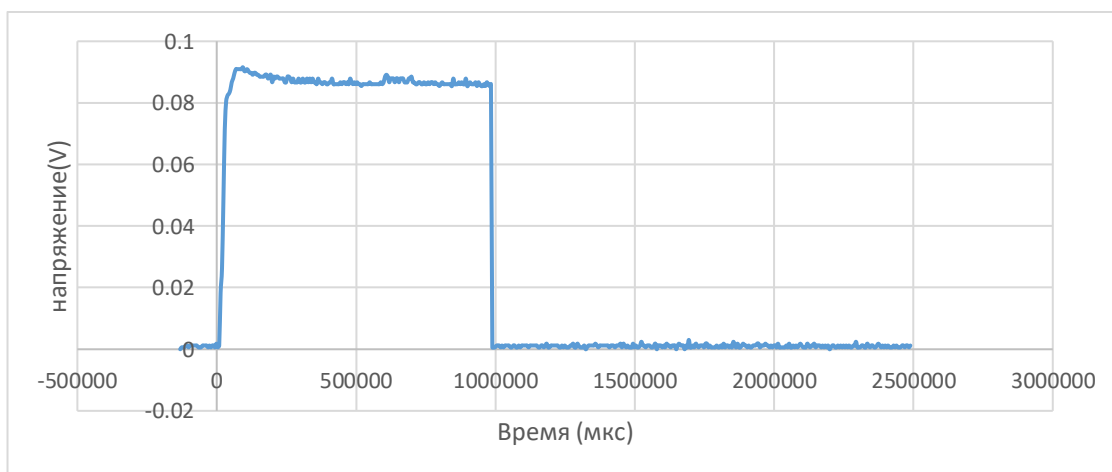


Рисунок 6 - Сигнал геркона с включенным конденсатором

При этом в связи быстрым ростом магнитного поля время начала регистрации сигнала во всех положениях оказалось одним и тем же (~13 мс).

Но можно наблюдать зависимость времени окончания регистрации сигнала от положения геркона (рисунок 7).

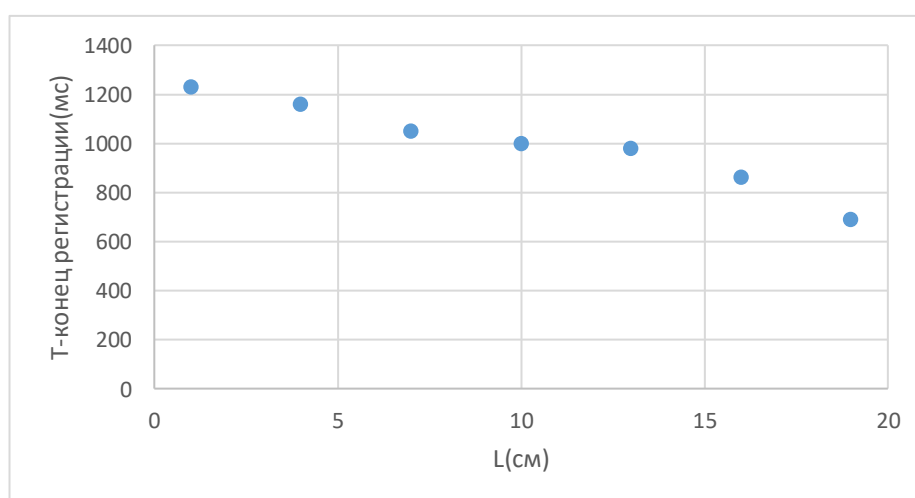


Рисунок 7 - Зависимость времени окончания регистрации сигнала от положения геркона

В серии опытов без конденсатора также были проведены испытания в разных положениях. При этом в настройках источника питания были выставлены минимальные значения, при которых проводится опыты с плазмой.

Так же, как и в первой серии опытов, во всех положениях геркон срабатывал (рисунок 8).

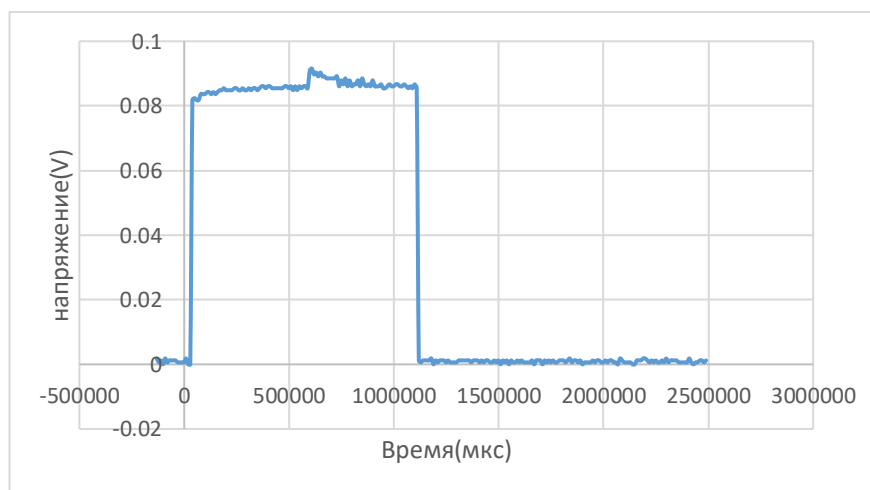


Рисунок 8 - Сигнал геркона в опытах без конденсатора

Но в отличие от первой серии, время начала регистрации сильно различается (рисунок 9):

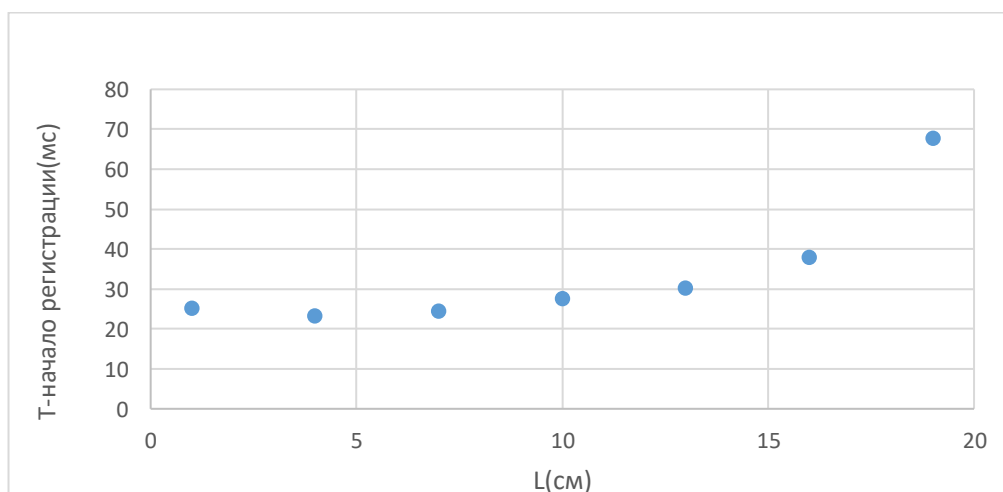


Рисунок 9 - Зависимость времени начала регистрации сигнала от L

Из результатов второй серии можно сделать вывод, что наилучшее расположение геркона – область от 1 до 10 см от окошка установки фотодатчика. В этом положении геркон срабатывает максимально быстро.

Время окончания регистрации имеет зависимость от L аналогично первой серии (рисунок 10):

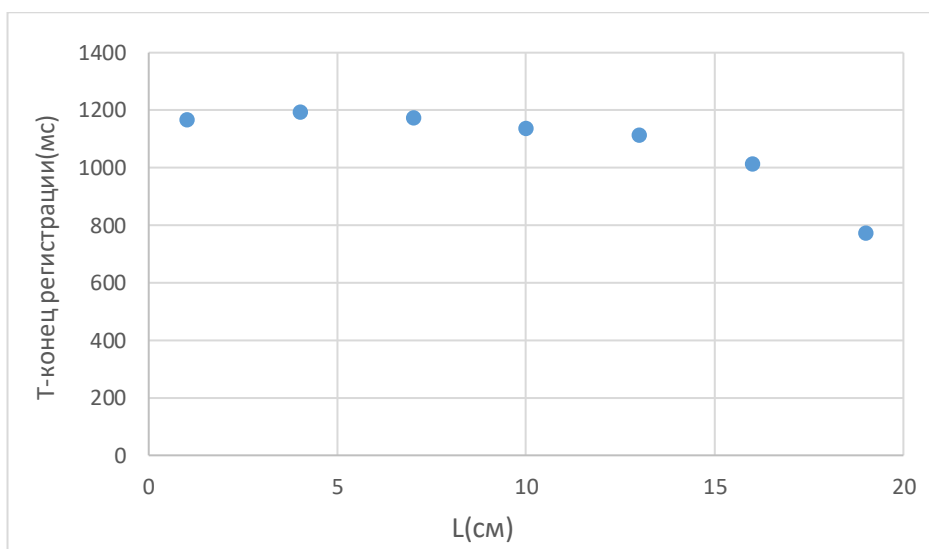


Рисунок 10 - График зависимости времени окончания регистрации сигнала от положения геркона

В ходе третьей серии экспериментов геркон был повернут на 90 градусов и изначально был установлен в область наилучшего срабатывания при отключенном конденсаторе. После запуска геркон не сработал и было решено не перемещать его, а повышать настройки источника. Но даже после подключения конденсатора сигнал с геркона не был получен, из чего был сделан вывод, что такое расположение геркона недопустимо.

Вывод из проведённых измерений: предложенная схема работает, геркон может быть размещён непосредственно внутри помехозащищённого корпуса со схемой питания фотодиодного датчика, ориентация геркона – параллельно оси установки.

Модификация системы питания фотодиодного датчика.

задача: продемонстрировать работоспособность предложенной методики на примере фотодиодного датчика, сигнал которого хорошо известен.

Устройство модифицированной схемы питания фотодатчика

За основу был взят фотодатчик с установки, его схема питания находится внутри помехозащищённого корпуса, в котором удобно можно разместить геркон. К схеме фотодатчика параллельно ключу был припаян геркон (рисунок 11, 12). Он был зафиксирован в таком положении, чтобы после установки датчика, быть параллельным стволу установки и находится в интервале 4-10 см от окошка фотодатчика (рисунок 13).

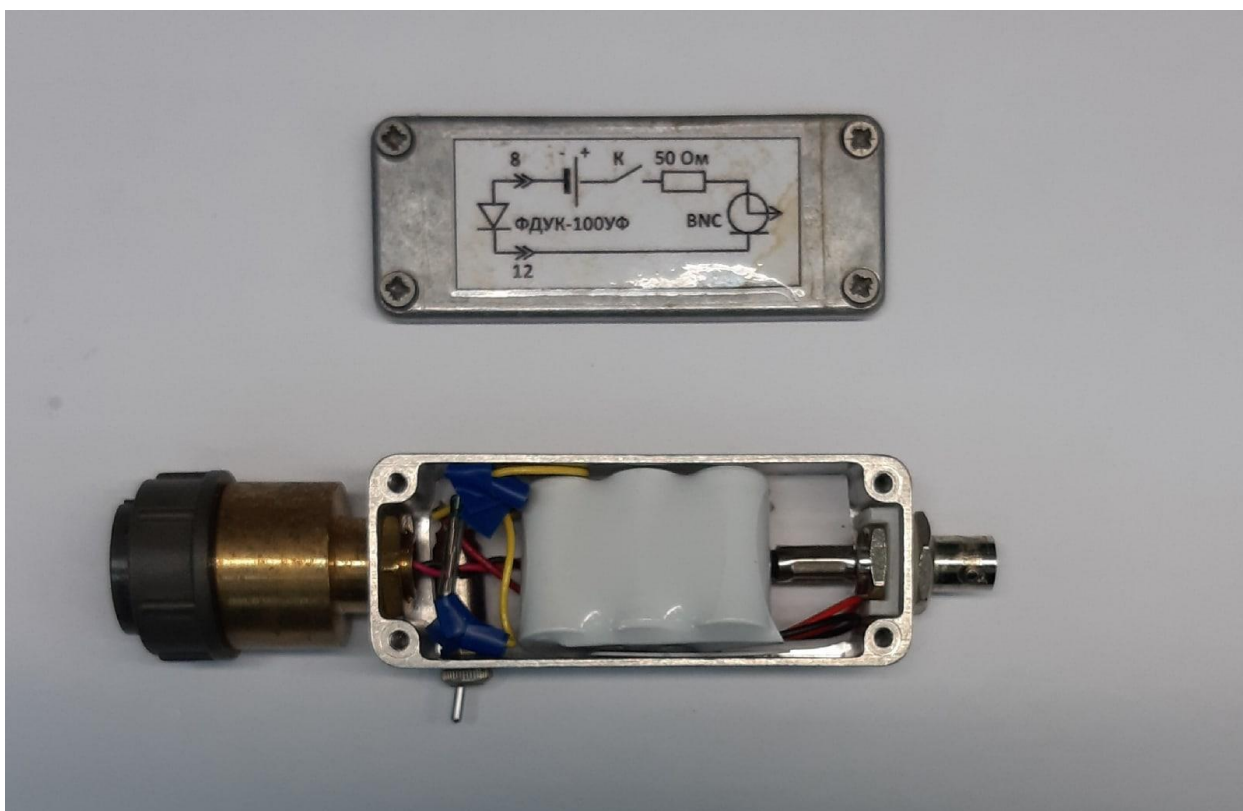


Рисунок 11 - Фотография корпуса со схемой питания

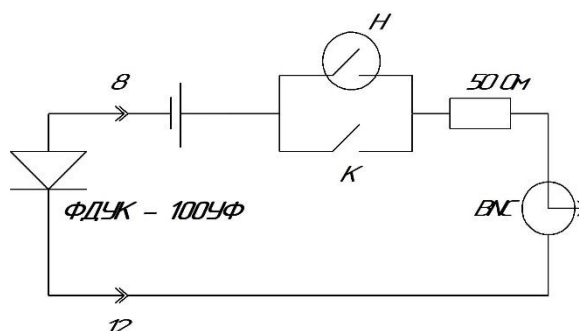


Рисунок 12 - Электрическая схема подключения фотодиодного датчика с герконом



Рисунок 13 - Расположение модифицированного фотодатчика на установке смола

Результаты контрольных запусков для проверки работоспособности схемы.

После установки и подключения фотодатчика были проведены запуски с плазмой для проверки работоспособности модифицированной схемы.

Для лучшего понимания результатов, ниже дополнительно представлены графики зависимости тока катода генератора плазмы и зонда фиксирующего концентрацию ионов плазмы от времени (рисунки 14, 15, 16).

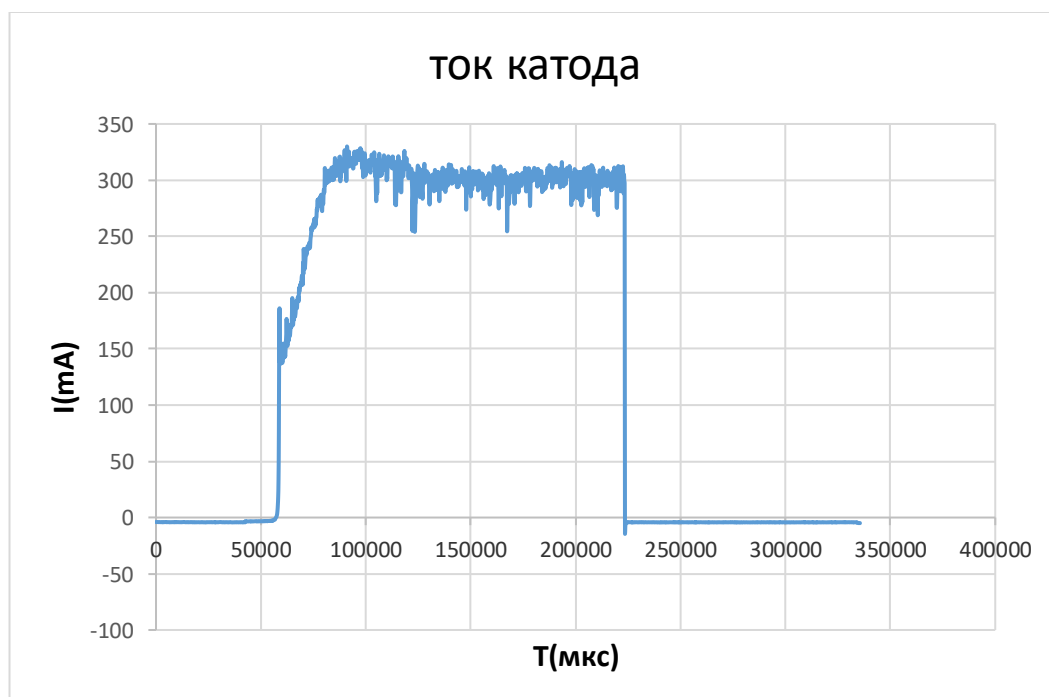


Рисунок 14 - График зависимости тока катода от времени

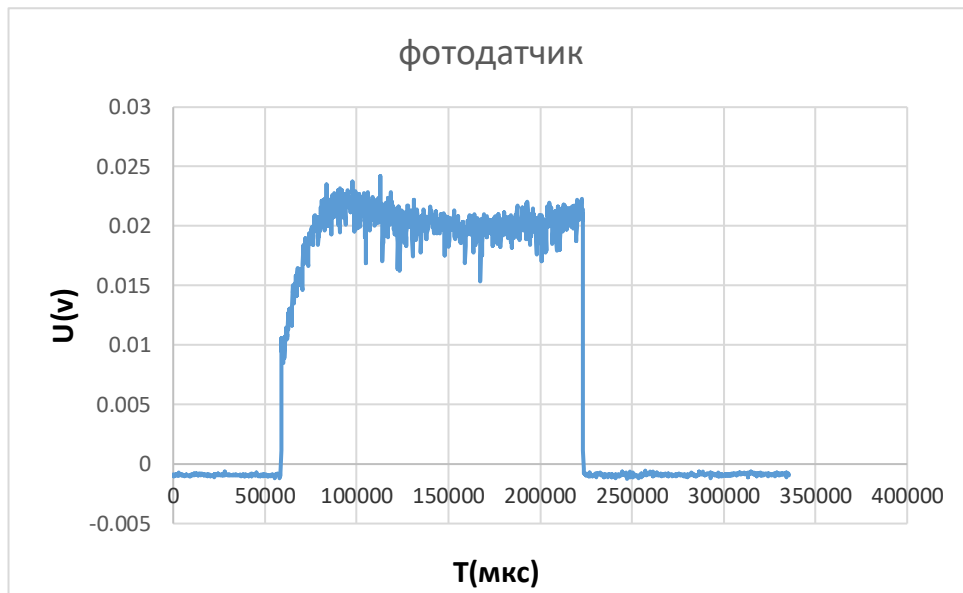


Рисунок 15 - График зависимости напряжения на датчике от времени

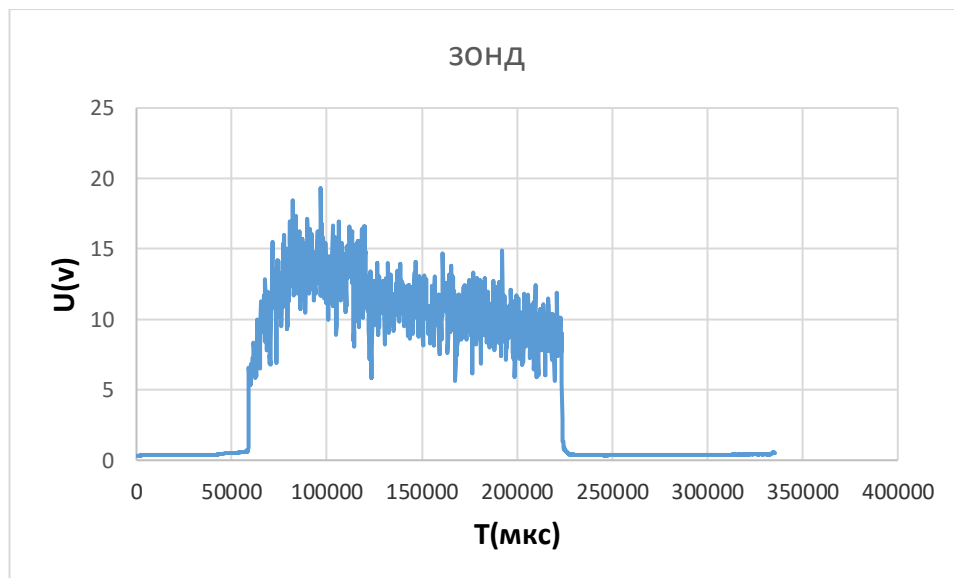


Рисунок 16 - График зависимости напряжения на зонде от времени

Вывод из проведённой проверки.

Из графиков видно, что временные промежутки сигнала с фотодатчика, зонда, и катода совпадают. Отсюда можно заключить что модифицированные датчик работает корректно.

Вывод: собственное магнитное поле действительно можно использовать для автоматического управления включением диагностической аппаратуры.

Заключение

- В ходе работы была проанализирована возможность использования собственного магнитного поля экспериментальной установки для автоматического включения батарейных систем питания диагностической аппаратуры. В ходе анализа в качестве датчика магнитного поля был выбран геркон.
- Изготовлена тестовая плата с герконом
- на установке СМОЛА определена область пространства, в которой геркон надёжно срабатывает при включении магнитного поля
- Модифицирована схема питания существующего фотодиодного датчика, продемонстрирована работоспособность датчика в эксперименте с плазмой на установке СМОЛА при автоматическом включении от геркона.

Список литературы

- [1] Бурдаков А. В., Поступаев В. В. Многопробочная ловушка: путь от пробкотрона Будкера к линейному термоядерному реактору // Успехи физических наук. - 2018. - Т. 188. - № 6. - С. 651–671.
- [2] Sudnikov A. V., Beklemishev A. D., Postupaev V. V., Burdakov A. V., Ivanov I. A., Vasilyeva N. G., Kuklin K. N., Sidorov E. N. SMOLA device for helical mirror concept exploration // Fusion Engineering and Design. - 2017. - Т. 122. - С. 86-93.
- [3] Гуревич В. И. Высоковольтные устройства автоматики на герконах. — Хайфа, 2000.