

МОДЕРНИЗАЦИЯ МАКЕТА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ
ЭЛЕКТРОГИДРАВЛИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА ЮТКИНА:
ПРОБЛЕМЫ РУЧНОГО УПРАВЛЕНИЯ И ПУТИ
АВТОМАТИЗАЦИИ



Д.В. Шабанов, студент,

e-mail: daniil.shabanov00@mail.ru

ФГБОУ ВО «Калининградский государственный
технический университет»



В.Р. Парамонов, студент,

e-mail: paramon4ik228mau@mail.ru

ФГБОУ ВО «Калининградский государственный
технический университет»

М.Б. Лещинский, канд. техн. наук,

e-mail: markbl@mail.ru

ФГБОУ ВО «Калининградский государственный
технический университет»

В статье исследуется проблема автоматизации лабораторного макета для изучения электрогидравлического эффекта (эффекта Юткина). Рассматриваются недостатки ручного управления, ограничивающие проведение серийных экспериментов, и предлагаются две принципиальные схемы автоматизации цикла «заряд — разряд» на основе таймера 555 и реле времени. Описаны потенциальные промышленные применения автоматизированной установки: получение водотопливных эмульсий, очистка труб тепловых электростанций, ударные отбойные молотки, обогащение руд и обработка растительных клеток.

Ключевые слова: электрогидравлический эффект, эффект Юткина, автоматизация, высоковольтный разряд, макет, модернизация, водотопливные эмульсии.

ВВЕДЕНИЕ

Электрогидравлический эффект (эффект Юткина) [1] — это явление возникновения высокого давления в результате высоковольтного электрического разряда между погружёнными в электролит (воду) электродами. Энергия для этого процесса накапливается в конденсаторе, который заряжается до высокого напряжения (до 8000 В), после чего разряжается через искровой промежуток непосредственно в жидкости. В момент пробоя в воде формируется канал проводящей плазмы с экстремально высокой температурой, который генерирует ударную волну и область высокого давления расширяющегося газопарового пузыря. Энергия такой импульсной ударной волны создаёт давление до 300 МН/м² [2].

На кафедре ИТО существует лабораторная работа, посвящённая изучению процесса электровзрывной обработки материалов (формообразованию при штамповке). Используемый макет наглядно демонстрирует изучаемое явление, однако имеет существенный недостаток: ручное управление (переключение режимов «заряд — разряд») не позволяет получать серии

разрядов со стабильными интервалами, что снижает воспроизводимость результатов экспериментов.

В связи с этим предлагается модернизация макета с целью автоматизации цикла «заряд — разряд» и расширения его функциональных возможностей для проведения исследовательских работ.

ОБЪЕКТ ИССЛЕДОВАНИЯ

Лабораторный макет, реализующий электрогидравлический эффект Юткина, и способы автоматизации его работы.

ПРЕДМЕТ ИССЛЕДОВАНИЯ

Влияние автоматизации цикла «заряд — разряд» на воспроизводимость эффекта и возможности промышленного применения модернизированной установки.

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Разработать технические решения для автоматизации макета электрогидравлического эффекта и оценить потенциал его применения в промышленных задачах.

ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

1. Проанализировать недостатки существующего макета с ручным управлением (нестабильность интервалов между разрядами, влияние человеческого фактора на воспроизводимость).
2. Разработать принципиальные схемы автоматизации цикла «заряд — разряд» на основе доступной элементной базы.
3. Предложить направления дальнейшей разработки и экспериментальной проверки.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Анализ схмотехнических решений, синтез принципиальных схем автоматизации, моделирование работы реле времени и таймера 555 [2], обобщение литературных данных по применению эффекта Юткина в промышленности [3].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

1. Недостатки существующего макета с ручным управлением.

Существующий макет управляется двухпозиционным переключателем: в одном положении конденсатор заряжается от источника высокого напряжения (8000 В), в другом — разряжается через электроды, погружённые в технологическую жидкость. При проведении экспериментов, требующих серии последовательных разрядов (например, для получения устойчивых эмульсий или обработки материалов), ручное управление создаёт следующие проблемы:

- Нестабильность интервалов между разрядами (погрешность до 30–50%).
- Невозможность точного повторения режимов обработки.
- Зависимость результатов от квалификации оператора.

Это делает макет непригодным для воспроизводимых научных экспериментов и ограничивает его использование рамками демонстрационного стенда.

На рисунке 1 представлена принципиальная схема существующего макета электрогидравлического эффекта с ручным управлением.

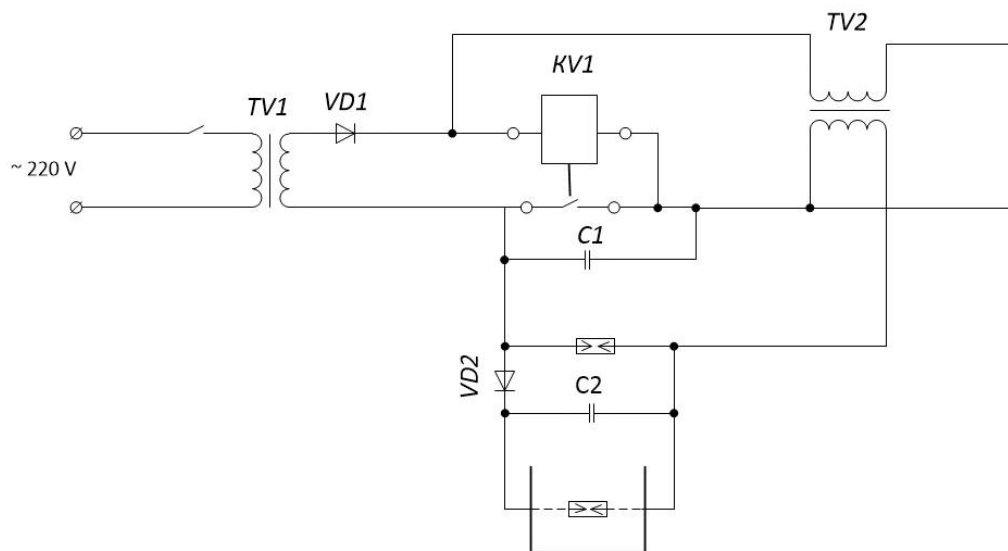


Рисунок 1. Принципиальная схема существующего макета электрогидравлического эффекта с ручным управлением (заряд — разряд)

2. Разработка схем автоматизации.

Для устранения указанных недостатков предложены две принципиальные схемы автоматизации цикла «заряд — разряд».

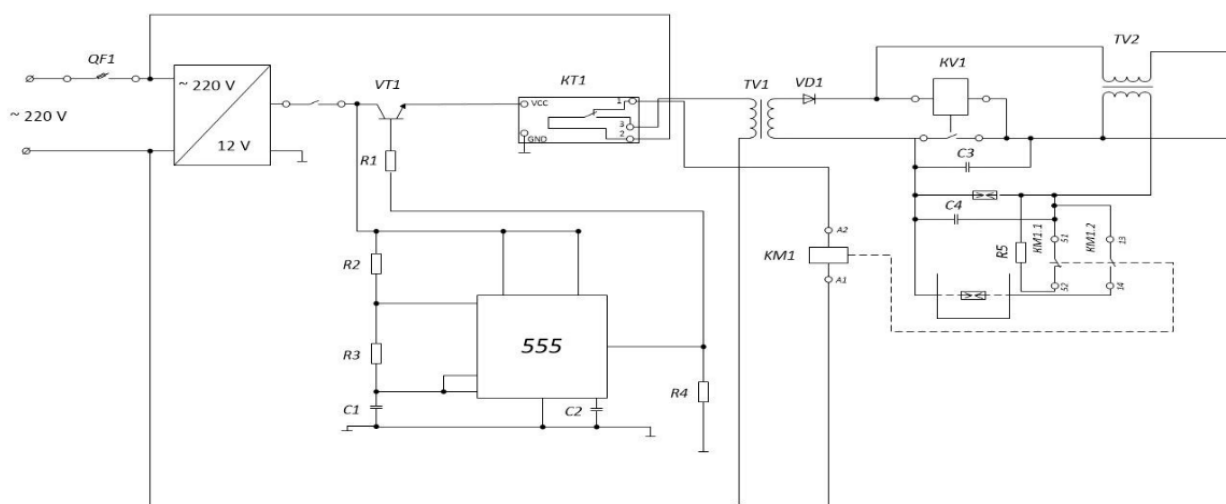


Рисунок 2. Принципиальная схема на базе таймера 555 и электромагнитного реле.

Первая установка основана на микросхеме таймер 555 и одном электромагнитном реле KT1. В цепь питания установлен защитный автомат QF1, ток поступает на блок питания, замыкается ключ и одновременно с этим идёт питание на магнитный пускатель KM1. Также питание 12В поступает на генератор импульсов, реализованный на таймере 555, который

генерирует импульсы заданной скважности. Управляющий сигнал поступает на базу транзисторного ключа *VT1*, который включает и отключает электромагнитное реле *KT1*. Реле подает питание 24В на схему высоковольтного преобразователя напряжения на базе катушки зажигания *TV2*. Таким образом реле *KT1* включает и отключает высоковольтный преобразователь и магнитный пускатель. Конденсатор *C4* заряжается до напряжения 8000В, величина этого напряжения устанавливается регулировкой зазора разрядника. Через контакты 13-14 магнитного пускателя конденсатор *C4* через заданный интервал времени разряжается в емкости с технологической жидкостью.

Недостаток данной схемы: заряд и разряд имеют разную длительность (разряд намного быстрее заряда), а таймер выдаёт только один выставленный на нём временной интервал, что не позволяет оптимизировать цикл.

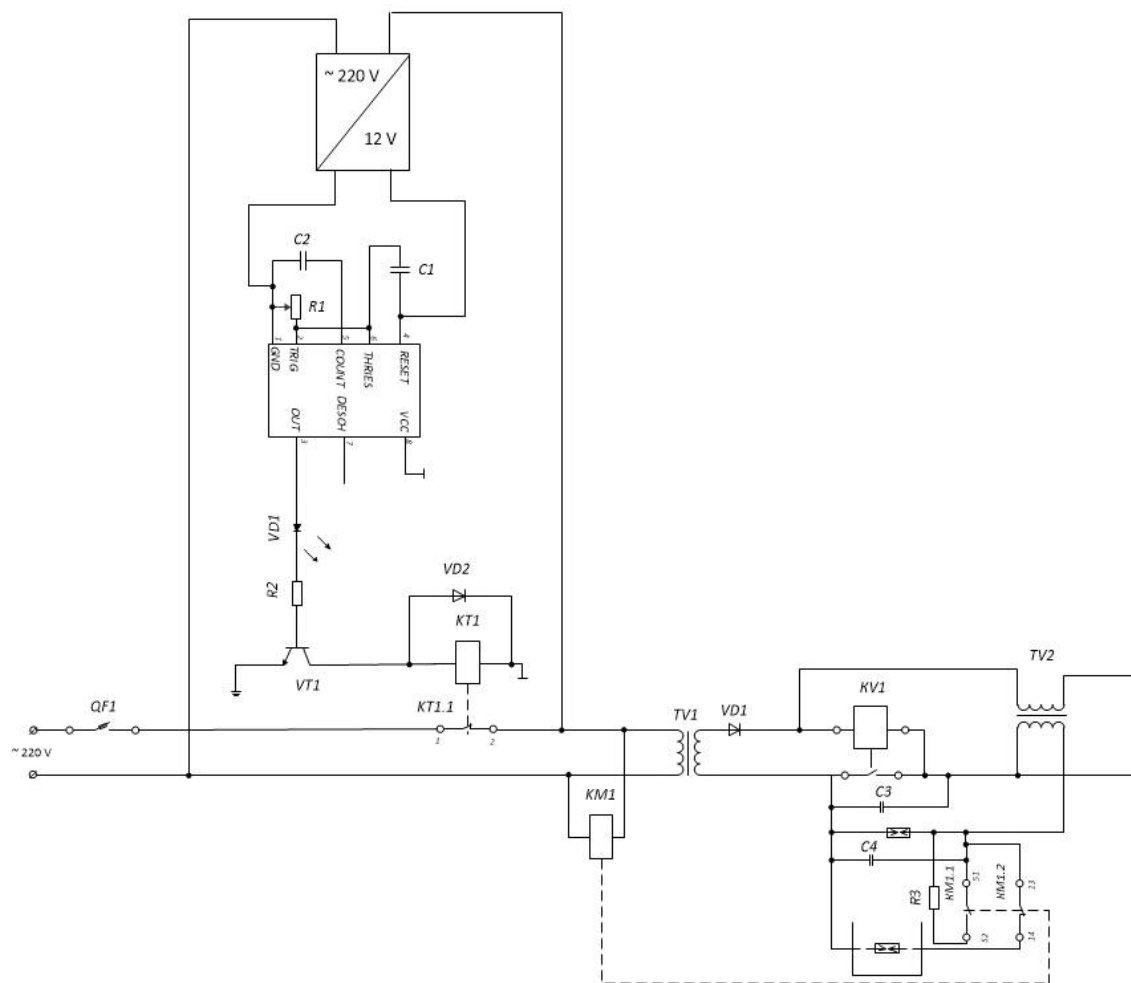


Рисунок 3. Принципиальная схема автоматизации цикла «заряд — разряд» на основе реле задержки времени.

Вторая установка реализована на реле задержки времени, которое позволяет выставить время, необходимое для полной зарядки конденсатора. Ток подаётся на вход блока питания, микросхема генерирует управляющий сигнал (задержка) для транзисторного ключа *VT1* и управляет реле *KT1* замыкая и размыкая цепь. Высоковольтная часть работает на принципе, описанном в первой установке (см. рисунок 2). По завершении заряда реле даёт разрешение на разряд, после чего цикл повторяется автоматически. Данное решение обеспечивает корректное чередование фаз заряда и разряда без участия оператора.

3. Потенциальные промышленные применения.

Автоматизированная установка открывает возможности для исследований и практического внедрения электрогидравлического эффекта в следующих областях:

- *Водотопливные эмульсии*: смесь нефти с водой или мазута с водой (пропорция 1:1) после электрогидравлической обработки образует устойчивую эмульсию белого цвета, не расслаивающуюся месяцами [4]. Такая смесь сгорает эффективнее чистого топлива, так как микрокапли воды взрываются в пламени, дробя капли топлива и улучшая смесеобразование. Кроме того, обработка снижает вязкость нефти (облегчая транспортировку по трубам) и увеличивает выход светлых фракций при переработке.
- *Очистка труб от накипи (ТЭЦ)*: традиционные механические или химические методы часто малоэффективны. Ударная волна разрушает накипь, а поток воды вымывает отделившиеся частицы; процесс требует мало энергии и экологичен.
- *Ударные отбойные молотки*: инструмент на эффекте Юткина обладает высоким КПД, надёжностью и значительно более низким уровнем шума по сравнению с пневматическими и бензиновыми аналогами (важно для работы в городе и закрытых помещениях).
- *Обогащение руд*: ударная волна избирательно разрушает одни компоненты породы, не повреждая другие. Используется для извлечения алмазов из кимберлита - алмазы остаются целыми, тогда как при механическом дроблении они часто раскалываются.
- *Обработка растительных клеток*: микроповреждение клеток перед заморозкой позволяет овощам и фруктам лучше сохранять структуру и вкус после разморозки (важно для продуктов длительного хранения).

ВОЗМОЖНЫЕ ПУТИ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ

Технические решения:

1. Реализовать действующий прототип автоматизированной установки на базе реле задержки времени (рисунок 2).
2. Провести сравнительное тестирование ручного и автоматического режимов по критериям воспроизводимости интервалов и стабильности результатов.
3. Разработать блок управления с программируемыми параметрами цикла (количество разрядов, длительность заряда, пауза между циклами).

Методические и организационные меры:

1. Внедрить автоматизированный макет в лабораторный практикум кафедры ИТО для проведения серийных экспериментов по электровзрывной обработке материалов.
2. Подготовить методические указания для студентов по работе с автоматизированной установкой.
3. Организовать научно-исследовательскую работу по оптимизации параметров (напряжение, ёмкость конденсатора, состав электролита) для получения водотопливных эмульсий.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведённое исследование показало, что ручное управление существующим макетом электрогидравлического эффекта не позволяет получать серии разрядов со стабильными интервалами, что ограничивает его использование для воспроизводимых научных экспериментов. Разработанные схемы автоматизации (на таймере 555 и на реле задержки времени) обеспечивают циклическую работу «заряд — разряд» без участия оператора, превращая макет в полноценный исследовательский инструмент.

Описаны пять потенциальных промышленных применений автоматизированной установки, наиболее перспективным из которых представляется получение водотопливных эмульсий.

Задачи на следующий этап:

- Собрать и отладить действующий прототип автоматизированной установки на базе реле задержки времени.
- Провести серию экспериментов по получению водотопливных эмульсий с варьированием параметров (напряжение до 8000 В, количество разрядов, состав жидкости).
- Оценить стабильность интервалов между разрядами в автоматическом режиме (сравнение с ручным управлением, не менее 30 циклов).
- Изучить возможность интеграции микроконтроллерного управления (Arduino, ESP32) для гибкой настройки параметров цикла.
- Подготовить заявку на внедрение автоматизированного макета в лабораторный практикум кафедры ИТО.

Желаемый результат:

- Действующий прототип автоматизированной установки с подтверждённой стабильностью интервалов (погрешность не более 5%).
- Экспериментальные данные по влиянию количества разрядов на устойчивость водотопливных эмульсий.
- Методические указания для студентов по проведению лабораторных работ с автоматизированным макетом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Юткин Л.А. Электрогидравлический эффект и его применение в промышленности. — Л.: Машиностроение, 1986. — 168 с.
2. Кудрявцев А.Н. Высоковольтные импульсные системы. — М.: Энергоатомиздат, 1992. — 256 с.
3. Технологические процессы с использованием эффекта Юткина / Под ред. В.П. Смирнова. — СПб.: Политехника, 2005. — 142 с.
4. Юткин Л. А. Электрогидравлический эффект. — М.: Машиностроение, 1986. — 253 с.
5. Литунов С. Н. «Об опыте применения электрогидравлического эффекта (эффекта Юткина)» // КиберЛенинка. — 2025.
6. Жапаров О., Шотбаев З. Г. «К вопросу получения тепловой энергии с помощью электрогидравлического эффекта» // Молодой учёный. — 2021. — № 47 (389). — С. 10–13.

7. Аликулов Ш. Ш., Ибрагимов Р. Р. «Исследования электрогидравлического эффекта и его применимости при подземном выщелачивании» // Kuzstu. — 2023. — С. 107.

MODERNIZATION OF A STAND FOR STUDYING THE YUTKIN ELECTROHYDRAULIC EFFECT: PROBLEMS OF MANUAL CONTROL AND WAYS OF AUTOMATION

D.V. Shabanov, student,

e-mail: daniil.shabanov00@mail.ru

FGBOU VO 'Kaliningrad State Technical University'

V.R. Paramonov, student,

e-mail: paramon4ik228mau@mail.ru

FGBOU VO 'Kaliningrad State Technical University'

M.B. Leshchinsky, Candidate of Technical Sciences,

e-mail: markbl@mail.ru

FGBOU VO 'Kaliningrad State Technical University'

The article investigates the problem of automating a laboratory stand for studying the electrohydraulic effect (Yutkin effect). The disadvantages of manual control, which limit the possibility of conducting series of experiments, are analyzed. Two circuit solutions for automating the "charge-discharge" cycle based on a 555 timer and a time delay relay are proposed. Potential industrial applications of the automated setup are described: production of water-fuel emulsions, cleaning of thermal power plant pipes, impact hammers, ore dressing, and plant cell treatment.

Keywords: electrohydraulic effect, Yutkin effect, automation, high-voltage discharge, stand, modernization, water-fuel emulsions.