

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Комсомольский – на - Амуре государственный университет»

На правах рукописи

**АФРИКАНОВ ДМИТРИЙ АЛЕКСАНДРОВИЧ**

**РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ  
ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ДЛЯ УСТАНОВКИ  
МАГНИТОИМПУЛЬСНОЙ ШТАМПОВКИ**

Направление 13.04.02 – «Электроэнергетика и электротехника»

Профиль «Электроснабжение»

**АВТОРЕФЕРАТ  
МАГИСТЕРСКОЙ ДИССЕРТАЦИИ**

Комсомольск – на – Амуре



2019

Работа выполнена на кафедре «Электромеханика» Комсомольского-на-Амуре государственного университета (КнАГУ).

Научный руководитель

кандидат технических наук, доцент  
Киба Дмитрий Анатольевич

Рецензент

кандидат технических наук, доцент  
Крупский Роман Фаддеевич

Защита состоится «15» марта 2019 года в 09 часов 00 мин на заседании государственной экзаменационной комиссии по направлению подготовки 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника» в Комсомольском-на-Амуре государственном университете по адресу: 681913, г. Комсомольск-на-Амуре, пр. Ленина, 27, ауд. 203/3.

Автореферат разослан 6 марта 2019 г

Секретарь ГЭК

Н.Н. Мельникова

## **ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ**

**Актуальность темы** – Улучшение энергоэффективности систем электроснабжения установок для магнитоимпульсной штамповки. Это определяет актуальность темы диссертационной работы.

**Цель работы** - Разработка современной системы электроснабжения установки для магнитно-импульсной штамповки.

### **Задачи магистерской диссертации:**

- Сбор теоретических данных о системах электроснабжения установок для магнитно-импульсной штамповки;
- Расчёт основных узлов системы электроснабжения установки для магнитно-импульсной штамповки;
- Выбор наиболее энергоэффективных элементов для системы электроснабжения установки для магнитоимпульсной штамповки;
- Создание структурных и принципиальных схем системы электроснабжения установки для магнитно-импульсной штамповки.

**Характеристика объекта и предмета исследования** – системы электроснабжения установок для магнитно-импульсной штамповки и способы их расчёта и моделирования.

**Характеристика методологического аппарата** – при исследовании используются основные положения в теоретических основах электротехники и электроники.

**Научная новизна магистерской диссертации** – разработка модели системы электроснабжения установки для магнитно-импульсной штамповки и способа плавного заряда ёмкостного накопителя, обеспечивающего отсутствие бросков тока во внешнюю сеть.

**Практическая ценность магистерской диссертации** – Установки для магнитно-импульсной штамповки с предлагаемой системой электроснабжения, а также использования симисторного переключателя в цепи заряда ёмкостного

накопителя снижающего броски тока во внешнюю сеть целесообразно использовать в промышленных предприятиях.

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

**Во введении** обоснована актуальность темы, сформулированы цель и задачи диссертационной работы, показана научная новизна, практическая ценность.

**В первой главе** рассмотрены существующие схемные решения различных установок для магнитно-импульсной обработки различных материалов из книг и патентов.

Анализ существующих технических решений проводится для того, чтобы оптимизировать конструкцию в отношении технологических возможностей производства и достижения требуемых в техническом задании характеристик устройства.

Рассмотрены достоинства и недостатки различных схемных решений систем электроснабжения установок для магнитоимпульсной обработки различных материалов.

**Во второй главе** рассмотрены способы и методики расчёта отдельных элементов системы электроснабжения, установок для магнитно-импульсной штамповки.

Рассмотрены достоинства и недостатки различных методик расчёта системы электроснабжения и отдельных элементов схемы установки для магнитоимпульсной штамповки на их основе разработана новая методика расчета, описанная в третьей главе.

**В третьей главе** рассмотрено расчёт элементов системы электроснабжения, а также её компьютерное и экспериментальное моделирование.

С использованием формул из ТОЭ и физики переработанных для расчётов основных элементов схемы установки для магнитно-импульсной штамповки были произведены расчеты, и их результат был использован при компьютерном моделировании.

Для проверки работоспособности схемы установки для магнитоимпульсной штамповки и симисторного переключателя в цепи заряда ёмкостного накопителя было произведено моделирование нескольких схем в программе MatLAB. На рисунке 1 показана структурная схема установки для магнитно-импульсной обработки металлов.

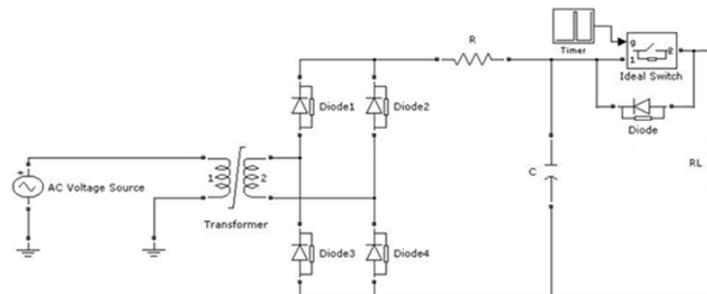


Рисунок 1 – Структурная схема МИУ в программе MatLAB

На рисунках приведены осциллограммы основных исследуемых параметров схемы установки для магнитоимпульсной штамповки. Осциллограмма зарядного тока на зарядном сопротивлении в цепи заряда ёмкостного накопителя показана на рисунке 2. Осциллограмма напряжения на ёмкостном накопителе показана на рисунке 3.

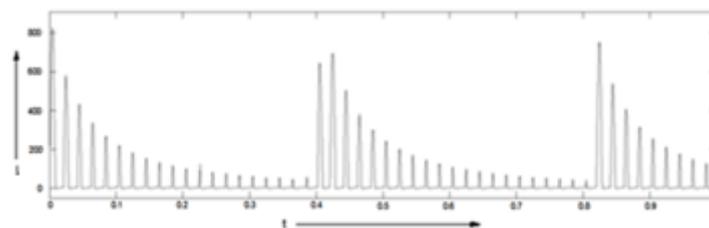


Рисунок 2 – Зарядный ток ёмкостного накопителя

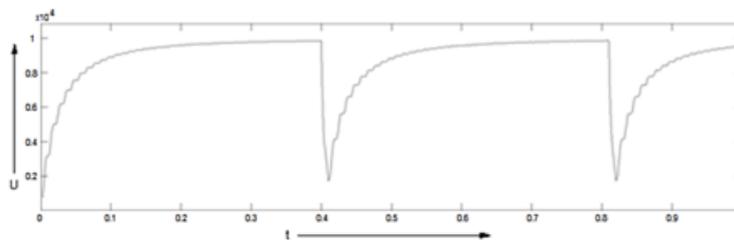


Рисунок 3 – Напряжение на ёмкостном накопителе

По результатам проведённых исследований произведено исследование мощности индуктора. В таблице 1 приведены рассчитанные значения мощности выделяемой на индукторе и значения мощности, взятые из справочной литературы.

Таблица 1 - Мощность, выделяемая на индукторе

	Мощность рассчитанная, кВт	Мощность из справочника, кВт
Холостой ход	52,8	645
Работа с заготовками	От 128 до 640	-

Проведённое моделирование позволяет заключить, что данная схема является полностью работоспособной, а также значительно снижает выделяемую на индукторе мощность.

Также произведено компьютерное моделирование симисторного переключателя. При включении в сеть ненасыщенного трансформатора амплитуда сверхтока холостого хода достигает в предельном случае двойного значения амплитуды установившегося тока холостого хода.

По этим причинам и была разработана схема защиты входных цепей магнитно-импульсной установки с применением симисторного переключателя. Симисторный переключатель в схеме магнитно-импульсной установки обеспечивает:

1) Включение трансформатора под напряжение в момент времени, когда угол  $\alpha = 90$ . Что позволяет избежать переходных процессов, сверх токов и перегрузок трансформатора.

2) Плавный заряд ёмкостного накопителя вследствие попеременного включения симисторов в схеме переключателя, тем самым ограничивается ток заряда ёмкостного накопителя.

Схема магнитоимпульсной установки (МИУ) с использованием симисторного переключателя (система защиты входных цепей) показана на рисунке 4.

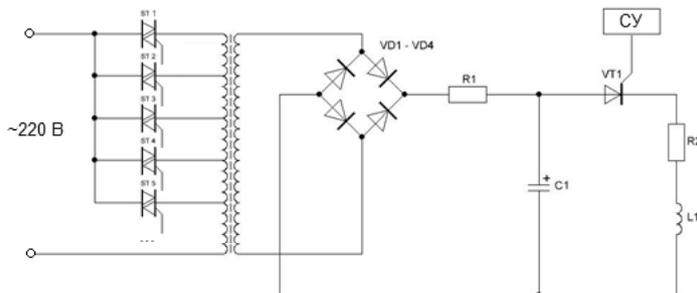


Рисунок 4 – Схема силовых цепей МИУ

Схема, использованная для моделирования и исследования работы одного симистора, показана на рисунке 5.

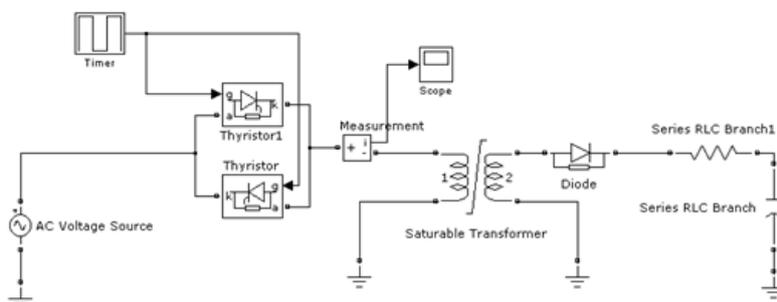


Рисунок 5 – Схема с одним симистором

На рисунке 6 показана осциллограмма тока на одном симисторе (рисунок 5) при включении его в максимум напряжения (период времени с 0 до 0,3 с) и произвольные моменты времени (период времени с 0,6 до 1 с).

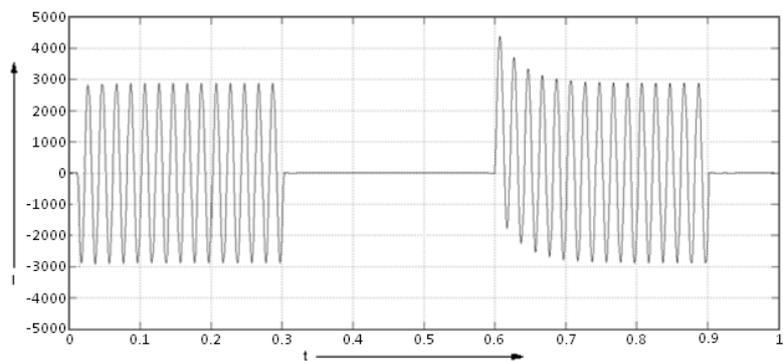


Рисунок 6 – Осциллограмма тока на симисторе

Для борьбы с бросками тока в момент включения в схеме используются силовые симисторы и система управления, следящая за углом  $\alpha$ .

Модель силовых цепей магнитоимпульсной установки с использованием симисторного переключателя выполненная в программе MatLAB показана на рисунке 7. Для упрощения при моделировании использовались два симистора вместо пяти.

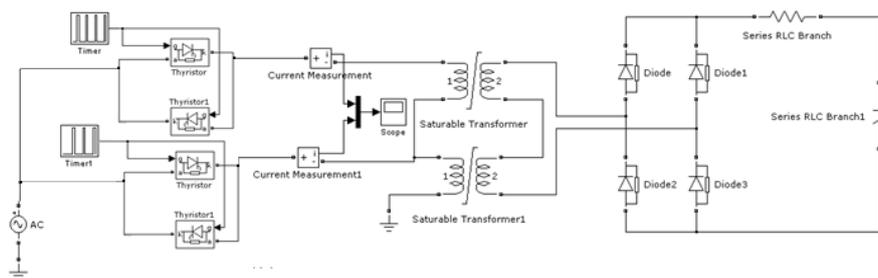


Рисунок 7 – Модель МИУ в MatLAB

На рисунках 8 и 9 показаны осциллограмма тока и напряжения на вторичной обмотке трансформатора.

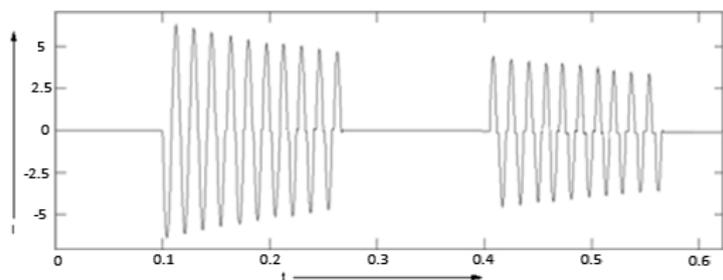


Рисунок 8 – Осциллограмма тока на трансформаторе

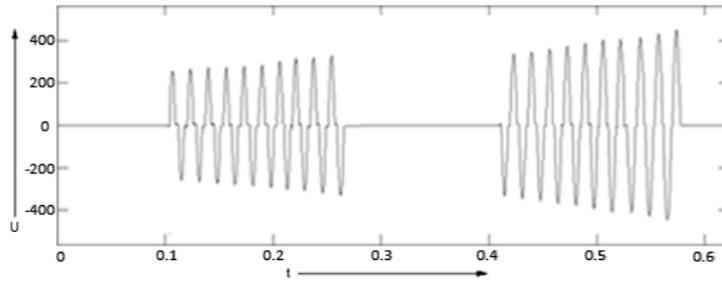


Рисунок 9 – Осциллограмма напряжения на трансформаторе

На рисунке 10 показана осциллограмма тока на симисторном переключателе (рисунок 7) в процессе работы схемы.

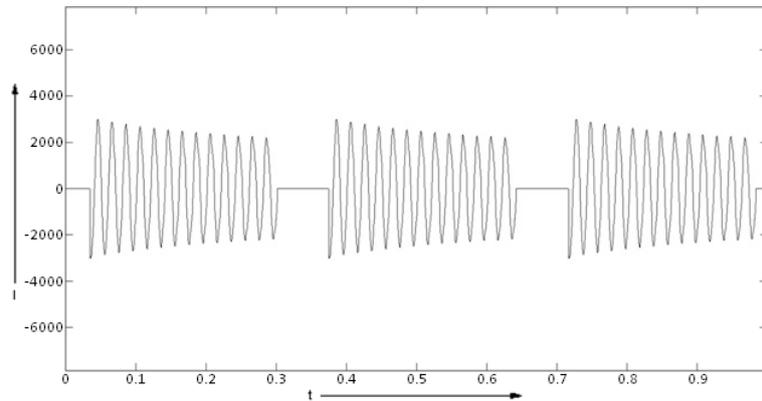


Рисунок 10 – Осциллограмма тока на симисторном переключателе

Также благодаря симисторному переключателю обеспечивается плавный заряд ёмкостного накопителя магнитоимпульсной установки. На рисунке 11 показана осциллограмма тока на конденсаторе в схеме с симисторным переключателем, а на рисунке 12 показана осциллограмма напряжения на конденсаторе в данной схеме.

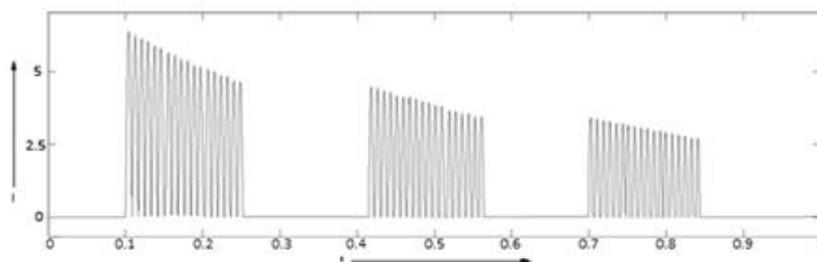


Рисунок 11 – Осциллограмма тока на конденсаторе

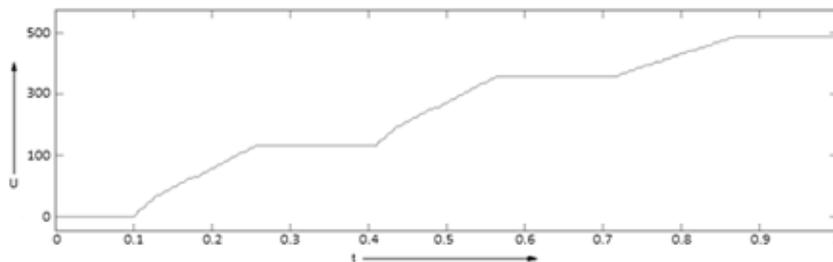


Рисунок 12 – Осциллограмма напряжения на конденсаторе

Также была промоделирована система управления симисторным переключателем в цепи заряда ёмкостного накопителя. Система управления симисторным переключателем может быть аналоговой или цифровой. На рисунке 13 показана структурная схема цифровая система управления. На рисунке 14 показана структурная схема аналоговая система управления.

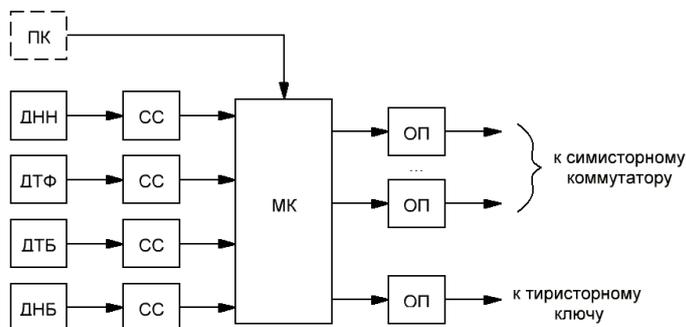


Рисунок 13 – Структурная схема цифровой системы управления

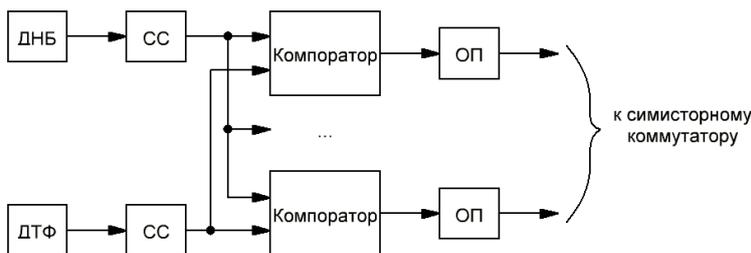
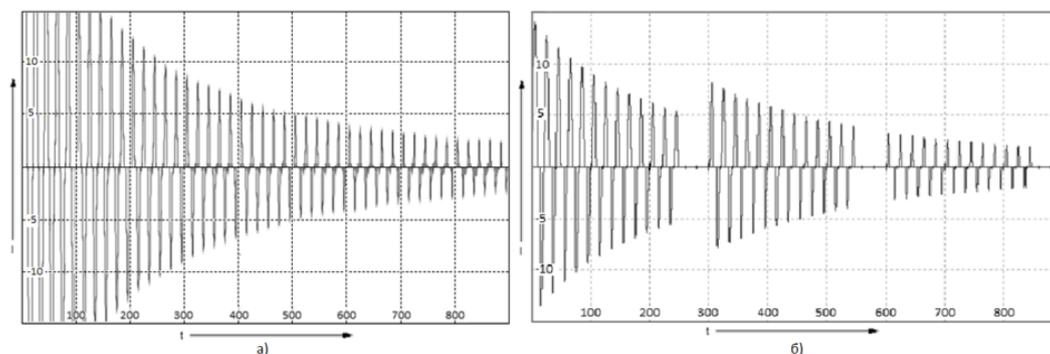


Рисунок 14 – Структурная схема аналоговой системы управления

На рисунках 13 и 14 приняты следующие сокращения: датчик нуля напряжения (ДНН), датчик тока фазы (ДТФ), датчик тока батареи (ДТБ), датчик напряжения батареи (ДНБ), согласующая система (СС), микроконтроллер (МК), персональный компьютер (ПК), оптопара (ОП).

Моделирование аналоговой системы управления симисторным переключателем в цепи заряда ёмкостного накопителя произведено в программе NI Multisim. Осциллограммы токов сети без использования симисторного коммутатора и с его использованием показана на рисунке 15, развёртка осциллографа по шкале напряжений 5 мВ, по шкале времени 100 мс.



а) Ток сети без применения симисторного переключателя

б) Ток сети с применением симисторного переключателя

Рисунок 15 – Осциллограммы токов сети

Из осциллограмм токов сети показанных на рисунке 15 можно сделать вывод, что применение трансформатора с многосекционной первичной обмоткой и симисторного коммутатора позволяет снизить потребляемый из сети ток и вследствие этого снизить нагрузку на внешние цепи.

## ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

1 Собраны и максимально подробно разобраны теоретические данные о системах электроснабжения установок для магнитоимпульсной штамповки и о самих магнитно-импульсных установках.

2 При помощи изученного теоретического материала произведён расчёт основных узлов системы электроснабжения установки для магнитоимпульсной штамповки и произведено компьютерное и экспериментальное моделирование системы электроснабжения.

3 По результатам произведённых расчётов выбраны наиболее энергоэффективных элементов для системы электроснабжения установки для магнитоимпульсной штамповки.

4 По результатам компьютерного и экспериментального моделирования созданы структурная и принципиальная схемы системы электроснабжения установки для магнитоимпульсной штамповки.

### **СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

1. Атабеков, Г.М. Теоретические основы электротехники. Часть 1 / Г.М. Атабеков. - М.: Энергия, 1980, - 340 с.

2 Белый, И.В. Справочник по магнитно-импульсной обработке металлов / И.В. Белый, С.М. Фертик, Л.Т. Хименко. – Харьков: Вища школа, 1977. – 168 с.

3 Талалаев, А.К. Индукторы и установки для магнитно-импульсной обработки металлов / А.К. Талалаев. - М. : Информтехника, 1992. - 143 с.

### **ОСНОВНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ АВТОРА**

1 Африканов Д.А. Автономная метеостанция для запасных аэродромов / Д.А. Африканов, Д.А. Киба. – Материалы 46-й научно-технической конференции студентов и аспирантов, Комсомольск-на-Амуре ФГБОУ ВО «КНАГУ», 01-15 апреля 2016 г., с. 45-47.

2 Африканов Д.А. Защита зарядных цепей источника питания для магнитно-импульсной установки / Д.А. Африканов. – Материалы международной научно-практической конференции, Комсомольск-на-Амуре ФГБОУ ВО «КНАГУ», 05-06 сентября 2018 г., с. 3-7.

3 Африканов Д.А. Расчёт и моделирование системы электроснабжения для установки магнитно-импульсной штамповки / Д.А. Африканов. – Материалы международной научно-практической конференции, Комсомольск-на-Амуре ФГБОУ ВО «КНАГУ», 05-06 сентября 2018 г., с. 8-14.