Содержание

Введение 4

Общая характеристика работы 4

Степень проработанности темы 6

1 Анализ возможных структур преобразователя 10

1.1 Общий анализ существующих структур преобразователей постоянного напряжения 10

1.2 Анализ преобразователей по признаку типа управления 12

1.3 Анализ преобразователей по признаку количества ключевых элементов 15

1.4 Анализ преобразователей по признаку наличия гальванической развязки 17

1.5 Выводы по первой главе 18

# Введение

## Общая характеристика работы

**Актуальность темы:** Преобразователи постоянного напряжения повсеместно применяются в быту и на производстве. Человек ежедневно, сам не подозревая этого, сталкивается с такого рода электронными устройствами. Они отличаются друг от друга по структуре и назначению, имеют разные рабочие характеристики. Но их общей задачей является преобразование постоянного напряжения одного качества в постоянное напряжение другого качества.

Внутри почти каждого электронного устройства есть преобразователь постоянного напряжения. Он преобразует выпрямленное напряжение сети в напряжение такого качества, с которым сможет работать устройство. Примером бытовых электронных устройств, в состав которых входит DC-DC преобразователь может служить зарядное устройство для мобильного телефона, персональный компьютер (а именно, его блок питания), и даже электрическая мясорубка с двигателем постоянного тока внутри.

Одним из направлений разработки преобразователей постоянного напряжения является проектирование DC-DC для зарядки литий-ионных аккумуляторов. Особенностью является то, что выходное напряжение такого преобразователя постоянного напряжения должно изменяться по определенному закону. Сначала аккумулятор необходимо заряжать постоянным током (Constant Current), а когда ток заряда начнет падать, стабилизировать напряжение до окончания заряда (Constant Voltage).

Рынок полон разного рода зарядными устройствами такого типа. Их общей чертой является наличие в своем составе импортных комплектующих изделий. Данный факт делает невозможным применение таких устройств в оборонной промышленности. Целесообразно разработать преобразователь постоянного напряжения для зарядки литий-ионных аккумуляторов на отечественной элементной базе.

Отказ от применения зарубежных устройств и комплектующих изделий с одновременной их заменой на отечественные разработки называется импортозамещением. Импортозамещение – актуальная тенденция в отечественной электронике.

**Цель диссертационной работы:** Исследование процессов, протекающих в преобразователе постоянного напряжения.

Для достижения цели поставлены следующие **задачи**:

1. Провести анализ возможных структур преобразователя постоянного напряжения;
2. Создать модель преобразователя постоянного напряжения;
3. Исследовать процессы, протекающие в преобразователе постоянного напряжения с помощью имитационного компьютерного моделирования;
4. Представить вариант реализации устройства на отечественной элементной базе.

**Объект исследования:** Источник вторичного электропитания – преобразователь постоянного напряжения.

**Предмет исследования:** Процессы, протекающие в преобразователе постоянного напряжения, реализация режимов Constant Current, Constant Voltage, замещение импортных электронных компонентов отечественными.

## Степень проработанности темы

В настоящее время существует множество вариантов исполнения преобразователей постоянного напряжения. В основе одних лежат свойства вольтамперных характеристик нелинейных элементов, в основе других – ключевые элементы, например, транзисторы.

Наглядно классификация преобразователей постоянного напряжения представлена на рисунке 1.

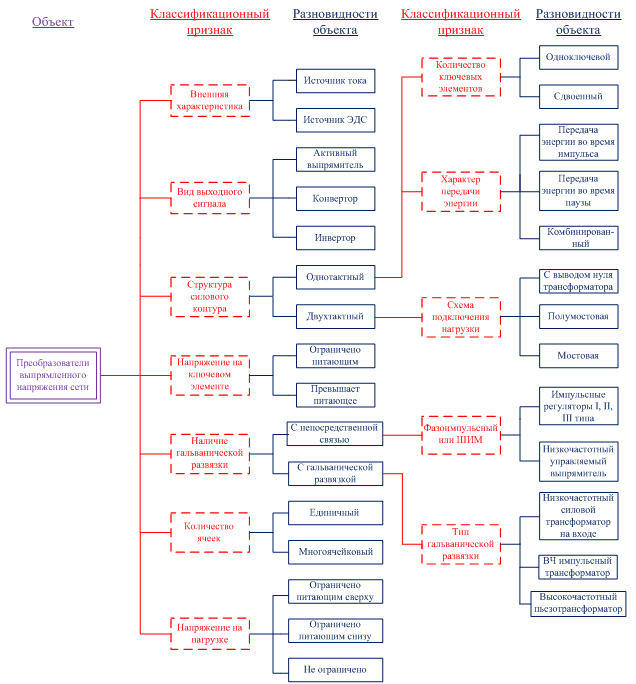


Рисунок 1. Классификация ППН

Как правило, в мощных преобразователях постоянного напряжения обеспечивается гальваническая развязка цепей питания и нагрузки. Трансформаторы также могут быть выполнены разными способами. Существует множество трансформаторов, они отличаются друг от друга конструкцией сердечника, числом обмоток, типом преобразования напряжения, типом охлаждения.

Классификация трансформаторов приведена на рисунке 2.



Рисунок 2. Классификация трансформаторов

Чтобы управлять силовым транзистором, необходимо устройство, которое будет преобразовывать маломощные импульсы управления в импульсы необходимой мощности для отпирания транзистора, обеспечивая гальваническую развязку. По топологии разработано множество драйверов, каждый тип имеет свои достоинства и недостатки.

Классификация драйверов приведена на рисунке 3.

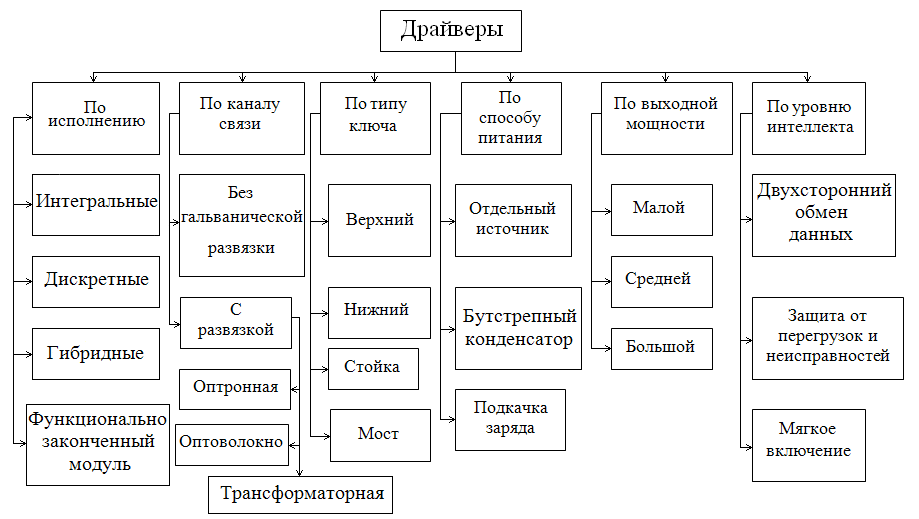


Рисунок 3. Классификация драйверов

Чтобы обеспечивать ограничение по току, необходимо его измерять. Для этого существуют датчики тока. Они также могут быть выполнены самыми разными способами, в зависимости от того, на каком физическом эффекте основывается их действие.

Классификация датчиков тока и их свойства приведены на рисунке 4.

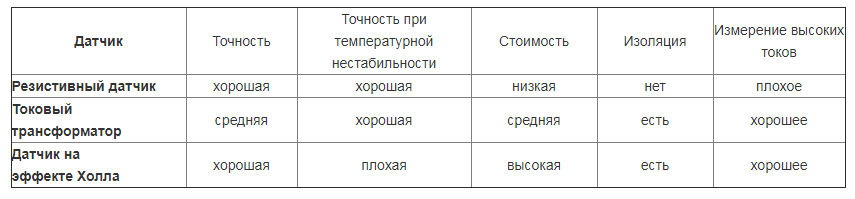


Рисунок 4. Классификация датчиков тока

# 1 Анализ возможных структур преобразователя

## 1.1 Общий анализ существующих структур преобразователей постоянного напряжения

Преобразователи по своей сути делятся на две огромные группы:

1. Непрерывные преобразователи;
2. Импульсные преобразователи.

Действие первой группы преобразователей основывается на свойствах не ключевых элементов. Данная группа делится на две подгруппы:

1. Параметрические непрерывные преобразователи;
2. Компенсационные непрерывные преобразователи.

Принцип действия параметрических непрерывных преобразователей постоянного напряжения основывается на нелинейности вольтамперных характеристики элементов, например, стабилитрона.

Функционирование компенсационных непрерывных преобразователей постоянного напряжения основывается на принципе построения системы автоматического управления, замкнутой по отклонению внешнего параметра (напряжения)

Импульсные преобразователи постоянного напряжения являются новым этапом развития преобразовательной техники при переходе от непрерывных преобразователей. В основе действия данного типа преобразователя лежат свойства ключевых элементов – транзисторов. Импульсные преобразователи постоянного напряжения в свою очередь делятся на огромные группы:

1. Преобразователи повышающего типа;
2. Преобразователи понижающего типа;
3. Повышающе-понижающие преобразователи;
4. Инвертирующие преобразователи.

Приведена лишь классификация по характеру передачи сигнала со входа на выход. Каждый тип преобразователя в свою очередь делится по признаку наличия гальванической развязки между входом и выхода, по количеству ключевых элементов, по режиму передачи энергии в нагрузку, по количеству каналов выходного напряжения, по режиму стабилизации и др.

## 1.2 Анализ преобразователей по признаку типа управления

По типу управления преобразователи делятся на импульсные и непрерывные. Параметрические непрерывные преобразователи являются простейшими устройствами, в которых малые изменения выходного напряжения достигаются за счет применения электронных приборов с двумя выводами, характеризующихся ярко выраженной нелинейностью вольтамперной характеристики. Схема параметрического стабилизатора на основе стабилитрона представлена на рисунке 5.

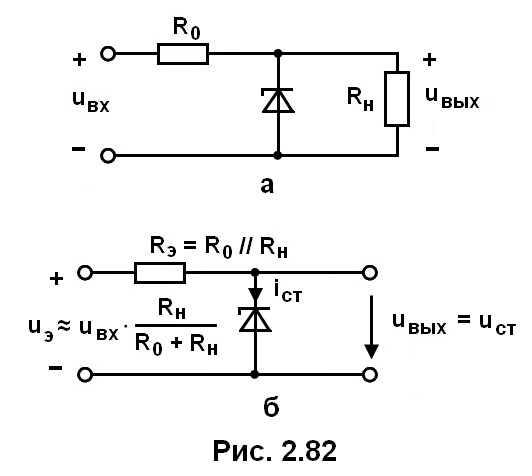


Рисунок 5. Параметрический стабилизатор напряжения

При значительном изменении входного напряжения выходное напряжение изменяется на незначительную величину, так как используется обратная ветвь вольтамперной характеристики стабилитрона. Причем, чем меньше дифференциальное сопротивление стабилитрона (то есть. чем более вертикально идет характеристика стабилитрона), тем меньше изменение выходного напряжения.

Основным недостатком стабилизаторов с непрерывным регулированием является низкий КПД, поскольку значительный расход мощности имеет место в регулирующем элементе (например, стабилитроне), так как через него проходит весь ток нагрузки, а падение напряжения на нем равно разности между входным и выходным напряжениями стабилизатора. При этом максимальные токи в таком типе преобразователей из меряются десятками или сотнями миллиампер.

Импульсные стабилизаторы напряжения в настоящее время получили большее распространение, чем непрерывные стабилизаторы. Благодаря применению ключевого режима работы силовых элементов, таких транзисторы, даже при значительной разнице в уровнях входных и выходных напряжений можно получить высокий КПД, в то время как у непрерывных стабилизаторов он составляет менее 50%. Однако, недостатком импульсных преобразователей напряжения является наличие пульсаций выходного напряжения и, как следствие, тока. Тем не менее, при нахождении оптимальных параметров частоты коммутаций, напряжения и токов, можно добиться меньших массогабаритных показателей при увеличении мощности преобразователя.

Схема понижающего преобразователя напряжения представлена на рисунке 6.

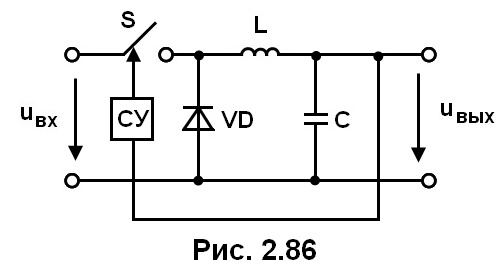


Рисунок 6. Схема понижающего преобразователя

При изменении коэффициента заполнения импульсов управления от нуля до единицы выходное напряжение преобразователя изменяется в диапазоне от нуля до напряжения питания.

Если поменять местами диод VD и дроссель L, регулируя протекание тока через дроссель ключевым элементов, получится повышающий преобразователь постоянного напряжения. Напряжение на выходе такого преобразователя будет выше питающего напряжения.

## 1.3 Анализ преобразователей по признаку количества ключевых элементов

На рисунке 6 представлен одноключевой преобразователь постоянного напряжения. Как следует из рисунка, в его структуру входить лишь один ключевой элемент.

Ниже, на рисунке 7 представлен двухключевой преобразователь постоянного напряжение. Эту же схему называют полумостовой.

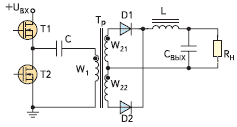


Рисунок 7. Полумостовой преобразователь

Также существует трехключевой преобразователь постоянного напряжения. Его схема представлена на рисунке 8. Такую структуру называют полумостовой несимметричной.

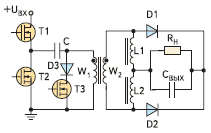


Рисунок 8. Трехключевой преобразователь

На рисунке 9 представлена схема четырехключевого (мостового )DC-DC преобразователя.

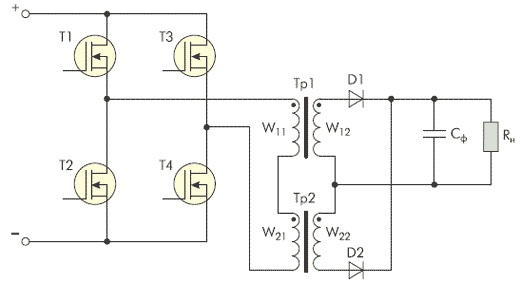


Рисунок 9. Мостовой преобразователь

Увеличение числа ключевых элементов усложняет схему управления, однако позволяет увеличить частоту пульсаций выходного напряжения. Увеличение частоты пульсаций дает возможность применить меньший сглаживающий фильтр, значительно уменьшив массу устройства.

## 1.4 Анализ преобразователей по признаку наличия гальванической развязки

В первую очередь преобразователи постоянного напряжения делятся на трансформаторные (что подразумевается наличие гальванической развязки между входом и выходом) и бестрансформаторные (без гальванической развязки). Схемы, представленные на рисунках 7, 8, 9 относятся к преобразователям с гальванической развязкой. Схема на рисунке 6 – к преобразователям без гальванической развязки.

DC-DC преобразователь с трансформатором выполнить конструктивно гораздо сложнее неразвязанного. Более того, в схемах преобразователей с гальванической развязкой возникают проблемы с намагничиванием сердечника, а именно с несимметричным намагничиванием.

Не смотря на сложности и проблемы проектирования преобразователей постоянного напряжения с гальванической развязкой, они позволяют получить большую выходную мощность. Кроме того, наличие гальванической развязки гарантирует защиту нагрузки от короткого замыкания ключевого элемента.

## 1.5 Выводы по первой главе

1. Для каждого конкретного случая применения преобразователя постоянного напряжения необходимо выбирать требуемую структуру, исходя из области применения устройства;
2. В случае маломощного преобразователя постоянного напряжения где не требуется высокое напряжение и большие токи на нагрузке следует выбирать непрерывные преобразователи постоянного напряжения;
3. Когда требуется обеспечить большую выходную мощность, следует применять импульсные преобразователи постоянного напряжения;
4. В случае необходимости обеспечения низких пульсаций напряжения на выходе DC-DC преобразователя следует применять многоключевую структуру.

# 2. Структурная схема ППН

## 2.1 Общая структурная схема преобразователя

Преобразователь постоянного напряжения – сложное устройство, которое должно выполнять ряд функций:

1. преобразование энергии;
2. ограничение тока нагрузки;
3. ограничение напряжения на нагрузке;
4. защита нагрузки от перенапряжения;
5. защита нагрузки от короткого замыкания;

Источник питания не может быть идеальным и иметь стабильное постоянное напряжение. Кроме того, при подключении к сети других устройств возникают помехи, которые могут предаваться преобразователю постоянного напряжения. Помехи сети необходимо отсеивать, фильтровать. Эту функцию выполняет помехоподавляющий фильтр ППФ

Отфильтрованное напряжение сети поступает на силовой каскад СК. Ключи силового каскада преобразуют постоянное напряжение в серию импульсов, создающих на первичной обмотке трансформаторно-выпрямительного блока ТВБ переменное напряжение, понижая его.

Переменное напряжение, индуцируемое на вторичной обмотке, ТВБ выпрямляется диодами и поступает на сглаживающий фильтр СФ. Затем, сглаженное напряжение передается на нагрузку преобразователя Н.

Функция защиты по току и напряжению подразумевает, что во время работы преобразователя считывается информация о токе в цепи ТВБ и о напряжении на нагрузке Н. Считанная информация сравнивается с эталонной. Эталонная информация для сравнения формируется источниками опорного напряжения ИОН1 и ИОН2.

Информация о превышении напряжения или тока поступает на формирователь импульсов управления ШИМ. На основе этих сигналов формируются импульсы управления ключами СК.

Структурная схема преобразователя постоянного напряжения представлена на рисунке

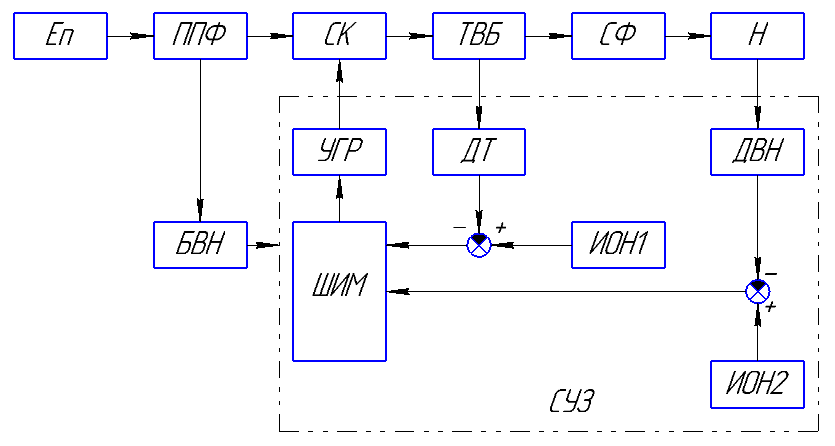


Рисунок 10. Структурная схема DC-DC преобразователя

В свою очередь импульсы управления нельзя подать непосредственно на ключи СК. Необходимо гальванически развязать блок ШИМ и СК с помощью устройства гальванической развязки УГР. УГР выполняет функцию передачи информации ШИМ, гальванической развязки, передачу энергии для открытия или закрытия ключа СК.

Блоки ДВН, ДТ, ИОН1, ИОН2, ШИМ и УГР в совокупности представляют собой схему управления и защиты СУЗ. СУЗ выполняет ряд функций:

1. обработка информации о токе в цепи;
2. обработка информации о напряжении на нагрузке;
3. формирование импульсов управления СК;
4. гальваническая развязка схемы управления и СК;

СУЗ является низковольтной частью преобразователя и не может питаться высоким напряжением Eп. Для корректной работы СУЗ необходимо понизить напряжение питающей сети до напряжения питания микросхем СУЗ. Эту функцию выполняет блок вспомогательного напряжения БВН. БВН может представлять собой самостоятельное устройство или миркосхему.