

Задача №1.

Выбор оптимального варианта структуры выпрямительного устройства (ВУ)

Исходные данные

Таблица 1.1 – Исходные данные для расчёта

Число фаз питающей сети,	Частота сети, Гц	Форма питающего напряжения	Выходное напряжение, В	Ток нагрузки, А	Коэффициент пульсаций напряжения на нагрузке, не более, %	КПД, не менее
1	10000	Прямоуг.	60	1	0,5	0,75

1.1 Альтернативные варианты функциональных элементов ВУ

Таблица 1.2 – Исходный набор функциональных элементов

Трансформаторы			Схемы выпрямителя	Сглаживающие фильтры
Число фаз сердечника	Тип	Материал сердечника		
Однофазный	ОЛ	Холоднокатаная сталь	Однотактная 2ф	Ёмкостной
Однофазный	ПЛ		Однотактная 3ф	Индуктивный
Однофазный	ШЛ	Пермаллой	Двухтактная 1ф	Однозвенный, LC
Трёхфазный	ЕЛ	Ферриты	Двухтактная 3ф	Двухзвенный, LC

К проектируемому ВУ предъявляются следующие требования:

при условии обеспечения заданного допустимого значения коэффициента пульсаций и снижения стоимости требуется выбрать вариант ВУ с минимальными потерями мощности и габаритами.

Для оценки степени выполнения требований о снижении потерь мощности в элементах ВУ, габаритов рекомендуется выбирать характеристики:

где – сумма потерь мощности в отдельных элементах ВУ;

– сумма объёмов конструктивных элементов ВУ;

, – максимально допустимые потери мощности и объём ВУ.

1.2 Построение морфологической матрицы

Структурные ограничения:

- из всех трансформаторов будем рассматривать только однофазные, из однофазных – отбраковываем ПЛ и ШЛ, так как для них на высокой частоте необходимо снижать индуктивность рассеивания обмоток или поток рассеивания ;

- так как частота сети высокая, то необходимо иметь малую площадь сердечника для быстрого перемагничивания, следовательно, отбраковываем холоднокатаную сталь;

- при прямоугольной форме напряжения из-за инерционности полупроводниковых диодов (превышение времени их закрытия над временем открывания) необходимо использовать ёмкостной фильтр;

- из четырёх схем выпрямления выбираем только – однофазную схему.

Таблица 1.3 – Морфологическая матрица

Функциональные элементы	1	2
Тип сердечника трансформатора	ОЛ	
Материал сердечника трансформатора	Пермаллой	Ферриты
Схемы выпрямления	Однотактная 2ф	Двухтактная 1ф
Сглаживающие фильтры	Ёмкостной	

Полное множество допустимых вариантов структур проектируемого ВУ:

1.3 Расчёт показателей качества

Определяем величину типовой (габаритной) мощности трансформатора:

где n – число фазных (первичных и вторичных) обмоток трансформатора;
 I_1 , I_2 и U_1 , U_2 – действующие значения токов и напряжений в первичных и вторичных обмотках.

Для прямоугольной формы напряжения:

и .

Для обмоток трансформатора с выведенной средней точкой:

.

Для вариантов и с одноконтурной 2ф схемой:

Для вариантов и с двухконтурной 1ф схемой:

Определим объём трансформатора с сердечника ОЛ по формуле:

где B_{max} – максимально допустимая магнитная индуктивность;

J_{max} – максимально допустимая плотность тока.

При мощности трансформатора P и частоте f :

для ферритов μ_r и μ_r ;

для пермаллоя μ_r и μ_r .

Для вариантов с сердечником из пермаллоя:

Для вариантов с сердечником из феррита:

Для вариантов с сердечником из пермаллоя:

Для вариантов с сердечником из феррита:

Потери в сердечниках ОЛ из пермаллоя и ферритов определим по формуле:

Потери мощности в меди трансформатора при мощности P :

Для вариантов с сердечником из пермаллоя:

Для вариантов с сердечником из феррита:

Для вариантов с сердечником из пермаллоя:

Для вариантов с сердечником из феррита:

Определим максимальное значение обратного напряжения и средний прямой ток диодов:

Для вариантов и с одноконтурной 2ф схемой:

Для вариантов и с двухконтурной 1ф схемой:

Используем высокочастотный диод типа КД213А с параметрами:

» »

Потери мощности в полупроводниковых диодах определяем по формуле:

где – длительность существования носителя;

– прямое напряжение, приложенное к диоду;

– протекающий через диод прямой ток;

– частота переключения или сети.

Для вариантов и с одноконтурной 2ф схемой:

Для вариантов и с двухконтурной 1ф схемой:

Объём полупроводникового диода с радиатором определим по формуле:

Для вариантов и с одноконтной 2ф схемой:

Для вариантов и с двухконтной 1ф схемой:

Ёмкость фильтрующего конденсатора при прямоугольной форме напряжения численно равна:

где – длительность нарастания фронтов.

Для всех вариантов:

Выбираем конденсатор К50-24 с параметрами:

, , ,

Число конденсаторов, включенных параллельно в батарею, равно:

Объём одного конденсатора СФ определяется по формуле:

Объём батареи конденсаторов определяется по формуле:

Суммарные потери и объёмы для каждого варианта определяем по формулам:

Результаты расчётов показателей качества по всем вариантам приведены в таблице 1.4:

Таблица 1.4 – Результаты расчётов показателей качества

№ в-та	, Вт	, Вт	, Вт	, Вт		, см ³	, см ³	, см ³	, см ³	
--------	------	------	------	------	--	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	--

ВУ1	5,83	5,83	1,00	3,56	0,926	18,7	5,27	0,820	24,8	0,379
ВУ2	1,84	1,84	1,00	2,17	0,563	41,9	5,27	0,820	48,0	0,733
ВУ3	5,38	5,38	4,00	3,84	1,00	17,3	26,0	0,820	44,1	0,673
ВУ4	1,70	1,70	4,00	2,72	0,708	38,7	26,0	0,820	65,5	1,00

Длина вектора качества определяется по формуле:

Выбираем два не худших варианта, у которых длины векторов наименьшие, а именно, и .

Выбор одного компромиссного варианта из подмножества не худшего осуществляется по формуле:

Так как мощности ВУ не очень большая, а применяется оно в ППН, то более существенное значение имеет снижение объёма (его габаритов), то есть и :

Оптимальный вариант структуры выпрямительного устройства является вариант с наименьшим значением условного критерия предпочтения, а именно, первый вариант:

Задача №2.

Расчёт характеристик инвертора при выборе компонентов его принципиальной схемы

Исходные данные

Таблица 2.1 – Исходные данные для расчёта

Действующее значение прямоугольного переменного напряжения, В	Действующее значение тока нагрузки, А	Напряжение источника постоянного тока, В	Мощность источника постоянного тока, Вт
80	0,25	27	27

Величина максимального напряжения, прикладываемого к закрытому транзистору, определяется из условия выбора предельно допустимого напряжения коллектор-эмиттер:

Максимальная величина тока коллектора, протекающего через транзистор в состоянии насыщения, зависит от среднего значения этого тока в течение полупериода :

Коэффициент полезного действия (КПД) инвертора определяется по формуле:

Мощность, отдаваемая в нагрузку, определяется по формуле:

Учитывая ток намагничивания трансформатора, то среднее значение тока коллектора необходимо увеличить примерно в 1,4 раза. А также в момент насыщения сердечника трансформатора ЭДС, индуцируемые в его обмотках,

становятся равными нулю, и все напряжения прикладывается к транзистору, в результате чего ток возрастает в 3 – 4 раза, то есть:

Выбираем тип транзистора из условий и . Этим условиям соответствует транзистор типа КТ808А, его параметры приведены в таблице 2.2:

Таблица 2.2 – Параметры транзистора типа КТ808А

Предельное напряжение коллектор-эмиттер , В	120
Предельный постоянный ток коллектора , А	10
Предельный постоянный ток базы , А	4
Постоянная рассеиваемая мощность коллектора , Вт	50
Минимальное значение статического коэффициента передачи тока	15
Напряжение насыщения коллектор-эмиттер , В	2
Напряжение насыщения база-эмиттер , В	1,4

Пусковой делитель

При расчёте величины сопротивлений пускового делителя напряжения и необходимо получить компромиссное решение: обеспечить требуемую величину напряжения смещения базы относительно эмиттера транзистора при достаточно малых потерях мощности в делителе. Такое решение обеспечивается при условии:

где – напряжение смещения база-эмиттер транзистора при указанном в справочнике токе базы , принимает значение

Максимальная величина тока базы:

Выбираем стандартное значение

Соответственно величину сопротивления другого резистора рассчитаем по формуле:

Выбираем стандартное значение

Величина ёмкости конденсатора , шунтирующего резистор в момент включения инвертора, выбирается из условия , чтобы постоянная времени цепи заряда этого конденсатора была меньше половины периода коммутации. В качестве частоты коммутации выбираем одно из дискретных значений 10, 20 и 50 кГц (при увеличении частоты – уменьшается масса трансформатора, но возрастают динамические потери мощности), поэтому выберем . Следовательно:

Выбираем стандартное значение

Потери в делителе определяем по формуле:

Определение параметров трансформатора

Для определения числа витков полуобмоток первичной обмотки трансформатора выразим из выражения :

где – максимальное значение магнитной индукции в сердечнике трансформатора (индукция насыщения);

– площадь активного сечения стержня, на котором размещаются обмотки.

Выбираем для трансформатора инвертора с обратной связью по напряжению тороидальный магнитопровод из феррита (и). Типоразмер магнитопровода типа ОЛ16/26-6,5 () марки 40НМК с толщиной ленты 0,02 мм.

После определения числа витков полуобмоток первичной обмотки трансформатора находим число витков его вторичной обмотки:

При выборе напряжения обратной связи должно выполняться условие . Как правило . Выберем среднее значение , тогда:

Рассчитаем число витков полуобмоток обмотки обратной связи трансформатора по формуле:

Определим действующие (эффективные) значения токов в обмотках трансформатора:

Расчёт сечения (диаметра) проводов обмоток трансформатора инвертора проводится с помощью соотношений $I_{eff} = I_{rms}$ и $I_{rms} = I_{avg} \cdot \sqrt{D}$. Приравнивая друг к другу эти выражения и выражая диаметр, получаем:

Габаритная мощность трансформатора определяется по формуле:

Объём трансформатора определяется по формуле:

Потери мощности в сердечнике типа ОЛ из феррита определяются по формуле:

Потери мощности в меди при мощности :

КПД инвертора

Для контроля правильности выбора конструктивных элементов инвертора вычисляется его КПД и полученное значение сравнивается с рассчитанным ранее:

где – потери мощности в транзисторах определяются по формуле:

, где

Так как , то выбранные конструктивные элементы выбраны правильно.

Литература

- 1.** Виноградов П. Ю., Жерненко А. С., Копылова И. В., Маракулин В. В., Шамсиев Б. Г. «Электропитание устройств и систем телекоммуникаций: методические указания и контрольная работа» – СПб.: СПбГУТ, 2012.