

Как получить чистую синусоиду из модифицированной

Часть 1

Валентин Володин



Вступление

Еще не стерлись из памяти события «лихих» 90-х. Помнится МММ, разгул криминала, веерные отключения электроэнергии. На Украине, например, во второй половине 90-х дело доходило до того, что свет в жилых районах выключали на 2 часа через каждые 2 часа. Помнится, наиболее коварным был зимний период темноты между пятью и семью часами вечера. Как раз, когда народ возвращался с работы. Выгружаешься на остановке, автобус уезжает, и ты остаешься в полной темноте. Пытаешься привыкнуть, трешь глаза, давишь на глазные яблоки. Все безрезультатно, вокруг полная темнота. Делать нечего, осторожно ступаешь во мрак, пытаешься нащупать заветный забор, который должен вывести к родной калитке и потихоньку, на ощупь, домой.

Однако в этих мытарствах были и положительные элементы. Например, резко возрос спрос на разные бензо- и дизель-генераторы, а также на электронные преобразователи и бесперебойные источники тока. Последнее обстоятельство позволило людям творческим применить свои профессиональные навыки и даже немного улучшить на этом поприще свое финансовое положение. А там, глядишь, появились различные фирмочки, выпускающие эти самые преобразователи и бесперебойники. Какой-никакой подъем в экономике образовался, дополнительные рабочие места и т. п. Собственно, и Ваш покорный слуга, примерно в те времена, из электроники слабосильной подался в электронику силовую.

Нельзя сказать, что тогда с этой самой электроникой сильно мудрили. Делали, чтобы было просто, надежно и дешево. В принципе, для того чтобы питать одну-две лампочки, больше ничего и не требовалось. Однако по мере развития процесса конкуренция ужесточалась. Народу уже стало из чего выбирать. Особо привередливые начали интересоваться формой напряжения на выходе преобразователей и бесперебойников. На что им очень обтекаемо отвечали, что форма там практически синусоидальная, но лишь слегка модифицированная. Более честные говорили, что там присутствует синусоида, но только квадратная. А уж совсем честные говорили напрямую, что их преобразователи и бесперебойники формируют на выходе прямоугольное напряжение с паузой. Но параметры этого напряжения (амплитудное и действующее значение, а также частота) практически соответствуют аналогичным параметрам однофазного переменного напряжения бытовой электросети. В принципе, такое напряжение вполне подходило для основных бытовых электропотребителей, таких телевизоры, компьютеры, а также нагревательные и люминесцентные лампы. Те же электропотребители, которые требовали чисто синусоидального напряжения (асинхронные двигатели, например), были в меньшинстве и погоды особой не делали.

Однако такое положение не могло длиться вечно. Количество отключений сокращалось и в какой-то момент они практически вообще прекратились. Однако параллельно на рынке бытовых товаров стали появляться отопительные котлы, оборудованные циркуляци-

онными насосами, приводными задвижками и электронным управлением. Такие котлы требовали высококачественного бесперебойного электропитания. В противном случае, при отключении электричества работа системы отопления полностью нарушалась.

И вот тут возникала некая дилемма. Многие владельцы отопительного чуда уже обладали бесперебойными источниками, мощности которых с лихвой хватало для питания котла. Однако, вот беда, циркуляционные насосы ни в какую не хотели крутиться от «прямоугольной синусоиды». Для чудо-котла надо было приобретать новый чудо-бесперебойный источник, формирующий на выходе чистейшую синусоиду. А куда же теперь девать старый, к которому уже душой прикипели. Нехорошо как-то все это!

Но положение не безвыходное и старый друг нам еще послужит! Для питания асинхронного двигателя от прямоугольного напряжения можно использовать фильтр Отто. Есть множество положительных примеров практического воплощения такого подхода. Однако такой вариант не самый простой и, уж точно, не универсальный. После продолжительной и утомительной настройки фильтр можно будет использовать только с конкретным двигателем. Хотелось бы чего-то более универсального. Таким более универсальным решением будет использование в качестве фильтра феррорезонансного или подобного ему стабилизатора. При этом феррорезонансный стабилизатор, включенный после бесперебойного источника, будет не только исправлять форму его выходного напряжения в периоды отсутствия сети (работа от аккумулятора), но и будет стабилизировать напряжение сети в моменты его присутствия.

Ниже приводится описание и принципиальная электрическая схема феррорезонансного стабилизатора мощностью 1000 Вт. В статье приведены формулы и методика расчета, которая позволит вам пересчитать стабилизатор на другую мощность, если это потребуется.

Феррорезонансный стабилизатор

Феррорезонансные стабилизаторы имеют ряд достоинств, таких как высокая надежность и быстродействие, широкий диапазон входных напряжений, хорошая стабильность

выходного напряжения, способность к исправлению формы сильно искаженного входного напряжения. Однако, не смотря на все свои достоинства, эти стабилизаторы имеют и некоторые недостатки, к которым можно отнести относительно низкую удельную мощность и высокий уровень шумов, создаваемых при работе.

Не так давно, в 60-80-х годах прошлого века, феррорезонансные стабилизаторы широко использовались в быту для питания ламповых телевизоров. И старшее поколение читателей, скорей всего, до сих пор помнит тот надрывный гул, которым сопровождалась работа этих аппаратов, которые различались формой и расцветкой, но имели вес 10-15 кг при мощности 250-350 Вт.

Основным источником шумов в феррорезонансном стабилизаторе является насыщающийся дроссель. В работе сердечник этого дросселя постоянно насыщается, что приводит к изменению его линейных размеров. Это явление называется магнитострикционным эффектом. О «шумности» этого эффекта говорит хотя бы тот факт, что он широко используется в гидроакустике для генерации мощных акустических волн. Следовательно, если мы хотим построить тихий стабилизатор, то в первую очередь должны избавиться от насыщающегося дросселя. Однако нельзя просто так выбрасывать неудобные комплектующие из стабилизатора. В этом случае мы рискуем потерять его функциональность. Чтобы этого не произошло, сначала нужно найти достойную замену. И на нашу удачу такая достойная замена имеется. Еще в 70-х годах прошлого столетия была доказана возможность замены насыщающегося дросселя последовательной цепочкой, состоящей из линейного дросселя и двух встречно-параллельных тиристоров [1]. Такая цепь ведет себя аналогично насыщающемуся дросселю, но в отличие от него имеет меньшие размеры и массу, может оперативно регулироваться за счет управления тиристорами, обеспечивает меньшие потери и, самое главное, гораздо меньше шумит. В технической литературе такая цепочка зачастую называется резонансным тиристорным регулятором (РТР) [2]. При необходимости, два встречно-параллельных тиристора РТР можно с успехом заменить одним симистором.

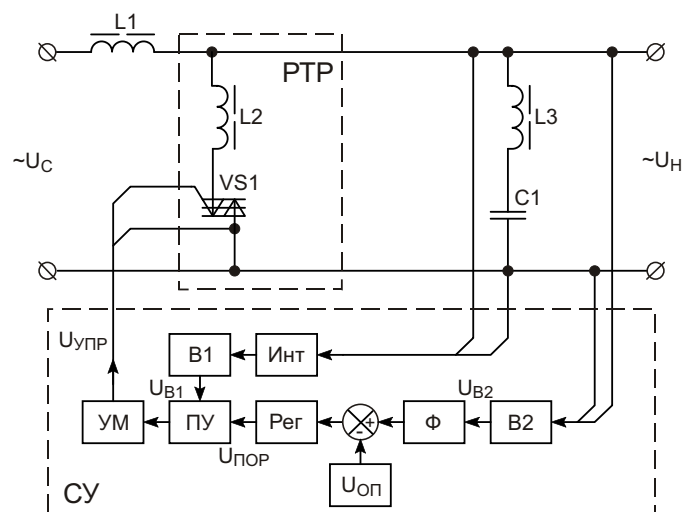


Рисунок 1. Функциональная схема стабилизатора с РТР.

Работа стабилизатора

Функциональная схема стабилизатора с РТР [2] изображена на Рисунке 1.

Стабилизатор с РТР имеет практически тот же принцип действия, что и феррорезонансный стабилизатор. Выходное напряжение U_H поддерживается на требуемом уровне (220 В). Когда напряжение питающей сети U_C имеет минимальное значение, симистор VS1 заперт. При этом напряжение U_H поднимается до требуемого уровня за счет резонанса в колебательном контуре L1C1. Если же напряжение питающей сети U_C имеет максимально

допустимое значение, то симистор VS1 постоянно открыт. При этом дроссели L1 и L2 образуют делитель переменного напряжения, уменьшающий сетевое напряжение до требуемого уровня. В феррорезонансном стабилизаторе насыщающийся дроссель также максимально используется при максимальном входном напряжении, и минимально при минимальном. Дроссель L3 совместно с конденсатором C1 образует фильтр третьей гармоники, улучшающий форму выходного напряжения стабилизатора.

Рассмотрим подробнее работу стабилизатора с РТР. На Рисунке 2 изображены осциллограммы основных напряжений и токов ста-

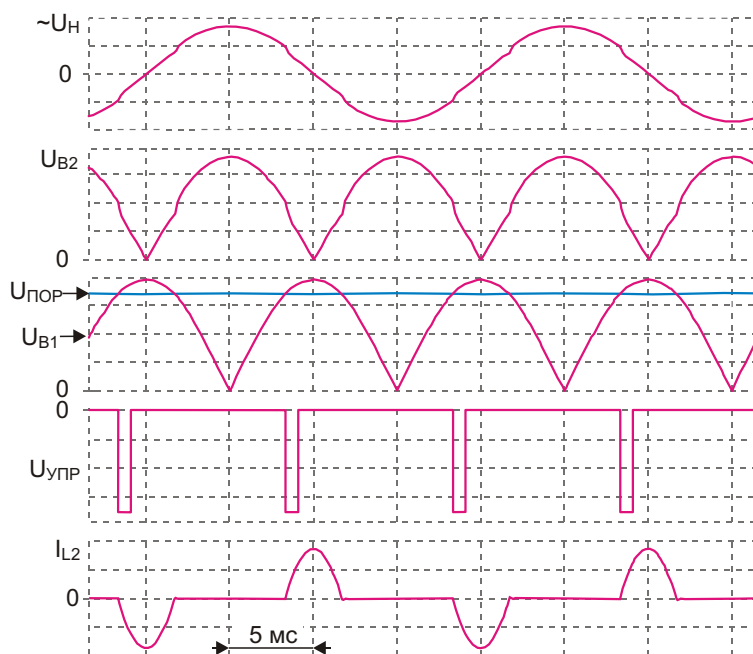


Рисунок 2. Осциллограммы основных напряжений и токов стабилизатора с РТР.

билизатора с РТР. Выходное напряжение стабилизатора U_H выпрямляется при помощи выпрямителя В2. Выпрямленное напряжение U_{B2} поступает на фильтр Ф, который выделяет из него среднее, действующее или амплитудное значение, в зависимости от того, какое значение выходного напряжения U_H требуется стабилизировать. Далее напряжение с выхода фильтра поступает на сумматор, где сравнивается с опорным напряжением U_{OP} . С выхода сумматора напряжение ошибки поступает на регулятор Рег, который формирует управляющий сигнал, призванный компенсировать отклонение выходного напряжения стабилизатора. Выходное напряжение регулятора $U_{ПОР}$ поступает на вход порогового устройства ПУ и определяет его порог срабатывания. На другой вход порогового устройства подается синхронизирующее напряжение U_{B1} , привязанное к моментам перехода через ноль выходного напряжения U_H стабилизатора. На выходе порогового устройства ПУ формируются импульсы управления $U_{УПР}$, которые усиливаются усилителем мощности УМ и в требуемой полярности поступают на управляющий электрод симистора VS1. Синхронизирующее напряжение создается при помощи интегратора Инт и выпрямителя В1. Благодаря интегратору, импульсы выпрямленного напряжения U_{B1} отстают от импульсов U_{B2} на 5 мс (фазовый сдвиг -90°).

Импульсы управления $U_{УПР}$ формируются на нарастающем фронте U_{B1} между нулевым и амплитудным значением этого напряжения. При увеличении порогового напряжения $U_{ПОР}$ импульсы управления максимально сдвигаются к амплитудному значению U_{B1} и, соответственно, к нулевому значению U_{B2} . В этом случае симистор открывается в районе нулевого значения U_H и через линейный дроссель L2 протекает незначительный ток I_{L2} , который не оказывает существенного влияния на выходное напряжение стабилизатора. При уменьшении порогового напряжения $U_{ПОР}$ импульс управления сдвигается в сторону амплитудного значения U_H и через линейный дроссель L2 начинает протекать существенный ток, который шунтирует выход стабилизатора и уменьшает величину его выходного напряжения.

Если выходное напряжение стабилизатора меньше требуемого, то регулятор Рег увеличивает пороговое напряжение $U_{ПОР}$. В результате ток, протекающий через дроссель L2, уменьшается, и выходное напряжение стабилизатора возрастает за счет резонанса в колебательном контуре L1C1. Если выходное напряжение больше требуемого, то регулятор Рег уменьшает пороговое напряжение $U_{ПОР}$. В результате ток, протекающий через дроссель L2, увеличивается и выходное напряжение стабилизатора уменьшается.

Расчет силовой схемы стабилизатора

Рассмотрим практическую методику расчета стабилизатора мощностью 1000 ВА. Такой стабилизатор может использоваться как независимое устройство или совместно с устаревшими источниками бесперебойного питания для получения синусоидальной формы напряжения.

Принципиальная электрическая схема силовых цепей стабилизатора с РТР мощностью $S_H = 1000$ ВА изображена на Рисунке 3. Стабилизатор рассчитан на работу от сети переменного тока 220 В 50 Гц с нагрузкой, имеющей коэффициент мощности $\cos \varphi_H = 0.7$, и формирует выходное напряжение $U_H = 220 \text{ В} \pm 1\%$ во всем диапазоне нагрузок при изменении входного напряжения от 150 до 260 В.

Первым делом необходимо определить емкость резонансного конденсатора. Реактивную мощность резонансного конденсатора для стабилизатора без фильтра третьей гармоники можно найти по формуле:

$$Q_{C0} = C_0 U_H^2 (1.4 - 1.45) S_H \cos \varphi_H S_H \sin \varphi_H \\ 1.45 \cdot 1000 \cdot 0.7 \cdot 1000 \cdot 0.7 = 1715 \text{ ВАР},$$

где:

$$2 f = 2 \cdot 3.14 \cdot 50 = 314$$

– угловая частота сетевого напряжения, рад/с.

Зная реактивную мощность резонансного конденсатора, найдем его емкость:

$$C_0 = \frac{Q_{C0}}{U_H^2} = \frac{1715}{314 \cdot 220^2} = 110 \text{ мкФ}.$$

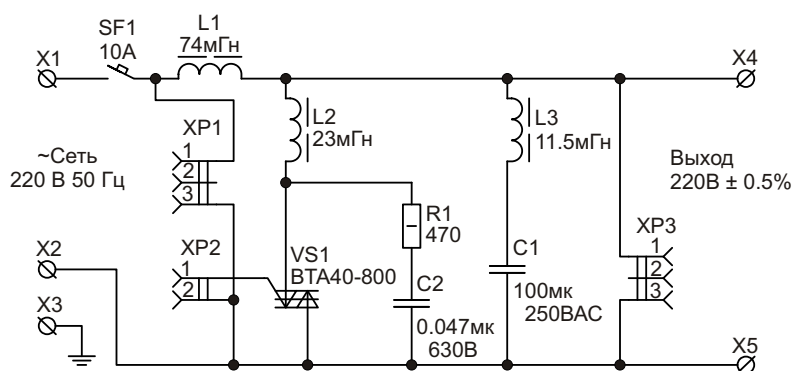


Рисунок 3. Принципиальная электрическая схема силовых цепей стабилизатора с РТР мощностью 1000 ВА.

Найдем индуктивность линейного дросселя L1:

$$L1 = \frac{(0.75 \quad 0.85)}{^2 C_0} \frac{0.8}{314^2 \cdot 110 \cdot 10^{-6}} \quad 74 \text{ мГн.}$$

Найдем индуктивность линейного дросселя L2:

$$L2 = \frac{(0.2 \quad 0.3)}{^2 C_0} \frac{0.25}{314^2 \cdot 110 \cdot 10^{-6}} \quad 23 \text{ мГн.}$$

Найдем индуктивность линейного дросселя L3:

$$L3 = \frac{0.125}{^2 C_0} \frac{0.125}{314^2 \cdot 110 \cdot 10^{-6}} \quad 11.5 \text{ мГн.}$$

Так как в стабилизаторе для улучшения формы выходного напряжения установлен фильтр третьей гармоники, емкость резонансного конденсатора можно уменьшить:

$$C1 = \frac{8 C_0}{9} \frac{8 \cdot 110 \cdot 10^{-6}}{9} \quad 100 \text{ мкФ.}$$

В качестве C1 можно использовать компенсирующие конденсаторы типа К78-99 или аналогичные, предназначенные для коррекции коэффициента мощности электромагнитных дросселей газоразрядных ламп. Например, можно использовать два включенных параллельно конденсатора К78-99 емкостью 50 мкФ, рассчитанных на напряжение 250 В переменного тока. Для этой же цели можно использовать конденсатор типа МБГВ 100 мкФ на напряжение 1000 В. [РЛ](#)

Используемая литература:

1. Д.И. Богданов. Феррорезонансные стабилизаторы напряжения. Москва: Энергия, 1972. – стр. 31, 79.
2. В.В. Губанов. Стабилизированные полупроводниковые преобразователи в системе с нелинейными резонансными устройствами. Ленинград: Энергоатомиздат, 1985. – стр. 153, 178.
3. А.Дж. Пейтон, В. Волш. Аналоговая электроника на операционных усилителях. Москва: Бином, 1994 год. стр.106, 313.

Как получить чистую синусоиду из модифицированной

Часть 2

Окончание. Начало в номере 11-2013

Валентин Володин

Конструктивный расчет дросселя

Для начала определим максимальные напряжения и токи в обмотках линейных дросселей L1 – L3. Определим токи и напряжения по упрощенным формулам, которые справедливы для случая, когда входное напряжение стабилизатора изменяется в диапазоне от 150 до 260 В, а выходное равно 220 В.

Найдем действующий ток в обмотке дросселя L1 для случая полностью активной нагрузки:

$$I_{L1} = \frac{P_{MAX}}{U_{MIN}} \cdot 1.1 = \frac{1000}{150} \cdot 1.1 = 7.33 \text{ A.}$$

Найдем действующий ток в обмотке дросселя L2:

$$I_{L2} = 1.45 I_{L1} = 1.45 \cdot 7.33 = 10.63 \text{ A.}$$

Найдем действующий ток в обмотке дросселя L3:

$$I_{L3} = 1.2 I_{L1} = 1.2 \cdot 7.33 = 8.8 \text{ A.}$$

Чтобы линейные дроссели гарантированно не насыщались, они должны рассчитываться на определенное переменное напряжение. С некоторым запасом можно считать, что к обмоткам дросселей прикладываются напряжения, средние значения которых равны $U_{L1} = 250 \text{ В}$ для дросселя L1, $U_{L2} = 100 \text{ В}$ для дросселя L2 и $U_{L3} = 45 \text{ В}$ для дросселя L3.

Так как процедура расчета для всех дросселей аналогична, то для примера произведем конструктивный расчет дросселя L2. В качестве сердечника дросселя используем стандартный сердечник типа ШЛ, навитый лентой толщиной 0.35 мм, выполненной из холоднокатаной электротехнической стали типа 3411 (Э310). Значение максимальной индукции ВМ в сердечнике линейного дросселя не должно превышать 1.5 Тл для холоднокатаной стали и 1.2 Тл для горячекатаной. Будем считать, что максимальная плотность тока в обмотке дросселя составляет $J = 3.5 \text{ А/мм}^2$, а коэффициент заполнения окна $k_O = 0.35$. Для ленты толщиной 0.35 мм коэффициент заполнения сердечника составит $k_C = 0.93$.

Найдем минимальные габаритные размеры сердечника:

$$S_C S_O = \frac{0.5 U_{L2} I_{L2}}{B_M k_C k_O J} = \frac{0.5 \cdot 100 \cdot 10.63}{1.5 \cdot 0.93 \cdot 0.35 \cdot 3.5} = 311 \text{ см}^4.$$

По таблице определяем, что нам подходит сердечник ШЛ32х40. Этот сердечник имеет площадь сечения $S_C = a \cdot b = 3.2 \cdot 4 = 12.8 \text{ см}^2$ и площадь окна $S_O = c \cdot h = 3.2 \cdot 8 = 25.6 \text{ см}^2$. Габаритные размеры сердечника составляют $S_C S_O = S_C \cdot S_O = 12.8 \cdot 25.6 = 328 \text{ см}^4$, что превышает минимальные требования.

Определим количество витков обмотки дросселя по формуле:

$$W = \frac{U}{0.02 B_m S_c k_c} \cdot \frac{100}{0.02 \cdot 1.5 \cdot 12.8 \cdot 0.93} = 280.$$

Определим диаметр обмоточного провода по формуле:

$$D = 1.128 \sqrt{\frac{I}{J}} = 1.128 \sqrt{\frac{10.63}{3.5}} = 1.97 \text{ мм.}$$

Из таблицы стандартных обмоточных проводов выбираем ближайший более толстый медный провод 2.02 мм.

Из соображения обеспечения требуемой индуктивности определяем суммарную длину немагнитного зазора в сердечнике дросселя:

$$L = \frac{1.25 \cdot 10^{-7} \cdot S_c k_c W^2}{23 \cdot 10^{-3}} = 5.07 \text{ мм.}$$

Формула дает «теоретическую» длину, не учитывающую эффект распухания поля в зазоре. С учетом этого эффекта суммарная длина немагнитного зазора составит примерно 8 мм. Поэтому после намотки и сборки дросселя необходимо путем подбора толщины немагнитной прокладки в стыках сердечника добиться требуемой индуктивности.

Аналогичным образом производится конструктивный расчет для дросселей L1 и L3.

Блок управления стабилизатора

Принципиальная электрическая схема блока управления стабилизатора изображена на Рисунке 4.

Функциональная схема блока управления стабилизатора соответствует схеме, изображенной на Рисунке 1. Выходное напряжение стабилизатора U_H через разъем XP3 поступает на вход делителя напряжения R9, R15 и интегратора, выполненного в виде RC-цепочки на элементах R28 и C11. Диоды VD2 и VD5 ограничивают амплитуду выходного напряжения делителя напряжения, а диоды VD8 и VD11 ограничивают амплитуду выходного напряжения интегратора.

Выходное напряжение интегратора с конденсатора C11 поступает на вход выпрямителя B1. Узел B1 представляет из себя двухполупериодный выпрямитель [3], собранный на двух операционных усилителях (ОУ) DA1.3 и DA1.4, а также на элементах VD9, VD10, C9, R21, R22, R30. При положительном входном напряжении диод VD9 закрыт, а диод VD10 открыт, и схема выпрямителя охвачена общей отрицательной обратной связью через резисторы R21 и R22. За счет действия обратной связи напряжение U_{B1} на выходе DA1.4 поддерживается равным входному напряжению выпрямителя. Если на входе выпрямителя отрицательное входное напряжение, то диод VD10 закрыт, а диод VD9 открыт. При этом ОУ DA1.3 действует как повторитель, а ОУ DA1.4 – как инвертор с единичным коэффициентом усиления. В результате выходное напряжение выпрямителя равно по абсолютному значению входному, но имеет противоположную, т.е. положительную, полярность. Конденсатор C9 предотвращает возбуждение выпрямителя.

С выхода делителя напряжения R9, R15 напряжение поступает на вход двухполупериодного выпрямителя B2, собранного на двух ОУ DA1.1 и DA1.2, а также на элементах VD3, VD4, C3, R2, R3, R16. Выпрямитель B2 полностью аналогичен выпрямителю B1. Выходное напряжение U_{B2} выпрямителя B2 поступает на фильтр нижних частот Саллена-Кея [3], собранного на ОУ DA2.1 и элементах C2, C7, R4, R10, R11, R17. Частота среза этого фильтра составляет 10 Гц. В результате этого фильтр выделяет постоянную составляющую из напряжения U_{B2} и активно подавляет пульсацию, равную удвоенной частоте сети (100 Гц).

С выхода фильтра сглаженное напряжение пропорциональное выходному напряжению стабилизатора поступает на вход пропорционально-интегрального (ПИ) регулятора, собранного на управляемом стабилизаторе DA3 и элементах VD16, C1, R5, R6, R12, R18, R23. Входное напряжение регулятора через делитель напряжения R5, R12, R18 прикладывается к управляющему электроду DA3, где сравнивается с внутренним опорным напряжением $U_{оп} = 2.5 \text{ В}$. Это опорное напряжение задает номинальное значение выходного напряжения стабилизатора $U_H = 220 \text{ В}$. Если выходное напряжение стабилизатора выше номинального, то выходное

напряжение регулятора $U_{\text{ПОР}}$ уменьшается, а если ниже, то увеличивается. Резистор R23 выполняет двоякую роль. Во-первых, он выполняет роль нагрузки для DA3, а во-вторых, совместно со стабилитроном VD16 образуем параметрический стабилизатор, который ограничивает максимальное значение $U_{\text{ПОР}}$ на уровне 5 В. Цепочка R6, C1 определяет параметры настройки регулятора.

Пороговое устройство собрано на ОУ DA2.3, работающем в режиме компаратора. Импульс управления $U_{\text{УПР}}$ должен формироваться по переднему фронту импульсов выпрямленного напряжения $U_{\text{В1}}$. Для этого напряжение $U_{\text{В1}}$ заведено на прямой вход DA2.3, а $U_{\text{ПОР}}$ – на инвертирующий. Как только величина $U_{\text{В1}}$ превышает порог $U_{\text{ПОР}}$, на выходе DA2.3 формируется положительный фронт напряжения, который при помощи дифференцирующей цепочки C10, R32 превращается в короткий импульс. Этот импульс поступает на формирователь, собранный на ОУ DA2.4 и элементах VT2, VD7, VD12, VD13, R24, R25, R33, R34. Формирователь обеспечивает необходимую форму и длительность импульса управления.

Импульс управления через диод VD13 поступает на вход усилителя мощности, собранного на элементах VT5, R38-R40. Усилитель мощности обеспечивает величину и полярность напряжения управления $U_{\text{УПР}}$, необходимого для надежного отпирания симистора VS1 (Рисунок 3). Резисторы R36, R37 преобразуют напряжение управления $U_{\text{УПР}}$ в ток управления, который через разъем XP2 подается в управляющий электрод симистора VS1.

Узел начального пуска собран на ОУ DA2.2 и элементах VT3, VD1, VD14, C4, R7, R8, R19, R20, R26, R35. Выходное напряжение делителя R7, R19 прикладывается к прямому входу DA2.2, а к инвертирующему выходу подключен конденсатор C4. Сразу после включения стабилизатора конденсатор C4 разряжен, и поэтому на выходе ОУ DA2.2 присутствует высокий уровень, который через транзисторный каскад VT3, R26, R35 и диод VD14 поступает на усилитель мощности. В результате этого симистор VS1 (Рисунок 1) удерживается в открытом состоянии, и на выходе стабилизатора фиксируется минимальное напряжение. Это состояние длится примерно 0.6 с и необходимо для заверше-

ния переходных процессов в дросселях стабилизатора.

Узел мягкого старта собран на элементах VT1, VT4, VD6, C8, R13, R14, R27, R29. Сразу после включения стабилизатора высокий уровень с выхода DA2.2 через делитель напряжения R27, R29 поступает на базу транзистора VT4. Транзистор VT4 открывается и шунтирует конденсатор мягкого старта C8, фиксируя на нем низкий уровень напряжения. Низкий уровень с конденсатора C8 через эмиттерный повторитель VT1 и диод VD6 поступает на выход регулятора. При этом напряжение $U_{\text{ПОР}}$ имеет минимальное значение, обеспечивающее практически непрерывное удержание симистора VS1 в открытом состоянии. После окончания цикла начального пуска на выходе DA2.2 формируется низкий уровень, транзистор VT3 закрывается и начинается плавная зарядка конденсатора мягкого старта C8. Одновременно с зарядкой конденсатора C8 начинается возрастание порогового напряжения $U_{\text{ПОР}}$. При этом ток в дросселе L2 (Рисунок 3) убывает, и стабилизатор плавно, без толчков вводится в работу.

Светодиод HL1 «Работа» зажигается после завершения начального пуска и служит для индикации рабочего состояния стабилизатора.

Блок питания стабилизатора формирует двухполярное стабилизированное напряжение ± 10 В и собран на элементах T1, DA4, DA5, VD15, C13-C16, FU1.

Наладка и настройка стабилизатора

Правильно собранный стабилизатор не нуждается в какой-то настройке. После включения стабилизатора в сеть необходимо при помощи подстроечного резистора R18 выставить номинальное выходное напряжение 220 В.

Детали

В качестве резонансного конденсатора C1 (Рисунок 3) можно использовать компенсирующие конденсаторы типа К78-99 или аналогичные, предназначенные для коррекции коэффициента мощности электромагнитных дросселей газоразрядных ламп. Например, можно использовать два включенных параллельно конденсатора К78-99 емкостью

50 мкФ, рассчитанных на напряжение 250 В переменного тока. Для этой же цели можно использовать конденсатор типа МБГВ 100 мкФ на 1000 В. Подобные конденсаторы, еще советского выпуска, достаточно часто встречаются на различных хозяйственных и радиолюбительских рынках.

Дроссель L1 мотается на ленточный сердечник ШЛ32х64. Обмотка дросселя содержит 440 витков медного провода 1.68 мм.

При сборке сердечника в каждый его стык необходимо положить немагнитную прокладку толщиной 5 мм. После намотки и сборки дросселя необходимо путем уточнения толщины немагнитной прокладки добиться требуемой индуктивности.

Примечание: В качестве дросселя L1 можно использовать готовый дроссель от светильников с газоразрядными лампами. В данном случае можно использовать два дрос-

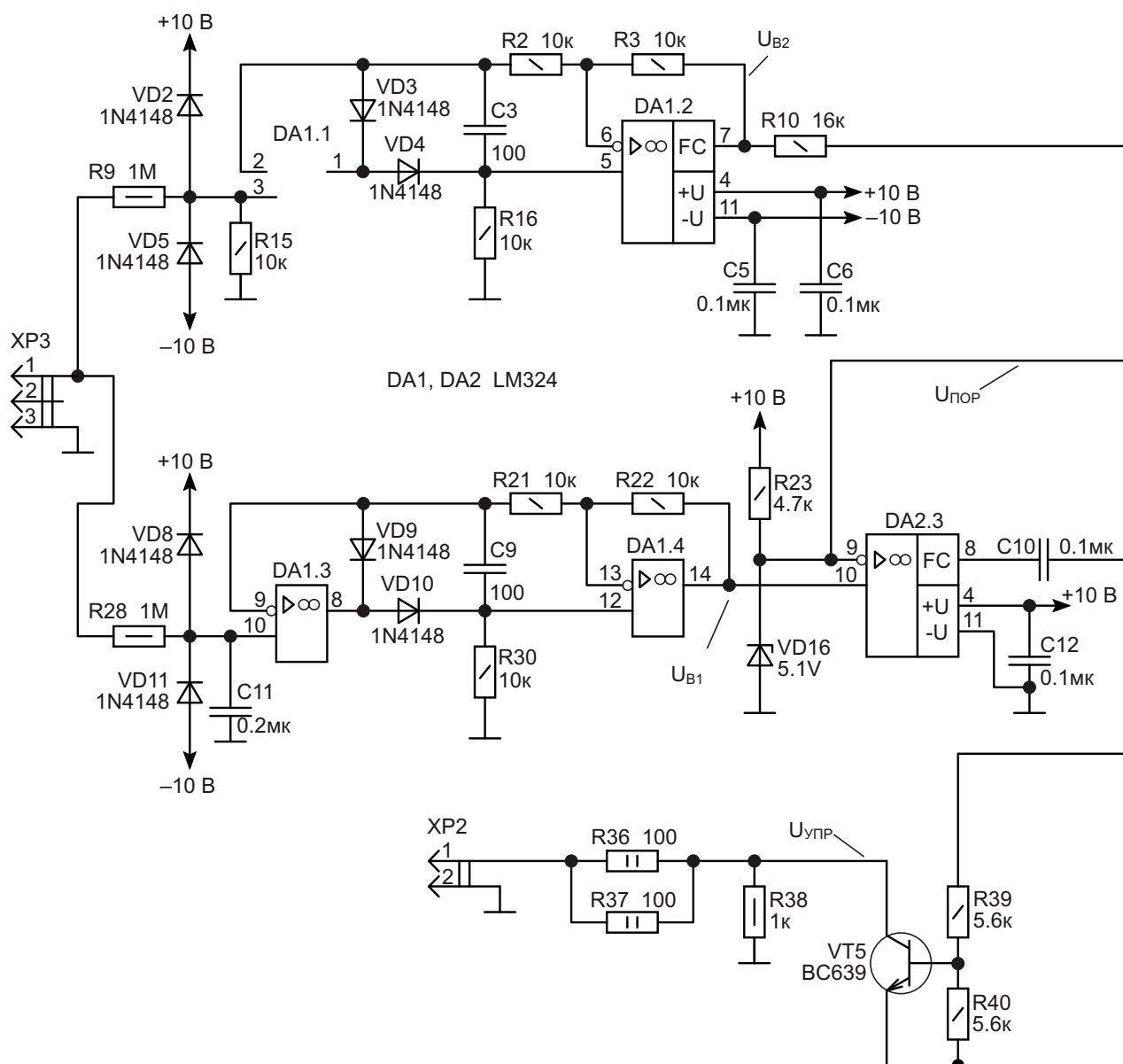
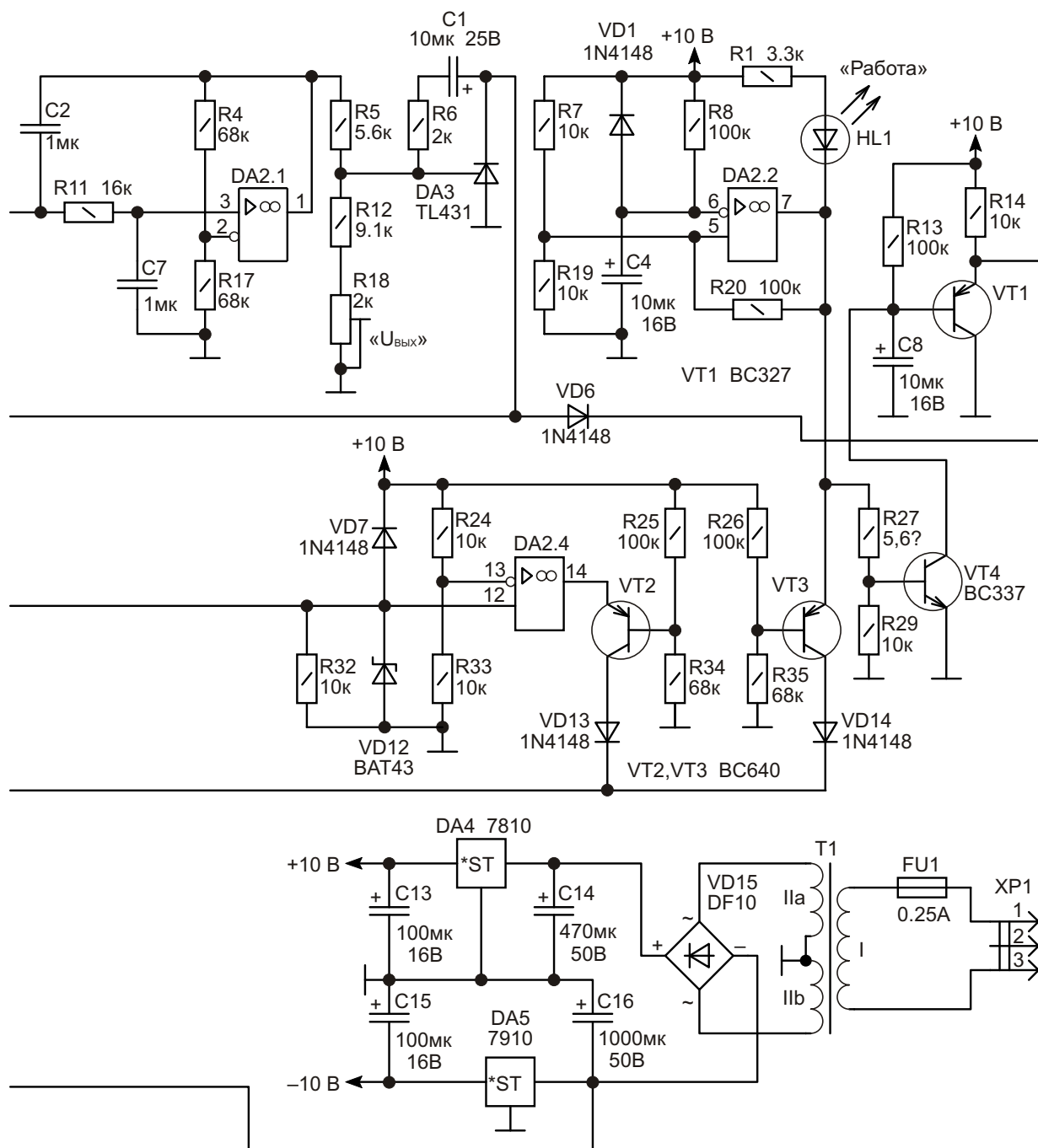


Рисунок 4. Принципиальная электрическая схема блока управления стабилизатора.

Дроссель L2 мотается на ленточный сердечник ШЛ32х40. Обмотка дросселя содержит 280 витков медного провода 2.02 мм. При сборке сердечника в каждый его стык необходимо положить немагнитную прокладку толщиной 4 мм. После намотки и сборки

Дроссель L3 мотается на ленточный сердечник ШЛ25х32. Обмотка дросселя содержит 205 витков медного провода 1.81 мм. При сборке сердечника в каждый его стык необходимо положить немагнитную прокладку толщиной 2.5 мм. После намотки и сборки дросселя необходимо путем уточнения тол-



щины немагнитной прокладки добиться требуемой индуктивности.

Линейные дроссели во время работы стабилизатора формируют переменное магнитное поле высокой интенсивности. При этом даже хорошо собранный дроссель может являться источником шума. Правда шуметь будет не сам дроссель, а окружающие его железные предметы, например крышка корпуса стабилизатора. Для уменьшения внешних полей дроссель необходимо поместить в коробку, сделанную из мягкой стали толщиной 1 мм, и залить компаундом. При этом внутренние расстояния от стенок коробки до дросселя должны быть не менее 20 мм.

Во время работы симистор VS1 греется, и поэтому его необходимо установить на охлаждающий элемент типа О141 или аналогичный, имеющий площадь не менее 400 см². Так как симистор ВТА40-800 изолирован от корпуса, то нет необходимости изолировать охлаждающий элемент от корпуса стабилизатора. Вместо ВТА40-800 можно использовать симисторы ВТА41-800 или ВТВ41-800. В отличие от ВТА40-800 и ВТА41-800, симистор ВТВ41-800 от корпуса не изолирован. Поэтому при его использовании необходимо принять меры для надежной изоляции охлаждающего элемента с установленным симистором от корпуса стабилизатора. При отсутствии указанных

симисторов можно использовать любые другие, имеющие аналогичные параметры. Например, можно использовать отечественный симистор типа ТС132-40-8-6.

В качестве трансформатора Т1 (Рисунок 4) можно использовать любой трансформатор мощностью 5-10 Вт, рассчитанный на работу при повышенном до 260 В напряжении сети. Трансформатор должен иметь одну вторичную обмотку на 36 В, имеющую отвод от середины (18 В + 18 В).

Внимание!

При установке, стабилизатор необходимо заземлить при помощи клеммы Х3 (Рисунок 3). В свою очередь, клемма Х3 должна иметь надежный электрический контакт с корпусом стабилизатора. **РЛ**

Используемая литература:

1. Д. И. Богданов. Феррорезонансные стабилизаторы напряжения. Москва: Энергия, 1972. – стр. 31, 79.
2. В. В. Губанов. Стабилизированные полупроводниковые преобразователи в системе с нелинейными резонансными устройствами. Ленинград: Энергоатомиздат, 1985. – стр. 153, 178.
3. А. Дж. Пейтон, В. Волш. Аналоговая электроника на операционных усилителях. Москва: Бином, 1994 год. стр. 106, 313.