

Министерство образования и науки Российской Федерации

ГОУ ВПО «Уральский государственный лесотехнический университет»

Кафедра автоматизации производственных процессов

Выборнов В.Е.  
Колясников В.В.

**Электронные стабилизаторы  
напряжения  
устройств автоматики**

Методические указания для студентов очной и заочной форм по специальностям 220501 «Управление качеством», 220301 «Автоматизация технологических процессов и производств лесного комплекса» по дисциплинам «Методы и средства измерений, испытаний и контроля» и «Электроника»

Рассмотрено и рекомендовано методической комиссией  
Лесоинженерного факультета  
Протокол № \_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ 2010 г.

Рецензент:

Редактор РИО:  
Компьютерная верстка:

---

Подписано в печать		Поз.
Печать плоская	Формат 60x84 1/16	Тираж 100 экз.
Заказ №	Печ. л.	

---

Редакционно-издательский отдел УГЛТУ  
Отдел оперативной полиграфии УГЛТУ

## **Введение**

Настоящие методические указания составлены для оказания технической помощи студентам III, IV и V курсов специальностей 220501 и 220301 как очного, так и заочного обучения при курсовом проектировании измерительных преобразователей по дисциплинам «Методы и средства измерения и контроля», «Электроника», а также при дипломном проектировании.

Данные методические указания посвящены вопросам разработки стабилизированных источников электропитания для проектируемых устройств, изложены материалы расчета и выбора силовых трансформаторов, расчета сглаживающих RC-фильтров и выбора полупроводниковых выпрямительных диодов и стабилизаторов 142-й серии.

## **1 Стабилизированные источники питания измерительных преобразователей**

С момента освоения (в конце шестидесятых годов прошлого века) и серийного выпуска отечественной промышленностью аналоговых и цифровых интегральных микросхем, обладающих широкими функциональными возможностями, разработчики электронных систем автоматики стали использовать эти новые перспективные электрорадиоизделия (ЭРИ), обладающие несоизмеримыми преимуществами перед полупроводниковыми транзисторами:

во-первых, резко сократились трудоемкость и сроки разработки схем электрических устройств автоматики;

во-вторых, уменьшились габаритно-массовые характеристики приборов в системах автоматики;

в-третьих, сократилась номенклатура электронных сборочных единиц по сравнению с транзисторными устройствами;

в-четвертых, значительно повысилась надежность работы новых электронных приборов.

Параллельно с этими новыми ЭРИ отечественная промышленность освоила выпуск малогабаритных стабилизаторов напряжения серии 142 в интегральном исполнении, применение которых также способствовало созданию надежных и простых стабилизированных источников питания.

Как правило, измерительные преобразователи физических величин и электрических параметров требуют стабилизированные источники питания: +5, +12, +15 и -15 В относительно общей шины. Первый (5-вольтовый) источник необходим для питания цифровых микросхем серии ТТЛ, ТТЛШ (155, 555, 1533), второй (12-вольтовый) источник – для микросхем серии КМОП (176, 561, 564, 1526), третий и четвертый (15-вольтовые) источники питания необходимы для аналоговых микросхем (операционных усилителей) 140-й, 521-й и других серий.

питания необходимы для аналоговых микросхем (операционных усилителей) 140-й, 521-й и других серий.

Для получения указанных стабилизированных источников питания необходимы соответствующие выпрямительные схемы.

В качестве выпрямителей используются, как правило, двухполупериодные схемы (мостовая или схема с наличием среднего провода во вторичной обмотке силового трансформатора). В качестве

стабилизатора вышеуказанных напряжений используются отечественные микросхемы серии 142 (для 5-вольтового источника используется стабилизатор 142ЕН5, для 12-вольтового - 142ЕН3, для +15 В и -15 В используется двухканальный стабилизатор 142ЕН6).

На рис.1 приведены мостовые схемы выпрямления вместе с сглаживающими RC-фильтрами и стабилизаторами источника питания электронного измерительного преобразователя.

## Описание элементов схемы

### стабилизированного источника питания

SA1 - выключатель (например, типа П1М9), позволяющий коммутировать переменное напряжение до 250 В и ток до 5 А.

FU1 - вставка плавкая (например, ВП2), используемая с держателем вставки плавкой (например, типа ДВП2Т).

Примечание: ранее вставки плавкие назывались предохранителями.

TV1 - силовой трансформатор (специально для электронных схем промышленность выпускает малогабаритные трансформаторы типа ТПП).

C1, C2, C3 - электролитические конденсаторы большой емкости (элементы сглаживающих RC- фильтров).

C4 - C12- керамические конденсаторы небольших емкостей (рекомендованы предприятием- изготовителем стабилизаторов 142-й серии).

Примечание. Конкретные величины электрических емкостей (указанных конденсаторов) будут даны при описании интегральных стабилизаторов 142ЕН5А и 142ЕН6А

DA1, DA2 – стабилизаторы в интегральном исполнении типов соответственно 142ЕН5А и 142ЕН6А.

VD1 – VD12 – полупроводниковые выпрямительные диоды. Типы диодов предстоит выбрать по заданным параметрам (выпрямленный ток, обратное напряжение и импульсный бросок тока, возникающий в момент включения напряжения сети электропитания 220 В 50 Гц)

При создании стабилизированного источника питания для измерительных преобразователей ставятся следующие вопросы:

- как выбрать силовой трансформатор для источника питания?
- какую мощность должен потреблять измерительный преобразователь?

Какие номинальные значения напряжений необходимо иметь на вторичных обмотках трансформатора и какие токи будут потребляться от источников напряжений?

- как добиться получения на выходе RC- фильтра допустимых пульсаций на фоне выпрямленного напряжения?

Как правило, допустимые пульсации задаются коэффициентом пульсации в процентах:

$$K_n = \frac{U_{\text{вых.ф.н.}}}{U_{\text{вх.ф.н.}}} \cdot 100\% \text{ , в процентах.} \quad (1)$$

Так как методика расчета источников питания для +5, +12, +15, и -15 В одинаковая, то здесь рассматривается принцип расчета одного из указанных стабилизированных источников, а именно – пятивольтового.

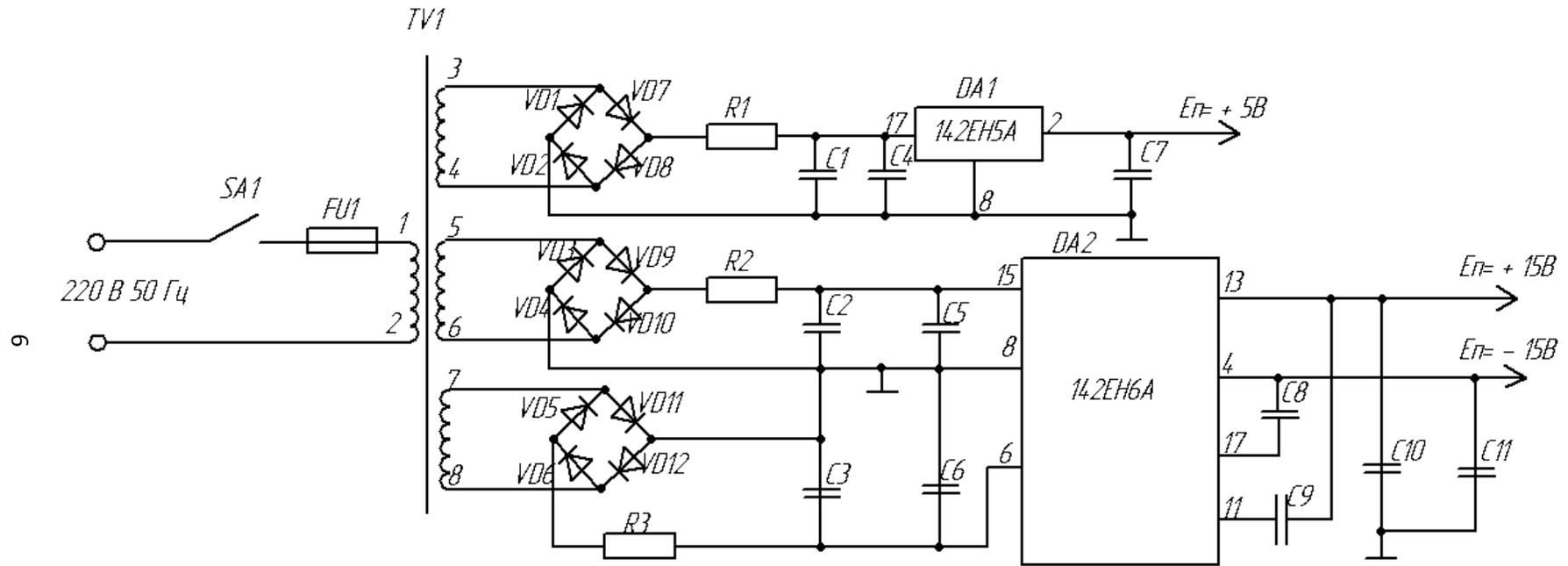


Рисунок 1. Стабилизированный источник питания  $E_{п1}=+5$  В,  $E_{п2}=+15$  В,  $E_{п3}=-15$  В

Допустим, определен ток, потребляемый от пятивольтового стабилизированного источника питания, например  $I_{н1}$ . Из схемы, (см. рис. 1) видно, что этот ток протекает через резистор  $R1$ , который является элементом сглаживающего RC – фильтра.

Здесь следует учесть, что стабилизатор DA1 типа 142ЕН5А для пятивольтового источника тоже потребляет ток, например  $I_{ст1}$ , величиной 10 мА. Этот ток тоже протекает через резистор  $R1$  фильтра. Следовательно, через резистор  $R1$  протекает сумма токов  $I_{н1}+I_{ст1}$ ; этот суммарный ток является первым исходным параметром для расчета элементов сглаживающего фильтра, составленного из элементов  $R1$  и  $C1$ .

Для упомянутых элементов фильтра, кроме величины тока, протекающего через резистор  $R1$ , необходимо знать приемлемую величину падения напряжения  $U_{R1}$ , создаваемого протекающим через него током

$$U_{R1}=(I_{н1}+I_{ст1})\cdot R1$$

Практически для маломощных источников питания приемлемой величиной падения напряжения на резисторе сглаживающего фильтра считается 10% от выпрямленного и отфильтрованного напряжения  $U_{вых.ф.о.}$ .

Согласно требованиям технических условий на интегральные стабилизаторы на их входы необходимо подавать выпрямленные напряжения в 1.5 раза больше выходных стабилизированных. Следовательно, необходимо выполнить это условие

$$U_{вых.ф.о.}=1,5U_{ст1}=1,5\cdot 5=7,5 \text{ В} \quad (2)$$

Таким образом, на резисторе  $R1$  должно быть падение напряжения  $U_{R1}=0,1U_{вых.ф.о.}=0,1\cdot 7,5=0,75 \text{ В}$ .

Теперь имеются все необходимые данные для расчета величины сопротивления резистора  $R1=U_{R1}/I_{R1}$ , и емкости конденсатора фильтра  $C1$ , если представить его как делитель пульсирующего напряжения с частотой  $f=100 \text{ Гц}$ , поступающего с выхода выпрямительного моста.

Формула расчета пульсирующего напряжения на выходе RC – фильтра (на выходе делителя напряжения, составленного из элементов  $R1$  и  $C1$ ) выглядит следующим образом:

$$U_{вых.ф.п.} = \frac{U_{вых.выпр.}}{\sqrt{R1^2 + Xc^2}} Xc, \quad (3)$$

на выходе делителя сигнал значительно меньше входного, то сопротивление нижнего плеча делителя значительно меньше сопротивления верхнего плеча. В рассматриваемом делителе верхним плечом служит сопротивление  $R1$ , а сопротивлением нижнего плеча является реактивное сопротивление емкости конденсатора фильтра  $C1$ . Отсюда следует, что  $Xc \ll R1$ , а раз так, то в формуле (3) можно пренебречь в подкоренном выражении весьма малой величиной  $Xc$ . Формула (3) при этом упростится и примет вид:

$$U_{\text{вых.ф.п.}} = \frac{U_{\text{вых.выпр.}}}{R1} Xc. \quad (4)$$

Из формулы (4) можно определить единственный неизвестный параметр  $Xc$  – реактивное сопротивление емкости конденсатора  $C1$

$$Xc = \frac{R1U_{\text{вых.ф.п.}}}{U_{\text{вых.выпр.}}} = \frac{R1U_{\text{вых.ф.п.}}}{U_{\text{вх.ф.п.}}} = \frac{R1K_n}{100} \quad (\text{см. формулу 1}). \quad (5)$$

Определив  $Xc$  можно определить необходимую величину емкости конденсатора сглаживающего фильтра по известной формуле:

$$C1 = \frac{1}{2} \pi f Xc.$$

На этом расчет элементов сглаживающего фильтра закончен. Остается выбрать тип конденсатора с величиной емкости не менее рассчитанной. Как правило, величина емкости конденсатора фильтра в источниках питания измерительных преобразователей (с заданной малой величиной коэффициента пульсации) бывает больше 10000 мкФ.

Среди известных типов отечественных конденсаторов с большими величинами емкости таких немного. Это электрические конденсаторы оксидные алюминиевые К50-18 и К50-37. Можно выбрать и другие типы конденсаторов с меньшими величинами емкости, например 4700 мкФ, включенных параллельно по 3 шт. Это конденсаторы тоже электролитические, например типов К50-16, К50-20, К50-46. Однако следует выбирать конденсаторы не только по необходимой величине емкости, а еще по величине рабочего постоянного напряжения.

В рассматриваемом сглаживающем фильтре к обкладкам фильтрующего конденсатора  $C1$  прикладывается напряжение с выхода выпрямителя  $U_{\text{выпр.}} = U_{\text{вх.ст.}} = 7,5$  В. Отсюда следует, что для надежной работы источника питания надо выбирать электролитический конденсатор с рабочим напряжением больше на 30 - 40 % фактического выпрямленного напряжения. В рассматриваемом примере рабочее напряжение конденсатора должно быть 16В.

Для создания надежного стабилизированного источника питания необходимо выбирать все электрорадиоизделия (ЭРИ) с предельно допустимыми параметрами также больше их фактических рабочих на 30 - 40% и более.

## 2 Выбор понижающего трансформатора и сечения проводов в его обмотках

Как уже упоминалось ранее, мощность трансформатора должна быть больше фактически потребляемой на 30 - 40%.

Практика показала, что сечения обмоточных проводов должно обеспечивать плотность протекаемых по ним токов не менее  $2 \text{ А/мм}^2$ . Это значит, что если по обмотке течет ток величиной  $2 \text{ А}$ , то сечение медного изолированного провода, например типа ПЭЛШО, должно быть  $1 \text{ мм}^2$ . Если ток меньше, то и сечение провода пропорционально меньше. Учитывая, что у идеального трансформатора мощность первичной обмотки равна сумме мощностей, потребляемых вторичными обмотками. (У трансформатора с одной вторичной обмоткой  $P_1=P_2$ ), то можно записать

$$U_1 I_1 = U_2 I_2 \quad (6)$$

где  $U_1=220 \text{ В}$  - напряжение питающей сети,

$U_2$  - небольшое напряжение вторичной обмотки, например  $U_2=11 \text{ В}$ .

Допустим ток, протекающий по вторичной обмотке равен  $0,2 \text{ А}$ , тогда для этой обмотки сечение провода должно быть  $0,1 \text{ мм}^2$ .

Теперь из равенства (5) можно определить величину тока в первичной обмотке и определить сечение провода вторичной обмотки :

$$I_1 = U_2 I_2 / U_1 = 11 \cdot 0,2 / 220 = 0,01 \text{ А}.$$

Малая величина тока, протекающего в первичной обмотке трансформатора, потребует малой величины сечения провода.

### **3 Правила выбора вставки плавкой FU1 (ранее этот элемент называли « предохранитель »)**

Вставка плавкая имеет ряд фиксированных токов, при которых она плавится и разрывает цепь для протекания тока в первичной обмотке. Причин для несанкционированного увеличения тока много, а именно: межвитковое замыкание как в первичной, так и во вторичной обмотках, короткое замыкание в нагрузке. Это может вызвать и пробой изоляции конденсатора фильтра при неправильно выбранной величине его рабочего напряжения. Например, на конденсаторе фактически имеется напряжение  $7,5 \text{ В}$ , а установлен в схеме конденсатор с меньшим рабочим напряжением  $6,3 \text{ В}$ .

### **4 Выбор типа выключателя**

Любой коммутирующий элемент имеет предельно допустимые параметры:

- рабочее напряжение в нашем случае  $U_{\text{РАБ.МАКС}} = 242 \text{ В} (220+22) \text{ В}$ ;
- рабочий ток.

## 5 Выбор выпрямительных диодов

Выпрямительные диоды имеют три предельно допустимых параметра:

- прямой выпрямленный ток;
- обратное напряжение, прикладываемое к диоду;
- импульс тока, имеющий место при включении устройства в сеть.

### 5.1 Определение величины прямого тока диодов

В рассматриваемой выпрямительной мостовой схеме (см.рис.1) через каждый диод за период питающей сети протекает ток в два раза меньше тока, протекающего через нагрузку за один полупериод через диоды VD7 и VD2, а за второй полупериод- через VD8 и VD1.

В рассматриваемом примере ток нагрузки был  $I_H=10$  мА, значит, через диоды протекает прямой ток в два раза меньший, т.е. 5 мА.

Необходимо выбрать диоды с предельно-допустимыми значениями токов на 30 – 40 % и более, например  $I_{ДР}=100$  мА и более.

### 5.2 Определение величины обратного напряжения

В рассматриваемом примере к каждому диоду в соответствующий полупериод прикладывается обратное напряжение. Необходимо выбрать диоды, не только удовлетворяющие требованию допустимого прямого тока но и удовлетворяющие требованиям обратного напряжения.

Фактическое обратное напряжение, прикладываемое к каждому диоду, должно быть меньше предельно допустимого значения, оговоренного в технических условиях или в справочниках.

На рис.2 представлена упрощенная выпрямительная мостовая схема. По данной схеме будет показана методика определения фактического значения обратного напряжения прикладываемого к диодам.

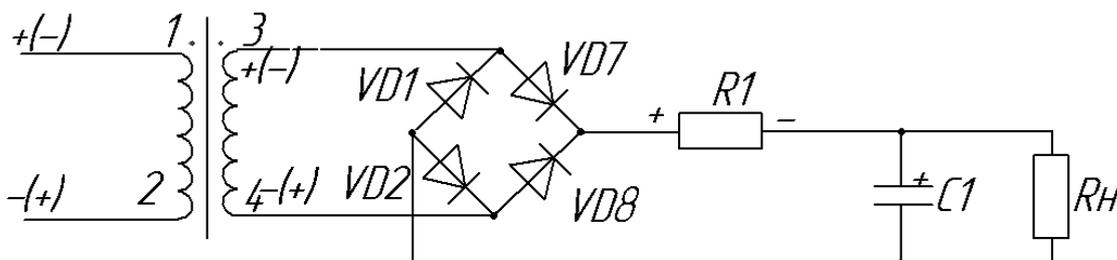


Рис.2 Мостовая выпрямительная схема

Исходные данные:  $I_H=110$  мА,  $U_{\text{ВЫХ.Ф.}}=U_{C1}=7,5$  В,  $R_1=6,81$  Ом.

На первичной и вторичной обмотках условно показаны полярности напряжений в разные полупериоды напряжения в сети. В первый полупериод положительные полуволны в начале каждой обмотки, обозначенные точками, ток протекает от знака (+) вторичной обмотки через диод VD7, через резистор фильтра R1 (создавая падение напряжения с полярностью, указанной на схеме), далее через нагрузку (конденсатор C1 заряжен. + вверху), далее ток течет через диод VD2 и на нижний вывод 4 вторичной обмотки, на котором в этот полупериод имеется отрицательный знак напряжения.

В этот рассмотренный полупериод ток через диоды VD1 и VD8 не протекает. Они находятся под обратным напряжением.

На катоде диода VD1 находится положительный потенциал, снимаемый с верхнего вывода 3 вторичной обмотки TV1, а к катоду диода VD8 (соединенного последовательно с VD1) подключен в рассматриваемый полупериод работы схемы положительный потенциал, имеющийся на резисторе R1.

Теперь произведем расчёт величины обратного напряжения, прикладываемого в рассматриваемый полупериод к двум последовательно соединенным диодам VD1 и VD8. По условию задания напряжение на конденсаторе во время работы всегда  $U_{C1}=7,5$  В (+ на верхней обкладке конденсатора). Протекающий ток по работающим диодам и резистору R1 создает на нем напряжение, равное

$$U_{R1}=I_{R1} R1=I_H R1=0,11 \cdot 6,81=0,749 \text{ В.}$$

Итак к двум последовательно соединенным неработающим диодам VD1 и VD8 в рассматриваемый полупериод приложена сумма двух напряжений обратной полярности:

$$U_{m2}+U_{R1}+U_{C1}=U_{m2}+0,749+7,5$$

Как определить  $U_{m2}$ ? Напряжение  $U_{m2}$ - это амплитудное напряжения на вторичной обмотке трансформатора. Это напряжение быть такой величины, чтобы ток, проходящий через работающие диоды рассматриваемый полупериод, создал напряжение на резисторе R1, равное  $U_{R1}=0,749$  В, а на нагрузке вместе с конденсатором  $U_C=7,5$  В.

Следовательно, чтобы получить требуемое суммарное напряжение  $U_{R1}+U_{C1}=0,749+7,5=8,25$ В, надо иметь на вторичной обмотке амплитудное значение на 1,4 В больше (так как на работающих диодах всегда падает напряжение  $2U_{VD}=2 \cdot 0,7=1,4$ В).

Итак, на вторичной обмотке должно быть амплитудное значение напряжения, равное  $U_{m2}=2U_{VD}+U_{R1}+U_{C1}=1,4+0,749+7,5=9,65$  В. Теперь сложим это напряжение  $U_{m2}$  с напряжениями на резисторе R1,

конденсаторе  $C1$  и получим суммарное обратное напряжение, прикладываемое к двум неработающим диодам, и равное

$$U_{m2} + U_{R1} + U_{C1} = 2U_{VD} + U_{R1} + U_{C1} + U_{R1} + U_{C1} = 17,89 \text{ В.}$$

Это напряжение прикладывается к двум диодам обратной полярности. На каждый диод фактически прикладывается в два раза меньшее напряжение, т.е. 8,94 В. Это и есть фактическая величина обратного напряжения, прикладываемого к каждому диоду.

Следовательно, необходимо выбирать выпрямительные диоды, у которых предельно допустимые величины обратного напряжения будут больше фактической величины, например 20 В и более.

В следующий полупериод обратное напряжение такой же величины будет прикладываться к ранее работающим диодам.

### **5.3 Определение импульсного значения тока, протекающего через каждый диод в момент включения напряжения в сети**

Когда включается схема в сеть 220 В 50 Гц, не исключено, что можно попасть в тот момент, когда в сети в это время имеется максимальное амплитудное значение

$$U_{m1} = \sqrt{2} \cdot U_{1\text{МАКС}} = 1,41 \cdot 242 = 341 \text{ В.}$$

Ранее было рассчитано, что если в сети 220 В (номинальное значение), то на вторичной обмотке имеется амплитудное значение напряжения  $U_{m2} = 9,45$  В. Значит, есть вероятность при наихудшем условии получить на вторичной обмотке напряжение  $U_{m2\text{МАКС}} = (U_{m2} + 0,1U_{m2}) = 9,45 + 0,945 = 10,4$  В. В момент включения питания конденсатор фильтра был еще разряжен, значит, ток включения будет ограничен лишь омическим сопротивлением вторичной обмотки трансформатора и резистором фильтра  $R1 = 6,21$  Ом.

Сопротивление вторичной низковольтной обмотки весьма мало (несколько единиц Ом). Разряженный конденсатор RC-фильтра в момент включения представляет короткозамкнутую цепь. Допустим суммарное сопротивление  $R1 + R_{\text{обм}}$  будет 10 Ом. При этом ток "броска" будет иметь величину, найденную по формуле,

$$I = \frac{U_{2\text{макс}}}{R1 + R_{\text{обмот}}} = \frac{10,4}{10} \approx 1 \text{ А.}$$

Вот такой будет максимальный импульсный ток протекать по выпрямительным диодам.

В технических условиях на полупроводниковые выпрямительные диоды приводятся предельно допустимые значения импульсного тока в момент включения,  $I = 6 \cdot I_{\text{выпр}}$ . Ранее нами были выбраны диоды с прямым

допустимым током 100 мА при фактическом прямом токе 55 мА, а импульс тока в данной схеме 1 А. Следовательно, для выбранных диодов с прямым током 100 мА допустимый импульс будет всего 0,6 А.

В рассматриваемой схеме импульс тока 1 А. Значит, необходимо выбирать другие диоды с прямым током, например 0,2 А, что удовлетворит требованиям обеспечения надежной работы источника питания.

### **5.4 Выбор типа резистора R1 (элемента RC-фильтра)**

В рассматриваемом примере сопротивление резистора R1 выбираем 6,81 Ом. С такой, дробной величиной бывают только прецизионные резисторы типа С2-29, имеющие обширный ряд номинальных значений.

Каждый резистор будет работать безотказно, если величина мощности, рассеиваемой на нем, будет меньше выбранной предельно допустимой величины. В рассматриваемом примере фактическая величина мощности, - выделяемой на резисторе, составляет

$$P_{\text{МАКС}}=I_{\text{R1МАКС}} \cdot U_{\text{R1МАКС}}=(1+0,1)0,1 \cdot (1+0,1)0,75=0,11 \cdot 0,825=0,09 \text{ Вт}$$

Следовательно, для повышения надежности необходимо выбирать резистор с предельно допустимой мощностью 0,25 Вт. Пример записи выбранного типа резистора R1 в перечне элементов:

Резистор С2-29Г-0,25 Вт-6,81 Ом  $\pm$  2 %.

Задание.

1 . Постройте временную диаграмму напряжения на конденсаторе С1 в течение 0,1 сек с момента включения схемы.

2. Рассчитайте необходимые предельно допустимые параметры выпрямительных диодов, если величина стабилизированного напряжения + 15 В, а ток нагрузки для этого источника 100 мА.

3. Рассчитайте для заданного по п.2 источника величину емкости сглаживающего фильтра при допустимой величине коэффициента пульсаций  $K_n=0,8\%$ .

4. Рассчитайте для выпрямительной схемы, указанной в п.2, необходимую величину эффективного значения напряжения на вторичной обмотке трансформатора.

## **6 Трансформаторы маломощных источников питания электронной аппаратуры**

Современные достижения отечественной науки и техники в области освоения серийного выпуска интегральных микросхем взамен электрова-

куумных ламп позволили резко уменьшить габариты изделий электронной техники. При этом габаритно-массовые характеристики питающих трансформаторов снизились не в такой большой степени в связи с тем, что промышленностью не выпускаются магнитопроводы (сердечники питающих трансформаторов) с повышенной индукцией насыщения. Некоторое снижение габаритов трансформаторов объясняется уменьшением величин питающих напряжений для интегральных микросхем, а значит, пропорциональным уменьшением числа витков во вторичных обмотках.

Трансформатор - электромагнитное устройство, имеющее не менее двух индуктивно связанных обмоток, предназначенное для преобразования посредством электромагнитной индукции большого напряжения электросети в более низкие значения напряжений. Маломощные трансформаторы по назначению подразделяются на четыре группы: ТА (анодные), ТН (накальные), ТАН (анодно-накальные) и ТПП (для электронных устройств, созданных на полупроводниковых приборах и интегральных микросхемах).

В зависимости от формы магнитопроводов (сердечников) конструктивно трансформаторы подразделяются на следующие типы:

- броневые ШЛ, ШЛО, ШЛМ;
- стержневые ПЛ, ПЛВ;
- торроидальные ОЛ.

На рисунке 3 приведены конструкции указанных типов магнитопроводов.

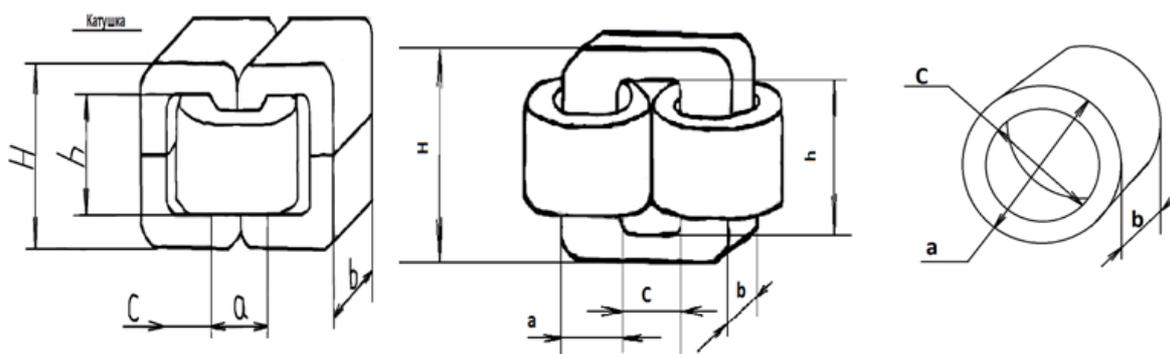


Рисунок 3. Типы магнитопроводов: а – броневые, б – стержневые, в – торроидальные.

Характерные особенности конструкции сердечников:

- ШЛ - броневой ленточный с наименьшей массой;
- ШЛО - броневой ленточный с увеличенной шириной окна;
- ШЛМ - броневой ленточный с наименьшей массой;
- ПЛ - стержневой ленточный;
- ПЛВ - стержневой ленточный с наименьшей массой;

ОЛ - торроидальный ленточный с наименьшей массой.

Для питания электронных устройств (в частности, измерительных преобразователей) используются малогабаритные унифицированные трансформаторы, выпускаемые промышленностью из группы ТПП (трансформаторы для полупроводниковых приборов). Особенностью таких трансформаторов является низкое напряжение вторичных обмоток, поэтому они применяются в основном для питания устройств с использованием интегральных микросхем, как аналоговых, так и цифровых.

Установочные размеры трансформаторов из группы ТПП находятся в прямой зависимости от следующих параметров: мощности, потребляемой нагрузки, величин питающих напряжений, снимаемых со вторичных обмоток, токов, потребляемых нагрузкой, типа магнитопровода. Трансформаторы ТПП имеют как броневые (ШЛ, ШЛМ), так и стержневые (ПЛМ) магнитопроводы.

На рисунке 4 представлено условное графическое обозначение трансформатора, изображаемое на схемах электрических принципиальных источника питания электронного устройства. Трансформатор имеет позиционное обозначение TV1...TVN. Римскими цифрами обозначаются номера обмоток.

Каждая обмотка обозначается тремя полуокружностями радиусом 3 мм. Обмотка со средним выводом обозначается четырьмя полуокружностями. Начало каждой обмотки помечается ярко выраженной точкой. Начало и конец каждой обмотки обозначаются арабскими цифрами (например, 1-2; 3-4 и т.д.). Расстояние между центрами первичной и вторичной обмоток должно быть 12 мм. Толщины линий обмоток и сердечника должны быть одинаковыми, в пределах (0,5 - 0,7) мм.

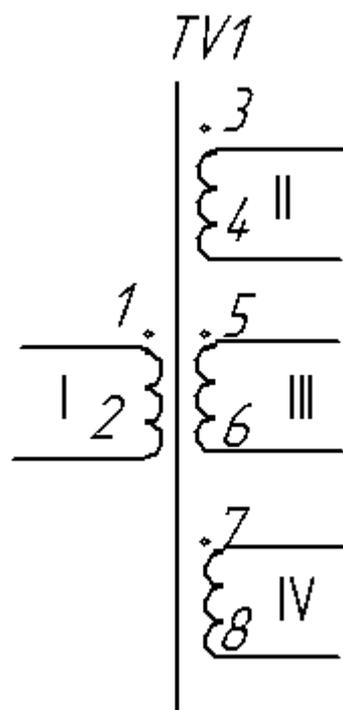


Рисунок 4. Условное графическое обозначение трансформатора.

## 7 Электрический расчет и выбор унифицированного трансформатора

Расчет трансформатора для питания электронных устройств производится исходя из заданных значений напряжений на вторичных обмотках и токов, протекающих по ним.

Сначала определяется необходимая величина "габаритной мощности" (при условии отсутствия среднего вывода хотя бы в одной вторичной обмотке) по формуле (см.табл. 3.15[1]):

$$P_{\text{габ}} = \frac{\sum P_2}{2\eta_T} (1 + \eta_T),$$

где  $\sum p_2 = U_{21} \cdot I_{21} + U_{22} \cdot I_{22} + \dots + U_{2n} \cdot I_{2n}$  - суммарная мощность, потребляемая нагрузкой;

$U_{21}, U_{22} \dots U_{2n}; I_{21}, I_{22} \dots I_{2n}$  - действующие значения напряжений и токов на соответствующих вторичных обмотках;

$\eta_T$  - коэффициент полезного действия (КПД) трансформатора, определяемый по графику на рис.5 (см. рис.3.10 [1]) в зависимости от суммарной выходной мощности  $\sum p_2$  для частоты 50 Гц при использовании броневых (ШЛ) и стержневых (ПЛ) магнитопроводов, изготовленных из электротехнической стали марок 3411( Э310 ) или 3412 ( Э320 ).

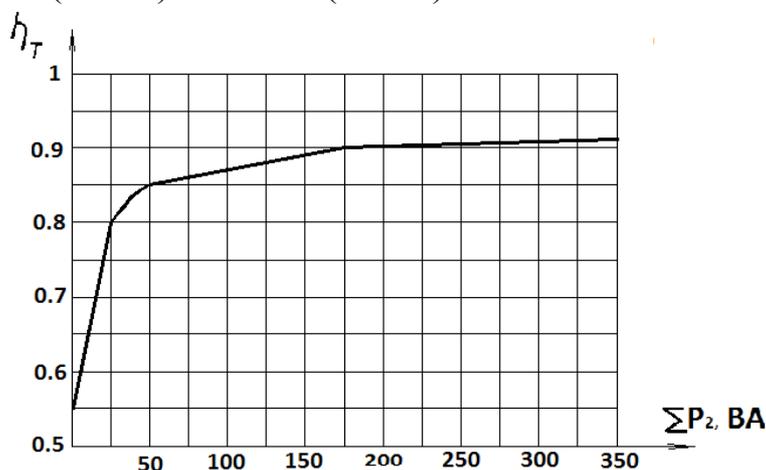


Рисунок 5. Зависимость КПД ( $\eta_T$ ) трансформатора от суммарной выходной мощности.

При наличии в трансформаторе хотя бы одной обмотки со средним выводом габаритная мощность  $P_{\text{габ}}$  определяется с помощью другой формулы (см.табл. 3.15[1]):

## 8 Выбор типоразмера магнитопровода

Из табл.1 (см. табл. 3.18 [1]) выбирается типоразмер магнитопровода для броневых трансформатора ШЛ  $a \times b$ , где  $a$  - ширина,  $b$  - длина центральной части магнитопровода (см. рис. 3).

Из табл.2 (см. табл. 3.33 [2]) для выбранного типоразмера магнитопровода выбираются типы трансформаторов ТПП с магнитопроводом ШЛ.

По табл.3 (см. табл. 3.37 [2]) из выбранных типов трансформаторов ТПП выбирается один с необходимыми номинальными значениями напряжений и токов нагрузки.

Таблица 1

Расчетные данные для трансформаторов броневых типа ТПП

Типоразмер магнитопровода	$P_{габ}$	W Число витков	J Плотность тока
ШЛ $a \times b$	Вт	Витки/на 1 В	Р/мм <sup>2</sup>
ШЛ 12 x 12,5	2	22,7	1,5
ШЛ 12x16	4	17,7	1,7
ШЛ 12x20	6	14,2	2,0
ШЛ 12x25	8	11,4	2,2

Таблица 2

Трансформаторы ТПП и типоразмеры их магнитопроводов

Типономинал трансформатора	Типоразмер магнитопровода	Типономинал трансформатора	Типоразмер магнитопровода
ТПП201-127/220-50	ШЛ 12x16	ТПП2 15- 127/220-50	ШЛ 12x20
ТПП202-127/220 -50		ТПП2 16- 127/220-50	
ТПП203-127/220-50		ТПП2 17- 127/220-50	
ТПП204- 127/220-50		ТПП2 18- 127/220-50	
ТПП205-127/220-50		ТПП2 19- 127/220-50	
ТПП206-127/220-50		ТПП220- 127/220-50	
ТПП207- 127/220-50		ТПП22 1-1 27/220-50	
ТПП208- 127/220-50		ТПП222- 127/220-50	
ТПП209- 127/220-50		ТПП223- 127/220-50	
ТПП210-127/220-50	ШЛ 12x20	ТПП224- 127/220-50	ШЛ 12x25
ТПП21 1-127/220-50		ТПП2.25- 127/220-50	
ТПП212-127/220-50		ТПП226-1 27/220-50	
ТПП21 3-1 27/220-50		ТПП235- 127/220-50	
ТПП2 14- 127/220-50		ТПП236- 127/220-50	

**Примечания**

1 При выборе трансформатора на заданные напряжения и токи нагрузки может не оказаться необходимых параметров. При этом допускается последовательное соединение вторичных обмоток (как согласное, так и встречное) для получения необходимого напряжения. При согласном включении обмоток общее напряжение составляет сумму, а при встречном - разницу напряжений последовательно соединенных обмоток.

2 Допускается параллельное соединение вторичных обмоток (только с одинаковыми номинальными значениями напряжений) для увеличения общего тока нагрузки.

Таблица 3

Электрические параметры броневых трансформаторов типа ТПП с частотой питающей сети 50 Гц в номинальном режиме

Типономинал трансформатора	Номинальная мощность, Вт	Ток первичной обмотки, А	Напряжение вторичной обмотки, В						Ток вторичн. обмоток, А
			Выводы обмоток						
			11-12	13-14	15-16	17-18	19-20	21-22	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ТПП201 - 127/220-50	1,65	0,03/0,017	1,25	1,25	1,25	1,25	0,35	0,35	0,29
ТПП202 - 127/220-50			1,24	1,24	2,48	2,48	0,65	0,65	0,188
ТПП203 - 127/220-50			2,53	2,53	2,51	2,51	0,65	0,65	0,146
ТПП204 - 127/220-50			2,5	2,5	5,0	5,0	1,3	1,3	0,094
ТПП205 - 127/220-50			2,5	2,5	10,0	10,0	0,65	0,65	0,063
ТПП206 - 127/220-50			5,0	5,0	5,0	5,0	1,32	1,32	0,073
ТПП207 - 127/220-50			5,0	5,0	20	20	1,3	1,3	0,031
ТПП208 - 127/220-50			10	10	10	10	2,6	2,6	0,037
ТПП209 - 127/220-50			10	10	20	20	5	5	0,024
ТПП210 - 127/220-50	3,25	0,045/0,025	1,26	1,26	1,25	1,25	0,35	0,35	0,57
ТПП211 - 127/220-50			1,25	1,25	2,48	2,48	0,35	0,35	0,395
ТПП212 - 127/220-50			1,26	1,26	2,48	2,48	0,65	0,65	0,37
ТПП213 - 127/220-50			2,52	2,52	2,5	2,5	0,65	0,65	0,288
ТПП214 - 127/220-50			4	4	6,3	6,3	0,74	0,74	0,147
ТПП215 - 127/220-50			5	5	10	10	1,3	1,3	0,1
ТПП216 - 127/220-50			10	10	10	10	2,6	2,6	0,072
ТПП217 - 127/220-50			10	10	20	20	2,64	2,64	0,05
ТПП218 - 127/220-50			10	10	20	20	2,64	2,64	0,047

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ТПП219 - 127/220-50	5,5	0,071/0,041	1,26	1,26	1,25	1,25	0,35	0,35	0,965
ТПП220 - 127/220-50			2,53	2,53	2,51	2,50	0,66	0,66	0,485
ТПП221 - 127/220-50			2,48	2,47	5	5	1,32	1,32	0,31
ТПП222 - 127/220-50			2,48	2,48	10	10	0,66	0,67	0,21
ТПП223 - 127/220-50			5	5	5	5	1,25	1,25	0,244
ТПП224 - 127/220-50			5,	5	10	10	2,62	2,61	0,156
ТПП225 - 127/220-50			10	10	20	20	2,57	2,57	0,084
ТПП226 - 127/220-50			20	20	20	20	3,98	3,96	0,063
ТПП227 - 127/220-50	9	0,11/0,061	1,25	1,25	1,24	1,24	0,35	0,35	1,57
ТПП228 - 127/220-50			1,25	1,25	2,51	2,50	0,67	0,67	1,02
ТПП229 - 127/220-50			2,54	2,54	2,52	2,52	0,68	0,67	0,795
ТПП230 - 127/220-50			2,49	2,48	5	5	0,66	0,66	0,55
ТПП231 - 127/220-50			2,5	2,5	10	10	2,6	2,6	0,293
ТПП232 - 127/220-50			5,04	5,04	10	10	2,63	2,63	0,255
ТПП233 - 127/220-50			5	5	20	20	1,3	1,3	0,17
ТПП234 - 127/220-50			10	10	10	10	2,55	2,55	0,200
ТПП235 - 127/220-50			10	10	20	20	2,57	2,57	0,138
ТПП236 - 127/220-50			10	10	20	20	5	5	0,128

## 9 Интегральные стабилизаторы с фиксированными выходными напряжениями типов 142ЕН5 и 142ЕН6

Интегральные стабилизаторы с фиксированным выходным напряжением содержат встроенную защиту от перегрузки по току и тепловую защиту до максимально допустимой температуры кристалла (175 °С), что существенно повышает надежность микросхем.

В табл.4 приведены основные технические характеристики интегральных стабилизаторов с фиксированным выходным напряжением типа 142ЕН5, соответствующие требованиям технических условий БКО.347.098 ТУЗ (см. табл.6.12[3]).

Таблица 4

Основные технические характеристики стабилизатора напряжения типа 142ЕН5

Наименование параметров	Норма				Температура, °С
	142ЕН5А,В		142ЕН5Б,Г		
	Не менее	Не более	Не менее	Не более	
1. Нестабильность по напряжению, %/В	-	0,05	-	0,05	+25
2. Нестабильность по току, %/А	-	1	-	1	+25
3. Входное напряжение, В	≥15	≥15	≥15	≥15	+25
4. Выходное напряжение, В	4,9	5,1	5,82	6,12	+25
5. Ток выхода (с учетом внешнего делителя), А	≤1,2	≤1,2	≤1,2	≤1,2	От -60 до +130
6. Температурный коэффициент напряжения, %/ °С	0,01	0,01	0,03	0,03	+25
7. Ток потребления, мА	-	10	-	10	+25
8. Мощность рассеяния, Вт	-	10	-	10	От -60 до +125

На рисунке 6 (см. рис. 6.195 [3]) представлена основная схема включения микросхемы 142ЕН5А(Б,В,Г) в соответствии с требованиями БКО.347.098ТУЗ.

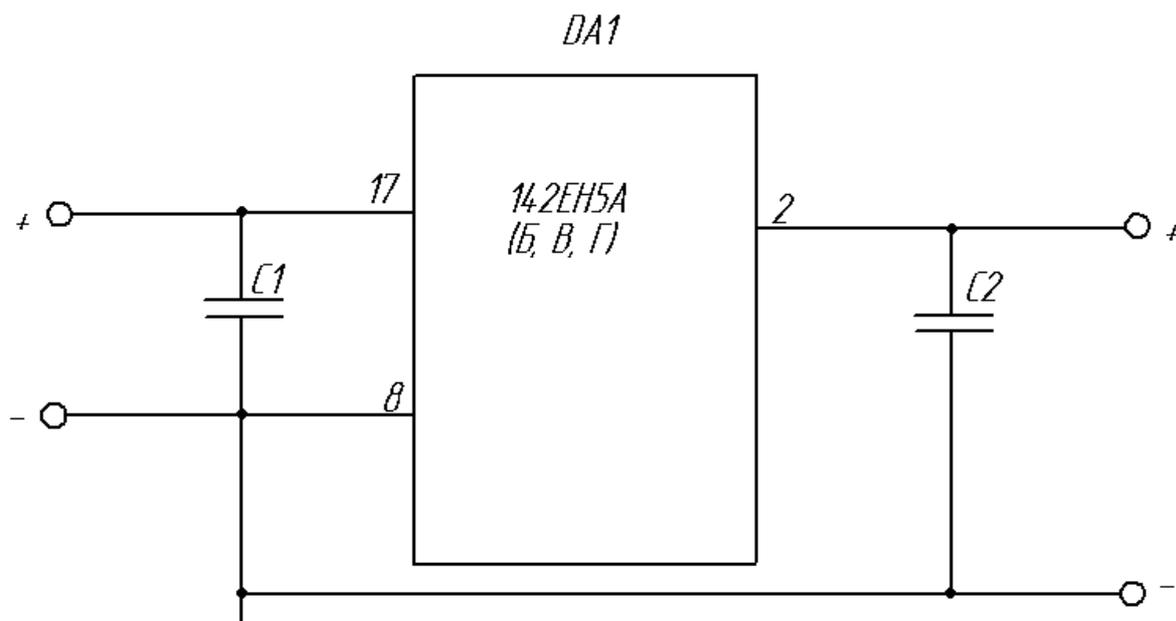


Рисунок 6. Основная схема включения микросхемы 142EH5A(Б,В,Г)  $C1=1\mu\text{Ф}$ ,  $C2=2,2\mu\text{Ф}$ .

Конденсатор  $C1$  обеспечивает устранение генерации напряжения на выходе в момент включения микросхемы.

Конденсатор  $C2$ , как и в любом стабилизаторе напряжения, обеспечивает устойчивость при скачкообразном изменении тока нагрузки и снижает уровень пульсации на выходе.

Для интегральных стабилизаторов, как и для других полупроводниковых элементов, необходимо принимать меры, обеспечивающие их надежную работу.

Во-первых, необходимо выбирать такой режим работы стабилизатора, чтобы мощность, рассеиваемая на нем, была бы меньше на 30 - 40 % предельно допустимой мощности, оговоренной в технических условиях. Во-вторых, для снижения рассеиваемой мощности необходимо использовать теплоотводы, не нагружая микросхему по выходному току более 1 А (при предельно допустимой величине 1,2 А).

## 10 Регулирование необходимой величины выходного напряжения стабилизатора, с фиксированным выходным напряжением

Согласно требованиям технических условий стабилизаторов 142EH5 6КО.347.098 ТУЗ (см. рис. 1 [4]) допускается возможность менять величину выходного стабилизированного напряжения в диапазоне от 5 до 6,3 В. При этом необходимо на вход микросхемы подавать и соответствующее повышенное нестабилизированное напряжение, обеспечивая соотношение

$$U_{\text{вх. нестаб}} = 1,5 U_{\text{вых. стаб.}}$$

На рисунке 7 приведена схема включения стабилизатора 142ЕН5, обеспечивающая стабилизацию выходного напряжения от номинальной величины 5 В до 6,3 В.

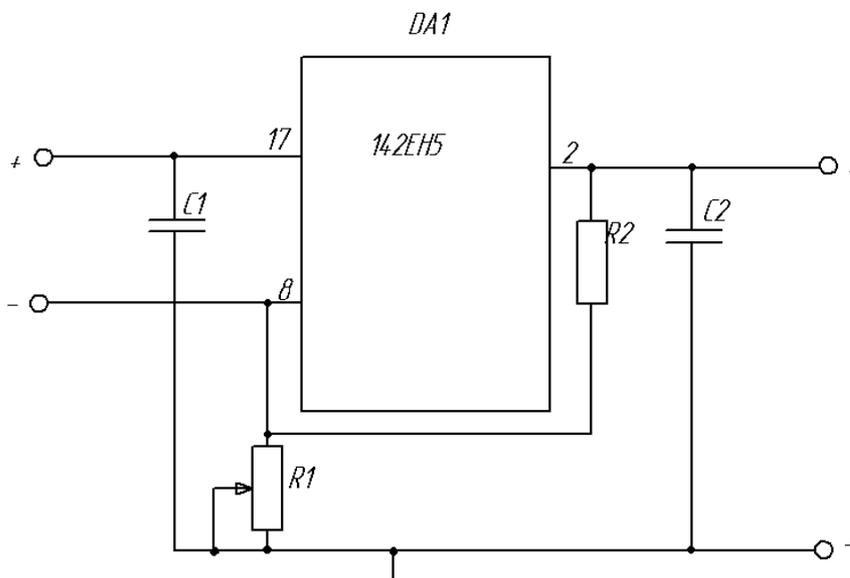


Рисунок 7. Схема включения стабилизатора на повышенное выходное напряжение.

$$, R2=300 \text{ Ом}, C1=1 \text{ мкФ}, C2=2,2 \text{ мкФ}.$$

Например, для получения на выходе стабилизированного напряжения 6,3 В необходимо установить величину сопротивления  $R1=33 \text{ Ом}$ .

## 11 Двухканальные интегральные стабилизаторы с фиксированными стабилизированными напряжениями

Промышленностью выпускаются двухканальные интегральные стабилизаторы с двумя фиксированными выходными напряжениями +15 и -15В.

В таблице 5 приведены основные технические характеристики двухканальных интегральных стабилизаторов с фиксированными напряжениями типа 142ЕН6, соответствующие требованиям технических условий 6К0.347.098 ТУ5 (см. табл. 6.12[3]).

Таблица 5

Технические характеристики микросхемы 142ЕН6

Наименование параметров	Норма				Температура. °С
	142ЕН6А	142ЕН6Б	142ЕН6В	142ЕН6Г	
1. Нестабильность по напряжению, +U, %/В	≤0,003 ≤0,0015	≤0,01 ≤0,005	≤0,01 ≤0,005	≤0,01 ≤0,005	От-60до+125 +25
2. Нестабильность по напряжению – U, %/В	≤0,003 ≤0,0015	≤0,01 ≤0,005	≤0,01 ≤0,005	≤0,01 ≤0,005	От-60до+125 +25
3. Нестабильность по току, +I, %/А	≤1	≤1	≤1	≤1	+25
4. Нестабильность по току, I, %/А	≤1	≤1	≤1	≤1	+25
5. Температурный коэффициент на-пряжения. +U,-U, %/°С	≤0,01	≤0,01	≤0,01	≤0,01	+25 -
6. Выходное напряжение. В	±(15±0,45)	±(15±0,45)	±(15±1,5)	+(15+1,5)	+25
7. Входное напряжение. В	Не более ±40	Не более ±40	Не более ±40	Не более ±30	От-60до+125
8 Напряжение между выводами	≤60	≤60	≤60	≤60	От -60 до +125
9. Ток выхода. мА	≤200	≤200	≤200	≤200	От -60до+125
10. Мощность рассеяния. Вт	≤5	≤ 5	≤5	≤5	От-60до+125

На рисунке 8 приведена основная схема включения стабилизатора 142ЕН6А (Б,В,Г) согласно требованиям 6КО.347.098 ТУ5 (см. рис. 1 [4]). На схеме С1, С2 ≥ 1 мкФ типа КМ6, С3=(0,005-0,1) типа КМЗ, С4=0,01 мкФ типа КМЗ, С5, С6 ≥ 2 мкФ типа КМ6.

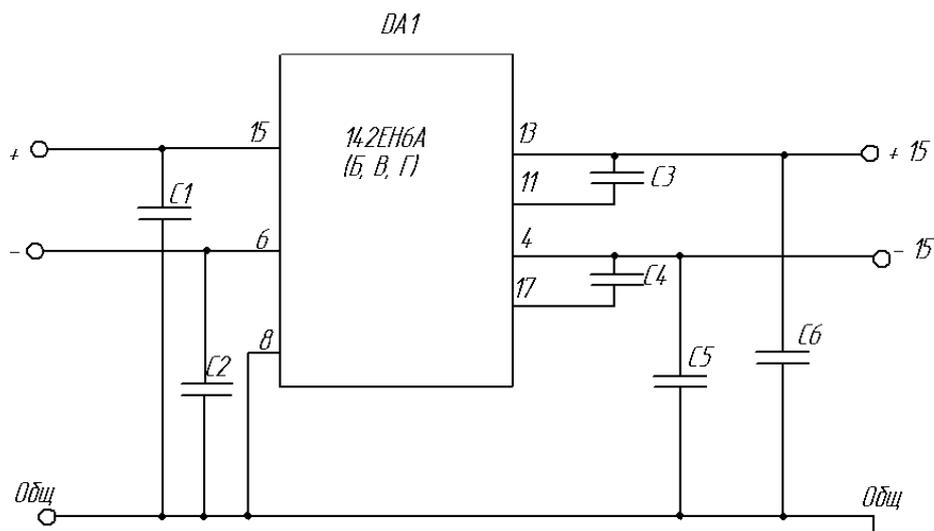


Рисунок 8. Основная схема включения двухканального стабилизатора 142EH6.

Согласно требованиям технических условий 6КО.347.098ТУ5 двухканальные стабилизаторы допускают регулировать выходные стабилизированные напряжение в диапазоне от +5 до +25 В и от минус 5 до минус 25 В.

На рисунке 9 приведена схема регулировки выходного напряжения в сторону уменьшения от номинальных значений от  $\pm 15$  В до  $\pm 5$  В (см. рис. 2[4]).

На схеме C1, C2 емкостью  $\geq 1$  мкФ; C5, C6 емкостью  $\geq 2$  мкФ; C3, C4 от 0,01 до 0,1 мкФ, R1 - переменный резистор с сопротивлением более 6,8 кОм.

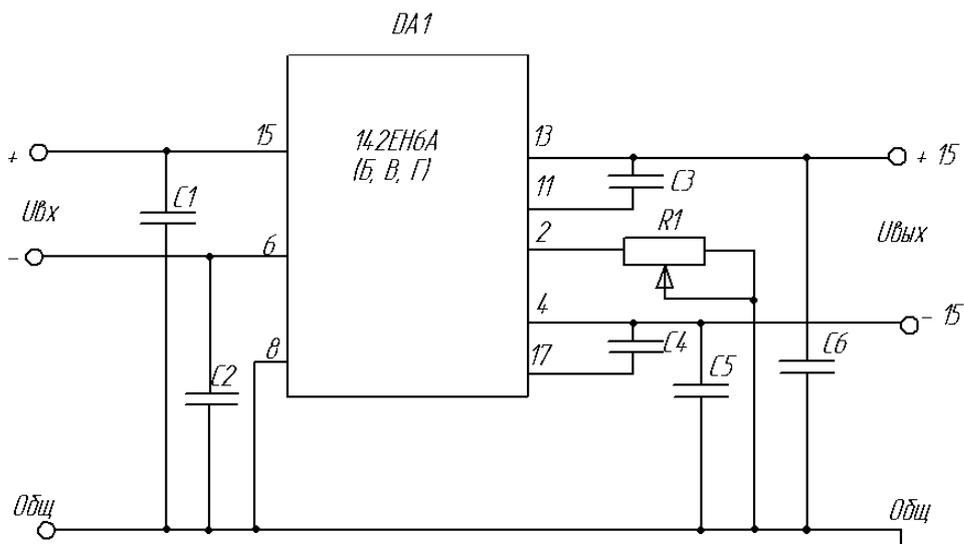


Рисунок 9. Схема регулировки на понижение выходных стабилизированных напряжений.

На рисунке 10 приведена схема, позволяющая регулировать выходные напряжения от  $\pm 15$  В до  $\pm 25$  В. На схеме  $C1, C2 \geq 1$  мкФ,  $C5, C6 \geq 2$  мкФ,  $C3 \geq (0,005-0,1)$  мкФ,  $C4 \geq (0,01 - 0,1)$  мкФ,  $R1$  - переменное сопротивление 150 кОм.

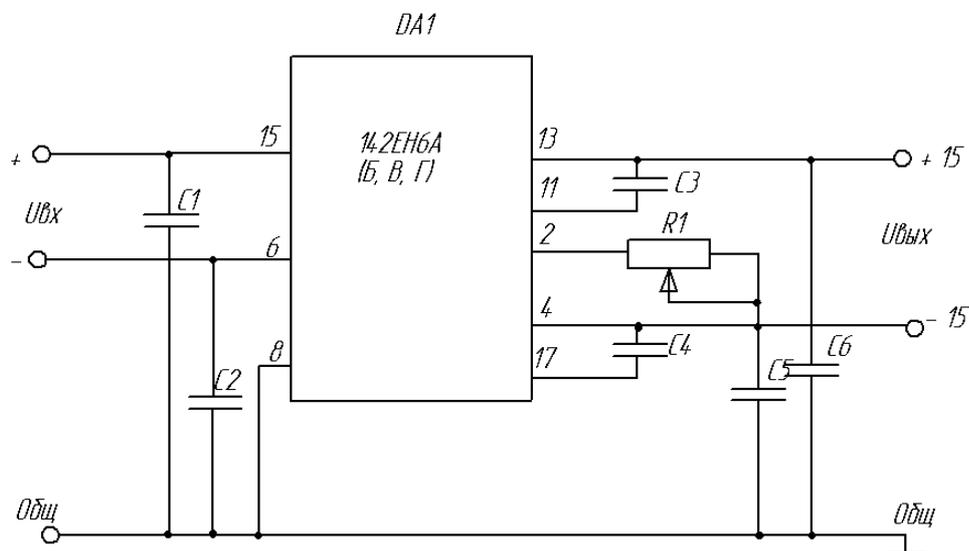


Рисунок 10. Схема регулировки на повышение выходных напряжений.

## Библиографический список

1. Источники электропитания радиоэлектронной аппаратуры: Справочник/ Г. С. Найвельт, К.Б. Мазель, Ч.И. Хусаинов и др.; Под ред. Г.С. Найвельта. - М.: Радио и связь, 1986. - 567 с., ил.

2. Малогабаритные трансформаторы и дроссели: Справочник И.Н. Сидоров, В.В. Мукосеев, А.А. Христин. - М.: Радио и связь, 1985. - 416 с., ил.

3. Партала О.Н. Радиокomпоненты и материалы . Справочник. - К.: КубКа 1998. - 720 с., ил.

4. Нефедов А.В., Аксенов А.И. Элементы схем бытовой радиоаппаратуры. Микросхемы. Часть 1. Справочник. - М.: Радио и связь, 1993. - 240., ил.

## Содержание

Введение .....	3
1 Стабилизированные источники питания измерительных преобразователей .....	4
2 Выбор понижающего трансформатора и сечения проводов в его обмотках .....	8
3 Правила выбора вставки плавкой FU1 .....	9
4 Выбор типа выключателя .....	9
5 Выбор выпрямительных диодов .....	10
5.1 Определение величины прямого тока диодов.....	10
5.2 Определение величины обратного напряжения.....	10
5.3 Определение импульсного значения тока, протекающего через каждый диод в момент включения напряжения в сети.....	12
5.4 Выбор типа резистора R1 (элемента RC-фильтра) .....	13
6 Трансформаторы маломощных источников питания электронной аппаратуры .....	13
7 Электрический расчет и выбор унифицированного трансформатора .....	17
8 Выбор типоразмера магнитопровода .....	18
9 Интегральные стабилизаторы с фиксированными выходными напряжениями типов 142ЕН5 и 142ЕН6 .....	21
10 Регулирование необходимой величины выходного напряжения стабилизатора, с фиксированным выходным напряжением .....	22
11 Двухканальные интегральные стабилизаторы .....	23
с фиксированными стабилизированными напряжениями .....	23
Библиографический список .....	27