

## Практическая силовая электроника.

### Расчёт системы питания с понижающим преобразователем

Пустовойтов Александр Сергеевич, магистрант

Чернов Максим Алексеевич, магистрант

Павлов Дмитрий Олегович, магистрант

Землянский Леонид Олегович, магистрант

Александров Николай Валерьевич, магистрант

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
Тольяттинский государственный университет

**Аннотация.** В данной статье продемонстрирован способ расчёта понижающего регулятора для питания электрических систем. А также рассмотрен процесс подбора электронных компонентов.

**Ключевые слова:** Силовая электроника, понижающий преобразователь, регулятор, электронный компонент, расчёт преобразователей.

**Abstract.** This article describes a method for calculating a step-down converter for powering electrical systems. Also the process of selecting electronic components was discussed.

**Keywords:** Power electronics, step-down converter, regulator, electronic component, converter calculation.

**DOI:** 10.5281/zenodo.4072080

Первостепенная задача силовой электроники – преобразование электрической энергии из имеющейся в необходимую. Для этого используются различные выпрямители, инверторы и т.п.

На базе конкретной задачи ниже будет рассчитан регулятор [1] и [2]. Цель звучит следующим образом – разработать регулятор, чтобы преобразовать входные 40В до 7В для питания электрических компонентов.

Для данной цели используются регулятор, главным составляющим которого будет стабилизатор напряжения. Схема представлена на рисунке 1.

Если стабилизатор установлен на удалённом расстоянии от предыдущего фильтра или источника, то необходимо использовать конденсатор C1, который позволит избежать сильных помех.

На выходе допустима установка конденсатора C2, для сглаживания выходного напряжения.

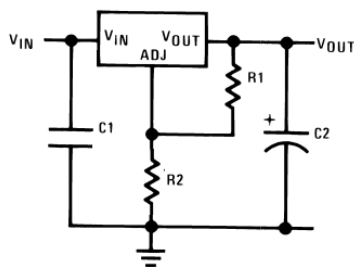


Рис. 1 – Стабилизатор напряжения – типовая схема

В схеме используются два резистора, номиналы которых рассчитываются по формуле (1).

$$U_{\text{вых}} = 1.25 * \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) \quad (1)$$

Где:  $U_{\text{вых}}$  – выходное напряжение

$R_1$  – номинальное сопротивление резистора R1

$R_2$  – номинальное сопротивление резистора R2

Регулятор рассчитывается для двух случаев потребления тока:

1. Режим основного потребления – 75 мА (первый стабилизатор) и 20 мА (второй стабилизатор)

2. Режим пикового потребления – 2.055 А (первый стабилизатор) и 2 А (второй стабилизатор)

Используя (1) для случая №1:

$$7 = 1.25 * \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right)$$

$$\frac{7}{1.25} - 1 = \frac{R_2}{R_1}$$

$$5.6 = \frac{R_2}{R_1}$$

Лучшим вариантом будет использование резисторов  $R_2 = 2000$  Ом и  $R_1 = 360$  Ом, отсюда, напряжение выхода (1):

$$U_{\text{вых}} = 1.25 * \left(1 + \frac{2000}{360}\right) = 8,18 \text{ В}$$

Установим конденсатор C2 ёмкостью 10мкФ.

Откажемся от включения конденсатора C1.

Установим в схему транзистор BD536 для увеличения тока, изображённый на рисунке 2. Характеристики представлены в таблице 2.



Рис. 2 – Транзистор BD536

Таблица 1 - Параметры BD536.

Параметр	Значение	Ед. измерения
Макс. напряжение	60	В
Ток кол.	8	А
Ток базы	1	А
Коэфф. усиления	25	-
Раб. Темп.	от -65 до +150	°

Средний выходной ток находим в соответствии (2):

$$I_{\text{вых}} = I_{\text{к}} + I_{\text{б}} \quad (2)$$

Где:  $I_{\text{вых}}$  – выходной ток

$I_{\text{к}}$  – ток коллектора

$I_{\text{б}}$  – ток базы

Средний выходной ток -  $I_{\text{вых}} = 75$  мА.

Ток коллектора и ток базы стабилизатора (ток базы) описываются (3).

$$h_{FE} = \frac{I_{\text{к}}}{I_{\text{б}}} \quad (3),$$

Где:  $h_{FE}$  – коэффициент усиления тока

Транзистора BD536 имеет коэффициент усиления 100.

Объединим (2) и (3):

$$h_{FE} = \frac{I_{\text{вых}} - I_{\text{б}}}{I_{\text{б}}}$$

$$100 = \frac{0,075 - I_{\text{б}}}{I_{\text{б}}}$$

$$I_{\text{б}} = \frac{0,075}{101} = 0,74 \text{ мА}$$

Находим ток коллектора -  $I_{\text{к}} = 0,075 - 0,00074 = 74,26$  мА

Так же установим резистор между выводами базы-эмиттера, что позволит транзистору закрываться значительно быстрее. Сопротивление резистора найдём по (4).

$$R_1 = \frac{U_{\text{бэ}}}{I_{R1}} \quad (4)$$

Где:  $U_{\text{бэ}}$  – напряжение на участке база-эмиттер

$I_{R1}$  – ток через R1

Минимальный ток, которым необходимо обеспечивать регулятор  $I_{\text{min}} = 3,5$  мА, что является суммой токов  $I_{\text{б}}$  и  $I_{R1}$ . Ток  $I_{R1}$  находится по (5).

$$I_{R1} = I_{\text{min}} - I_{\text{б}} \quad (5)$$

Объединяем (5) и (4):

$$R_1 = \frac{U_{\text{бэ}}}{I_{\text{min}} - I_{\text{б}}} = \frac{0,5 \div 0,7}{0,0035 - 0,00074} = (182 \div 254) \text{ Ом}$$

Исследуя ток для случая №2:

$$I_{\text{б2}} = \frac{2,055}{101} = 20,34 \text{ мА}$$

$$I_{\text{к2}} = 2,055 - 0,02034 = 2,035 \text{ А}$$

#### Литература:

1. Гельман, М.В. Преобразовательная техника: Учебное пособие / М.В. Гельман, М.М. Дудкин, К.А. Преображенский. - Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2009 - 425 с.
2. Попков, О.З. Основы преобразовательной техники: Учебное пособие: Москва: Издательский дом МЭИ - 2007 - 384 с.
3. Демирчян, К.С. Теоретические основы электротехники: Учебник для вузов. 5-ое изд. / К.С. Демирчян, Л.Р. Нейман, Н.В. Коровкин - Санкт-Петербург: Питер Пресс, 2009 - 512 с.
4. БЕЗОПАСНЫЙ ГОРОД: ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ / С.В. Дворянкин, Р.М. Жаркой, В.А. Минаев, [Электронный ресурс] / Спецтехника и связь - 2010. - №2-3 - режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/v/bezopasnyy-gorod-intellektualnye-tehnologii>, свободный.

$$I_{\text{стаб2}} = I_{R1} + I_{\text{б}} = (3,125 \div 4,375) + 20,34 = (23,465 \div 24,715) \text{ мА}$$

Стабилизатор напряжения на 7В представлен на рисунке 3.

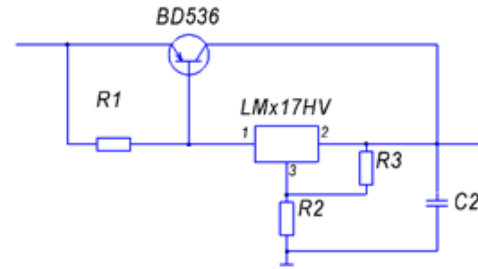


Рис. 3 - Регулятор напряжения на 7В

В стабилизаторе установлена микросхема LMx17HV (рисунок 4). Технические параметры представлены в таблице №2.



Рис. 4 - Стабилизатор LMx17HV

Таблица 2 - Параметры LMx17HV

Параметр	Значение	Ед. измерения
Вх. напряжение	60	В
Вых. напряжение	от 1,2 до 50	В
Вых. ток	1,5	А
Раб. Темп.	от -55 до 150	°С

Таким образом был наглядно продемонстрирован способ применения силовой электроники в преобразовании и управлении электроэнергией.