"Ламповый" фильтр в БП

В.БЕСЕДИН,
г.Тюмень.

Очень часто, переделывая сетевые блоки питания, в которых в качестве регулирующих использовались мощные биполярные транзисторы, под мощные полевые, радиолюбители сталкиваются с необходимостью погасить избыточное напряжение после выпрямителя на входе нового стабилизатора на полевых транзисторах. Конечно, можно отмотать витки вторичной обмотки силового трансформатора, но это не всегда приемлемо: часто обмотки, а то и весь трансформатор залиты лаком. Разбирать такой трансформатор — себе дороже: можно повредить обмотки, а после сборки сердечника тот будет гудеть.

Внутреннее сопротивление источника питания должно быть как можно меньше, чтобы уменьшить пресловутую "просадку" напряжения, влияющую на качество питания нагрузки, на КПД блока питания и пр. Однако при малом внутреннем сопротивлении источника (новая мощная батарея аккумуляторов, мощный выпрямитель с мощным силовым трансформатором) и повышенном входном напряжении стабилизатора (наш случай) увеличение тока в нагрузке может привести к тому, что рассеиваемая мощность на регулирующем транзисторе стабилизатора превысит максимально допустимую для этого транзистора.

Для уменьшения рассеиваемой мощности предлагаю распределить ее между вышеупомянутым транзистором и дополнительной нагрузкой — мощной низковольтной лампой (лампами) накаливания (**рис.1а**), сопротивление нити накала которой подбирается по обеспечению максимального тока, потребляемого нагрузкой.

Достаточно типовой пример: от бортовой сети грузового автомобиля (автобуса) напряжением $U_{ист}$=24 В нужно запитать нагрузку с напряжением питания $U_н$=12 В и максимальным током потребления $I_н$=4 А. Выбираем стабилизатор с малым падением напряжения на регулирующем элементе, например, из [1]. Минимальное напряжение между входом и выходом такого стабилизатора должно составлять не менее 0,5 В, но берем с запасом — 2 В. В этом случае входное напряжение стабилизатора

$$U_{вх.ст}=U_н+2=14\ (В).$$

"Погасить" необходимо напряжение ΔU

$$\Delta U=U_{ист}-U_{вх.ст}=24-14=10\ (В).$$

Для этого выбираем автомобильную лампу 12 В/60 Вт. Находим ток через лампу в ее рабочем (накаленном) состоянии:

$$I_л=\frac{P_л}{U_л}=\frac{60}{12}=5\ (А).$$

Сопротивление раскаленной нити лампы:

$$R_л=\frac{U_л}{I_л}=\frac{12}{5}=2{,}4\ (Ом).$$

При заданном токе нагрузки $I_н$=4 А падение напряжения на лампе составит

$$U_{пад}=R_л\cdot I_н=2{,}4\cdot 4=9{,}6\ (В).$$

$$U_{вх.стаб}=U_{ист}-U_{пад}=24-9{,}6=14{,}4\ (В).$$

Полученное на входе стабилизатора напряжение $U_{вх.стаб}$=14,4 В означает, что при токе нагрузки, не превышающем 4 А, стабилизатор гарантированно не выйдет из режима стабилизации. Тем более, что сопротивление нити накала лампы при токе нагрузки 4 А будет чуть ниже рассчитанного сопротивления $R_л$ при токе 5 А, т.е. и $U_{пад}$<9,6 В. Рассеиваемая на регулирующем транзисторе мощность

$$P_{VT}=(U_{вх.ст}-U_н)\cdot I_н=(14{,}4-12)\cdot 4=9{,}6\ (Вт).$$

В то же время, без лампы

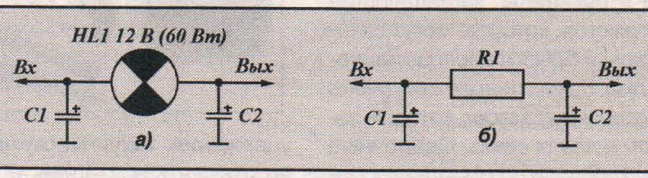
$$P_{VT}=(U_{ист}-U_н)\cdot I_н=(24-12)\cdot 4=48\ (Вт).$$

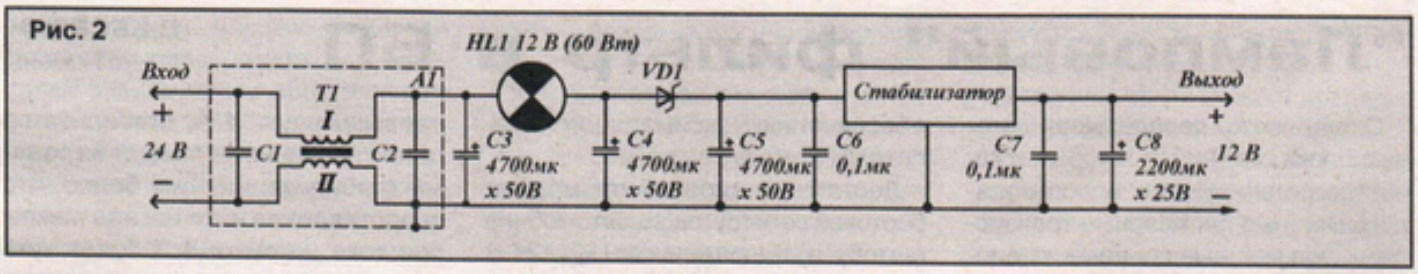
Итак, лампа будет не только рассеивать избыточную мощность, но и послужит визуальным индикатором работы стабилизатора. Кроме того, являясь частью фильтра нижних частот с переменным сопротивлением, лампа увеличивает коэффициент сглаживания пульсаций с увеличением тока нагрузки (обычно этот коэффициент уменьшается), так что в результате происходит его некоторое выравнивание.

Чем больше номиналы элементов П-образного фильтра (**рис.1б**), тем эффективнее сглаживание пульсаций. В нашем случае емкость конденсаторов неизменна, а сопротивление R1=$R_л$ изменяется. При малых токах нагрузки сопротивление недокаленной нити лампы составляет доли ома. Несмотря на малое сопротивление нити при малых $I_н$, коэффициент сглаживания пульсаций получается довольно высоким. Падение напряжения на лампе мало, но из-за малого $I_н$ рассеиваемая на регулирующем транзисторе мощность тоже мала.

Кроме того, применение лампы накаливания позволяет защитить стабилизатор и нагрузку от перегрузок, так как увеличение тока нагрузки сверх заданного значения приведет к снижению входного напряжения стабилизатора, который из-за этого выйдет из режима стабилизации. При дальнейшем увеличении $I_н$ напряже-

Рис. 1





ние на нагрузке будет только снижаться. Конечно, при минимальном напряжении на регулирующем транзисторе на выходе стабилизатора появятся пульсации, но ведь речь идет об аварийном (защитном) режиме, который не предназначен для штатного питания нагрузки.

Для защиты стабилизатора от переполюсовки в цепь питания последовательно включают мощный диод Шоттки, который также можно использовать в качестве компонента П-образного сглаживающего фильтра (ФНЧ) в цепях, где имеется значительный ток и низкое напряжение. Поскольку прямое сопротивление диодов мало, для сглаживания пульсаций необходимы конденсаторы значительной емкости.

Различного рода пульсации (помехи), проникающие через подключенные к стабилизатору цепи, можно значительно уменьшить, включив 1-2-звенные симметричные фильтры на токовых трансформаторах, помехи в которых компенсируются при прохождении тока по обмоткам в разных направлениях. Применение в трансформаторах тока кольцевых ферритовых сердечников позволяет, во-первых, уменьшить влияние внешних наводок, во-вторых, не излучать помехи "наружу". Для намотки таких трансформаторов обычно применяется толстый обмоточный провод минимальной длины, обеспечивающий малое падение напряжения на обмотках. Правда, при применении симметричного фильтра (**рис.2**) общий провод нагрузки и связанные с ним цепи необходимо изолировать от общего провода (массы) автомобиля.

Конденсаторы фильтра A1 C1 и C2 имеют емкость 0,01…0,1 мкФ. T1 наматывается обоими питающими проводами одновременно на ферритовом кольце диаметром более 30 мм из материала с проницаемостью не менее 2000. Электролитические конденсаторы C3…C5, C8 желательно применить с малой утечкой (типа LL), рассчитанные на работу при температуре 105°С. Такой выбор обеспечит более долговременную их эксплуатацию без отказов. VD1 — диод Шоттки КД2998В или зарубежный аналог, рассчитанный на ток 20…30 А. HL1 может быть одной или несколькими лампами, включенными параллельно, рассчитанными на максимальный ток нагрузки. Эту лампу следует размещать подальше от других деталей для исключения их нагрева.

Литература

1. В. Беседин. Защищаемся… — Радиомир, 2008, №3, С.12.

2. В. Беседин. “Ламповый“ фильтр в БП. РАДИОМИР № 2 2013 г стр. 15…16