

УДК 621.396:621.51(088.8)

## СПОСОБЫ ПОДАВЛЕНИЯ ПОМЕХ В ИМПУЛЬСНЫХ БЛОКАХ ПИТАНИЯ

Лабановская С.П., Курневич В.И.

Научный руководитель – старший преподаватель Михальцевич Г.А.

Применение импульсных блоков питания в современной аппаратуре позволяет улучшить многие её показатели. Это уменьшение веса и размеров, повышение КПД работы.

Многие годы массовое их применение сдерживало несовершенство их схемотехнических решений и элементной базы для их изготовления.

Импульсные источники вторичного электропитания (ИВЭП) являются источниками интенсивных электромагнитных помех (ЭМП), т.к. сигналы в импульсных источниках представляют периодическую последовательность импульсов. Спектры таких сигналов занимают диапазон частот шириной от десятков килогерц до нескольких мегагерц. Так же ИВЭП сами довольно восприимчивы к влиянию внешних высокочастотных помех. В этой связи возникает необходимость, как защищать импульсные преобразователи от внешних помех, проникающих через сетевой кабель, так и подавлять помехи которые генерируются самим ИВЭП и наводятся в питающую сеть. Источники вторичного электропитания содержат цепи с изменяющимся во времени током. Высокий уровень регулярных импульсных помех создают инверторы, конверторы, импульсные стабилизаторы напряжения переменного и постоянного тока.

Распространение ЭМП по проводам (кондуктивные помехи) происходит по симметричному и несимметричному путям. Распространение ЭМП в окружающее ИВЭП пространство (помехи излучения) проявляется в виде электрического, магнитного и электромагнитного поля в ближней или дальней зоне приема помех. Особенностью ИВЭП является преимущественное проявление электрического и магнитного поля в ближней зоне, в то же время кондуктивные помехи могут распространяться на десятки и сотни метров от источника помех.

Схемотехнические методы подавления ЭМП используются на начальных стадиях проектирования ИВЭП при выборе схемы и электрических режимов работы элементов, при размещении их и соединении с корпусом. Относительно низкий уровень ЭМП обеспечивают:

- двухтактные схемы преобразователей напряжения с независимым возбуждением и поочередной коммутацией транзисторов;
- импульсные стабилизаторы постоянного тока, не инвертирующие полярность выходного напряжения.

Применение элементов в схеме ИВЭП должно предусматривать:

- выбор выпрямительных диодов с минимальным временем восстановления обратного сопротивления;
- использование дросселя с плавной характеристикой насыщения сердечника выходного фильтра ИВЭП;
- незначительное снижение магнитной проницаемости сердечника дросселя при увеличении тока в его обмотке;
- минимальную ёмкостную связь между обмотками в трансформаторе преобразователя напряжения;
- использование во входных и выходных фильтрах конденсаторов с малым эквивалентным последовательным сопротивлением.

Конструктивное размещение элементов ИВЭП должно предусматривать взаимную компенсацию магнитных потоков в контуре переключения, поузловое экранирование элементов схемы ИВЭП в силовом контуре, снижение паразитных ёмкостных связей между корпусом и элементами с импульсным током. Подключение узлов с импульсным током должно осуществляться наикратчайшим монтажным соединением. Необходимо разделять цепи постоянного и импульсного тока при соединении этих цепей в отдельных конструктивно определенных точках, исключать неконтролируемое присоединение к общей

шине, цепи с импульсным током монтировать с учётом возможных путей распространения ЭМП. Соединение с корпусом должно исключать случайное замыкание. Точки соединений с корпусом целесообразно предусматривать в чертежах ИВЭП. При выполнении монтажа элементов следует придерживаться следующих основных правил:

- исключать образование замкнутых контуров заземлений с большой площадью;
- общие провода необходимо объединять шиной, обеспечивающей минимальное сопротивление между точками подключения;
- все сигнальные заземления не должны подключаться к контуру заземлений силовых импульсных цепей.

Заземление ИВЭП в системе электропитания осуществляется в самом ИВЭП непосредственно на его выходных (входных) зажимах или вне ИВЭП у потребителя. В первом случае фильтрация заземляющего провода не требуется, во втором - по входным и выходным цепям следует устанавливать фильтры. Все другие соединения с шиной заземления должны отсутствовать, а подключение к корпусу устройства необходимо делать через общие шины электропитания.

Определить степень решающего влияния одного из описанных способов монтажа и конструктивных приёмов на высокочастотные пульсации выходного напряжения сложно, так как любой, отдельно взятый, способ даёт небольшой эффект уменьшения пульсации - примерно 10...15%. Применяя всю совокупность мер, направленных на снижение высокочастотной пульсации, можно добиться существенных результатов. Применение комплекса мер, неподдающихся разложению на составляющие ввиду бесчисленных взаимных комбинаций всех известных мер борьбы с электромагнитными помехами, представляет собой сложную техническую задачу. Только применение всех перечисленных рекомендаций и предложений приводит к получению высоких, стабильных и повторяемых параметров ИВЭП.

Основные методы снижения уровня электромагнитных помех во внешнюю сеть:

- применение экранов в качестве корпусов электронных приборов;
- экранирование отдельных узлов аппаратуры;
- правильное построение электронных схем для снижения паразитных параметров;
- применение помехоподавляющих фильтров (ППФ).

Экранирование препятствует распространению излучаемых электромагнитных помех за пределы источника ИВЭП. Корпус аппарата должен служить электромагнитным экраном для помех, излучаемых отдельными узлами и препятствовать проникновению ЭМП из окружающего пространства в аппарат. В конструкции ИВЭП следует использовать магнитные материалы на металлической основе. Для пластиковых корпусов имеется ассортимент проводящих красок, которые можно использовать для экранирования корпуса от электромагнитных помех

Экранирование отдельных узлов аппаратуры позволяет снизить помехи, излучаемые отдельными узлами ИВЭП. Примером может служить трансформатор или дроссель с сердечником, имеющим воздушный зазор. Такой моточный узел создает интенсивное электромагнитное поле, влияющее на соседние компоненты преобразователя. Проблему можно решить с помощью экрана, выполненного из медной фольги. Подобный экран может быть использован в силовом трансформаторе преобразователя. Экран соединяют с общей точкой на стороне первичной или вторичной обмоток. В импульсных источниках с ШИМ существует несколько основных источников ЭМП. Основным источником шума является входная схема питания. Она содержит высокочастотный ключ, первичную обмотку трансформатора и конденсатор входного фильтра. Конденсатор входного фильтра обеспечивает импульсы тока трапецеидальной формы, необходимые источнику питания. Другим источником шума являются дорожки печатной платы, на которой расположены компоненты преобразователя. Дорожки должны быть максимально короткими и широкими. Широкие дорожки имеют меньшую индуктивность, чем тонкие. Длина дорожек обуславливает частоты ЭМП, излучаемых в окружающее пространство. Для того чтобы

уменьшить длину соединений, конденсатор входного фильтра и ключ должны располагаться рядом с трансформатором. Кроме того, используемые конденсаторы должны иметь малые значения эквивалентного последовательного сопротивления и эквивалентной последовательной индуктивности. Чем больше значения этих паразитных параметров, тем большими будут синфазные кондуктивные помехи на входе источника питания. Источники вторичного питания электронной аппаратуры являются преобразователями электрической энергии и обязаны обеспечивать параметры, необходимые потребителю. Работа ИВЭП должна быть согласована с характеристиками питающей сети и удовлетворять большому числу требований, в том числе связанных с изменением режимов работы, как сети, так и нагрузки. Так же ИВЭП сами довольно восприимчивы к влиянию внешних высокочастотных помех.

Разработчики электронной аппаратуры обязаны выполнять нормативы, определяющие допустимые уровни промышленных помех. Этот фактор вызывает требование использовать специальные фильтры для подавления высокочастотных электромагнитных помех. Такие фильтры называют сетевыми. Их устанавливают между внешней сетью и ИВЭП. Фильтры защиты от радиопомех устанавливаются во входной и выходной цепях преобразователя. Такой фильтр должен подавлять как дифференциальную, так и синфазную составляющие.

Сетевые фильтры должны ослаблять колебания высокой частоты и пропускать без ослабления колебания низкой (промышленной) частоты. Поэтому их реализуют на основе фильтров нижних частот (ФНЧ). Помехоподавляющие фильтры реализуют путем каскадного соединения Г-образных или Т-образных звеньев. Комбинируя такие звенья, добиваются нужного уровня затухания

В настоящее время отечественные и зарубежные предприятия предлагают целый ряд таких фильтров, как простых, одно- и двухкаскадных, так и многокаскадных фильтров, способные обеспечить максимальный уровень защиты от помех. Фильтры выполнены по всем правилам конструирования радиоаппаратуры, имеют защитные экраны и специальные проходные конденсаторы, предотвращающие прямое прохождение помех и паразитные магнитные помехи самого фильтра.

Схема помехоподавляющего фильтра представлена на рис. 1:

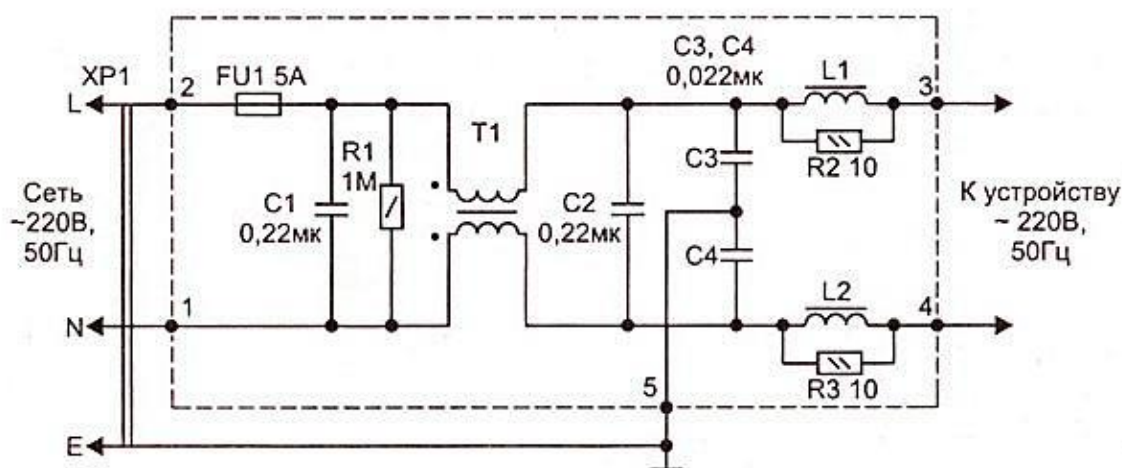


Рисунок 1. Двухкаскадный сетевой фильтр

Фильтр двухкаскадный. Первый каскад выполнен на основе продольного трансформатора (двух обмоточного дросселя)  $T1$ , второй представляет собой высокочастотные дроссели  $L1$  и  $L2$ . Обмотки трансформатора  $T1$  включены последовательно с линейными проводами питающей сети. По этой причине низкочастотные поля частотой 50 Гц в каждой обмотке имеют противоположные направления и взаимно компенсируют друг друга. При воздействии помехи на провода питания, обмотки трансформатора оказываются включенными последовательно, а их индуктивное сопротивление  $X_L$  растет с увеличением

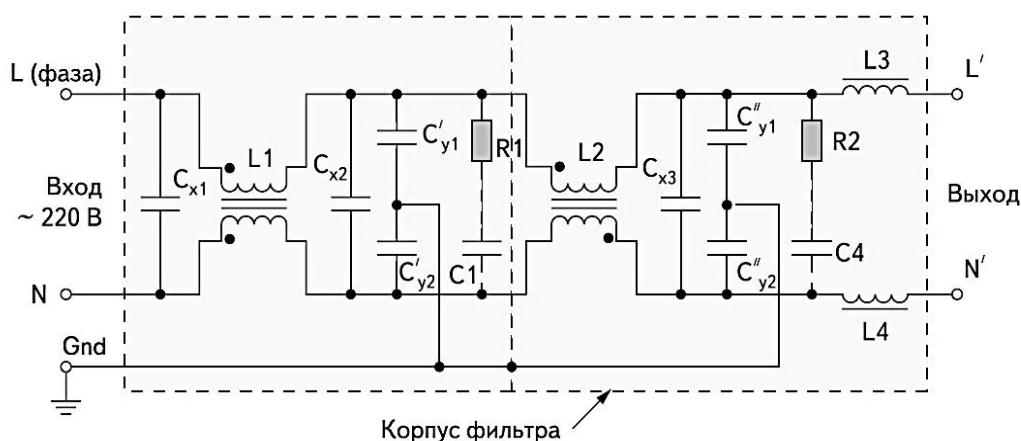
частоты помех:  $X_L = \omega L = 2\pi fL$ ,  $f$  — частота помех,  $L$  — индуктивность включенных последовательно обмоток трансформатора.

Сопротивление конденсаторов  $C_1$ ,  $C_2$ , наоборот, уменьшается с ростом частоты ( $X_C = 1/\omega C = 1/2\pi fC$ ), следовательно, помехи и резкие скачки напряжения «закорачиваются» на входе и выходе фильтра. Такую же функцию выполняют конденсаторы  $C_3$  и  $C_4$ .

Дроссели  $L_1$ ,  $L_2$  представляют еще одно последовательное дополнительное сопротивление для высокочастотных помех, обеспечивая их дальнейшее ослабление. Резисторы  $R_2$ ,  $R_3$  уменьшают добротность  $L_1$ ,  $L_2$  для устранения резонансных явлений.

Резистор  $R_1$  обеспечивает быстрый разряд конденсаторов  $C_1$ – $C_4$  при отключении сетевого шнура от питающей сети и необходим для безопасного обращения с устройством.

Если одного такого фильтра недостаточно для подавления ЭМП, то можно включить два фильтра последовательно, как показано на рис. 2.



$$L_1 = (3,5+3,5) \text{ мГн}; \quad L_2 (5+5) \text{ мГн}; \quad L_3 = L_4 = 5 \dots 10 \text{ мкГн}$$

$$C_{x1} = C_{x3} = C_{x4} = 0,33 \text{ мкФ}; \quad C_1 = C_2 = 0,22 \text{ мкФ} \text{ (все } \sim 250\text{В эфф)}$$

$$C_{y(i)} = C'_{y1} = C''_{y1} = C'_{y2} = C''_{y2} = 4,7 \text{ нФ (3 кВ)}$$

Рисунок 2. Многозвенный сетевой фильтр с улучшенными параметрами

Для уменьшения мультипликативных помех, вызванных сравнительно резким включением в прямом направлении кремневых диодов, их шунтируют конденсаторами, номинал которых, зависит от частоты сети или частоты работы преобразователя ИВЭП или устанавливают быстродействующие с малым падением прямого напряжения диоды Шотки, как показано на схеме ИВЭП изображенной рис. 3

Два выпрямителя на выходе выполнены по двухполупериодной схеме с выводом средней точки трансформатора на сдвоенных диодах Шотки  $VD_5$  и  $VD_6$ .

Высокочастотные пульсации на выходе в данном выпрямителе подавляются многозвенным фильтром на конденсаторах  $C_{12} \dots C_{15}$  и высокочастотном сдвоенном дросселе  $L_2$ ,  $L_3$ , а также дросселях  $L_4$  и  $L_5$ .

Броски тока при включении ИВЭП уменьшаются благодаря терморезистору  $RT$  NTC 20-05, установленном на его входе. Броски тока в первичной обмотке силового трансформатора при выключении мощных высоковольтных транзисторов  $VT_1$  и  $VT_2$ , работающих в ключевом режиме, погашаются последовательной цепочкой  $R_7$ ,  $C_9$ .

Между первичной и вторичной обмоткой силового трансформатора проложена экранная обмотка. Блок питания может быть использован для питания усилителя мощности.

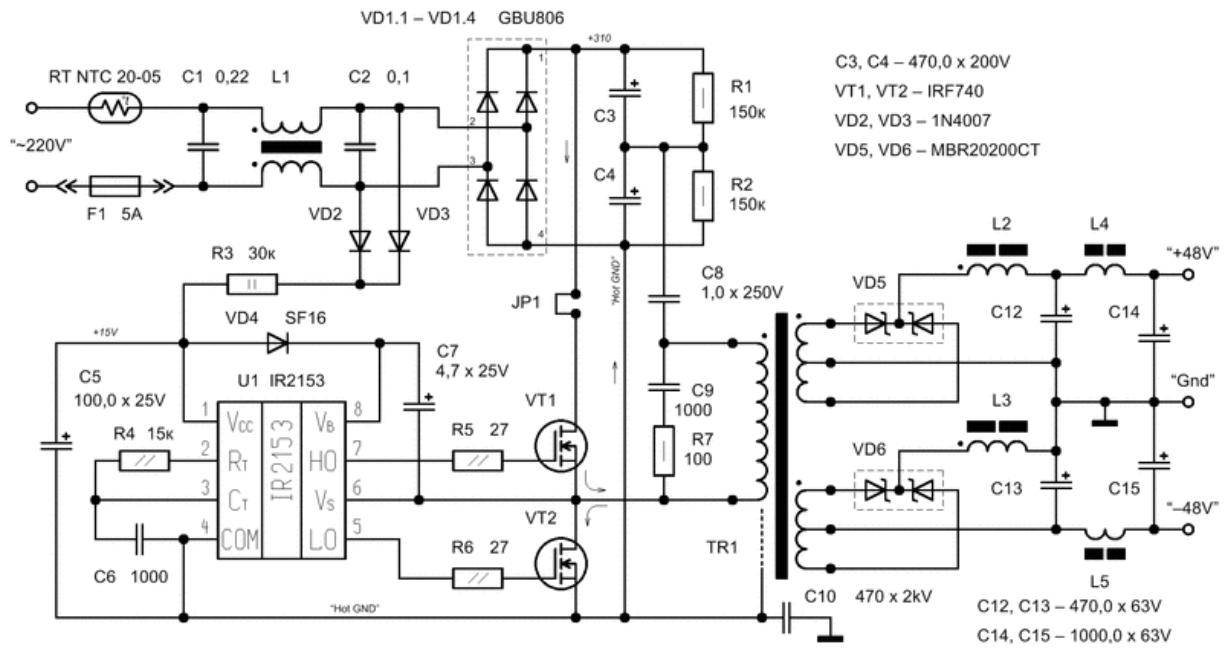


Рисунок 3. Электрическая схема ИВЭП