

ФИЛЬТР ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОМЕХ ДЛЯ ИВЭП**Д.П.Никитин, Р.В.Петров****ELECTROMAGNETIC INTERFERENCE INPUT FILTER FOR SECONDARY POWER SUPPLY****D.P.Nikitin, R.V.Petrov***Институт электронных и информационных систем НовГУ, www.danil.nikitin.1995@mail.ru*

Рассматривается вопрос подавления электромагнитных помех, которые источник вторичного электропитания специального назначения вносит в первичную питающую сеть. Эти помехи являются значительной проблемой при проектировании сложных и ответственных радиоэлектронных систем. Электромагнитные помехи являются паразитными физическими явлениями, или воздействиями электрических, магнитных, электромагнитных полей, электрических токов или напряжений внешнего либо внутреннего источника, которые нарушают нормальную работу технических средств и вызывают ухудшение характеристик и параметров радиоэлектронных средств. Нами была разработана схема фильтра питания, изготовлен макет с использованием отечественной элементной базы, проведены моделирование и измерения вносимого затухания электромагнитных помех, генерируемых источником вторичного электропитания специального назначения. Диапазон измерений — от 10 кГц до 30 МГц. Результаты измерений приведены на осциллограммах, подтверждающих эффективность использования разработанного фильтра питания.

Ключевые слова: *фильтр ЭМП, электромагнитные помехи, источник вторичного электропитания*

This article addresses the issue of suppressing electromagnetic interference that a special purpose secondary power source brings to the primary supply network. Electromagnetic interference from a source of secondary power supply is a significant problem in the design of complex and responsible electronic systems. Electromagnetic interference is a parasitic physical phenomenon, or the effects of electric, magnetic, electromagnetic fields, electrical currents or voltages from an external or internal source, which disrupt the normal operation of technical means and cause deterioration of the characteristics and parameters of radio electronic means. We have developed a power filter circuit, made a layout using the domestic element base, carried out modeling and measurement of the introduced attenuation of electromagnetic interference generated by a special-purpose secondary power supply. Measuring range from 10 kHz to 30 MHz. The measurement results are shown in oscillograms confirming the efficiency of using the developed power filter.

Keywords: *EMI filter, electromagnetic interference, secondary power supply*

Введение

Источники вторичного электропитания (ИВЭП) являются неотъемлемой частью любой сколь-нибудь сложной радиоэлектронной системы. За последние годы номенклатура и функциональные возможности ИВЭП значительно расширились. Это вызвано, прежде всего, непрерывным уменьшением массогабаритных характеристик ИВЭП, повышением их КПД, использования современных специализированных интегральных микросхем (ИМС). Повысились также требования к качеству электроэнергии. Номинальные значения напряжений составляют от единиц до сотен вольт при токах нагрузки в десятки ампер. Это приводит к созданию разнообразных структурных схем построения источников вторичного электропитания, каждая из которых находит применение в конкретных приложениях и условиях эксплуатации.

Одной из проблем использования ИВЭП является внесение в питающую сеть электромагнитных помех.

Наиболее распространенный и эффективный способ снижения электромагнитных помех состоит в использовании фильтров электромагнитных помех (ЭМП). На сегодняшний день фильтрами питания занимаются практически все предприятия радиоэлектронной промышленности. Например, фирма Murata Manufacturing Co под маркой BNX производит со-

ставной фильтр электромагнитных помех с подавлением 35 дБ на частотах от 1 ГГц до 1 МГц [1]. Interpoint [2] также активно разрабатывает фильтры питания AC и DC с высоким уровнем подавления помех. И многие другие предприятия мирового уровня активно работают в данном направлении.

Нами была разработана схема фильтра ЭМП, проведено ее моделирование и экспериментальное исследование.

Цель статьи — проведение теоретических и экспериментальных исследований фильтра ЭМП.

Моделирование

Схема электрическая принципиальная макета фильтра ЭМП приведена на рис. 1.

Конденсаторы C3...C7, C10, C11, C14...C16, включенные между входными и выходными шинами питания, предназначены для фильтрации помех дифференциального типа. Конденсаторы C1, C2, C8, C9, C12, C13, включенные между входными и выходными шинами питания и шиной заземления (GND), предназначены для подавления несимметричных помех. Синфазный дроссель L1 используется для подавления синфазной помехи, для подавления дифференциальной помехи предназначены проходные дроссели L2 и L3.

Фильтр такой схемной конфигурации широко распространен и имеет минимум компонентов. При оптимальном выборе параметров компонентов он способен обеспечить высокую степень подавления помех.

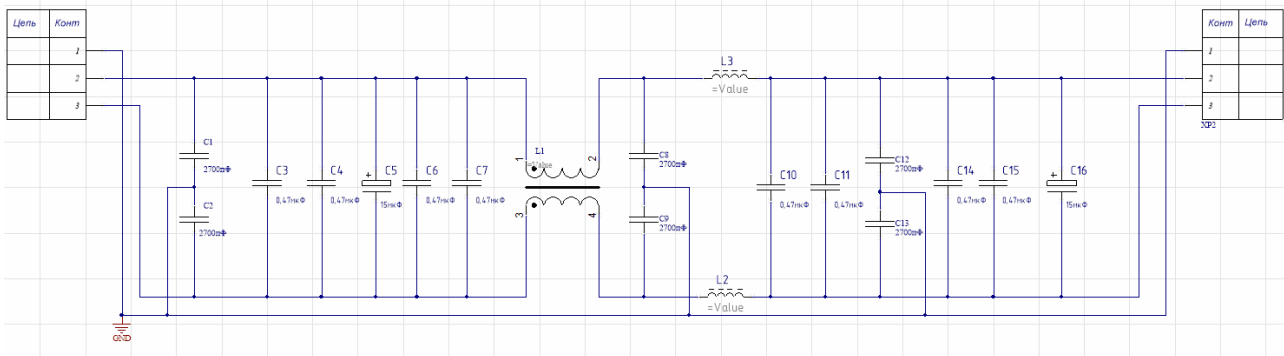


Рис.1. Схема электрическая принципиальная фильтра ЭМП

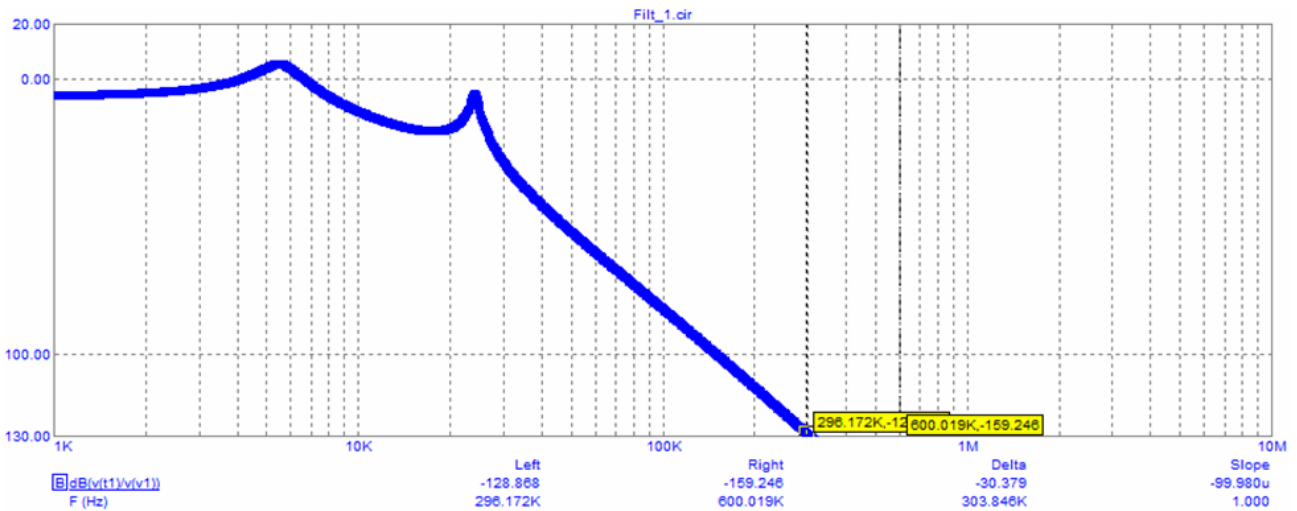


Рис.2. Результаты моделирования схемы фильтра ЭМП в программе MicroCAP 9.0

Видно, что вносимое затухание фильтра в полосе частот от 1 кГц до 10 МГц более 150 дБ/мкВ. В контрольных точках подавление 300 кГц минус 130 дБ/мкВ, 600 кГц минус 159 дБ/мкВ.

Эксперимент

На рис.3 показан макет фильтра питания, собранный по схеме, представленной на рис.1. На данном макете удалось получить наилучший результат, вносимое затухание в контрольных точках 300 и 600 кГц получилось не менее минус 50 дБ/мкВ. Макет, изображенный на рис.3, будет использован в дальнейшей работе.

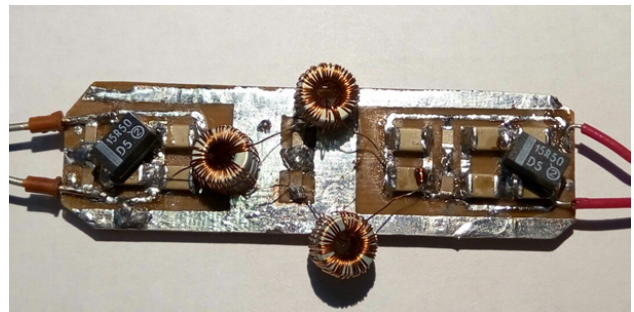


Рис.3. Макет фильтра питания

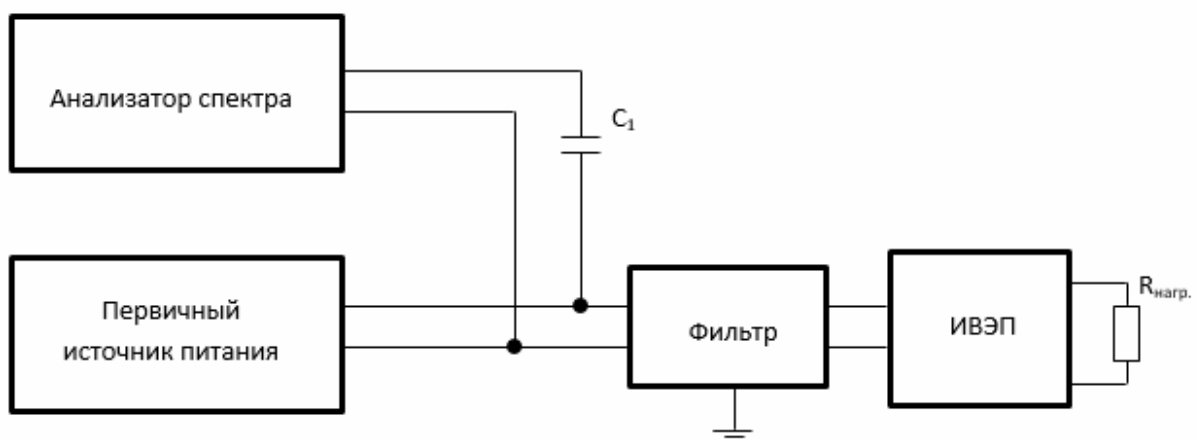


Рис.4. Схема стенда измерительного фильтра питания

Проверка вносимого затухания производится по схеме, изображенной на рис.4. Фильтр включается в разрыв между первичным источником питания и источником вторичного электропитания. Ко входу фильтра через разделительный конденсатор подключен спектроанализатор. ИВЭП работает на номинальных выходном токе и входном напряжении.

Для схемы измерения вносимого затухания радиопомех разрабатываемого фильтра (рис.4) были использованы:

- анализатор спектра RIGOL DSA 815;
- первичный источник питания MASTECH NY5030E;

— источник вторичного электропитания СПНС27-10-30;

— разделительный лавсановый конденсатор емкостью 470 нФ;

— сопротивление нагрузки 90 Ом.

На рис.5 и 6 приведены результаты спектрального анализа сигнала, который ИВЭП, работающий на номинальный ток при $U_{вх} = 27$ В, выдает в первичную сеть без макета фильтра и с включенным в схему фильтром соответственно. Измерения производились в диапазоне частот от 10 кГц до 5 МГц, с шагом 500 кГц. Также на рис.7 и 8 при тех же параметрах приведены результаты спектрального анализа сигнала, но в диапазоне частот от 9 кГц до 30 МГц с шагом 3 МГц.

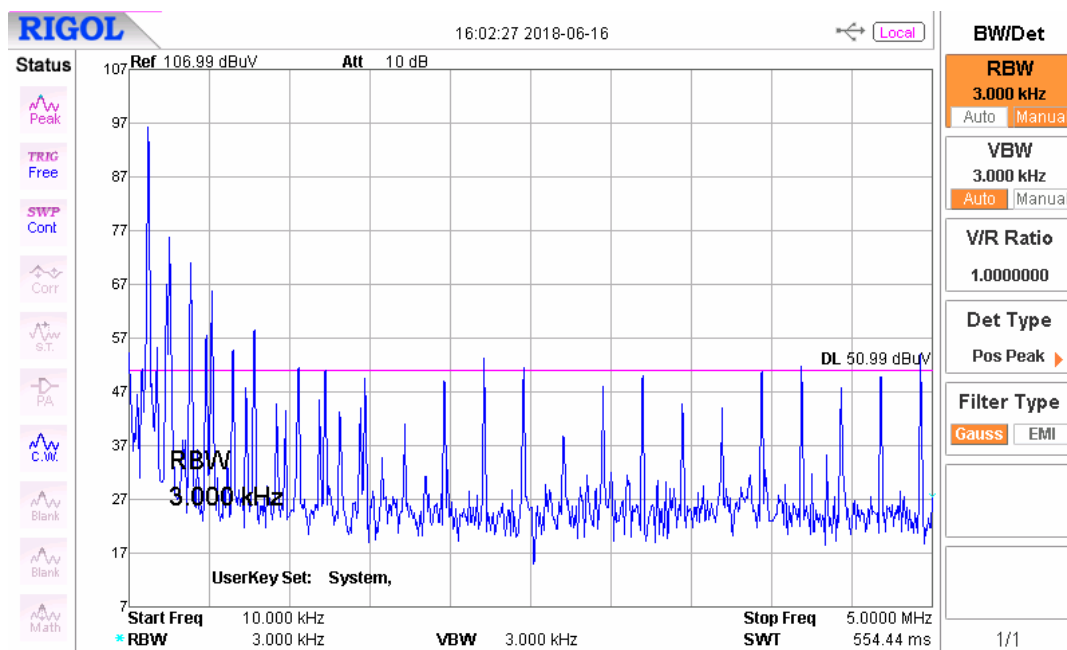


Рис.5. Спектрограмма ИВЭП без макета фильтра, 10 кГц—5 МГц

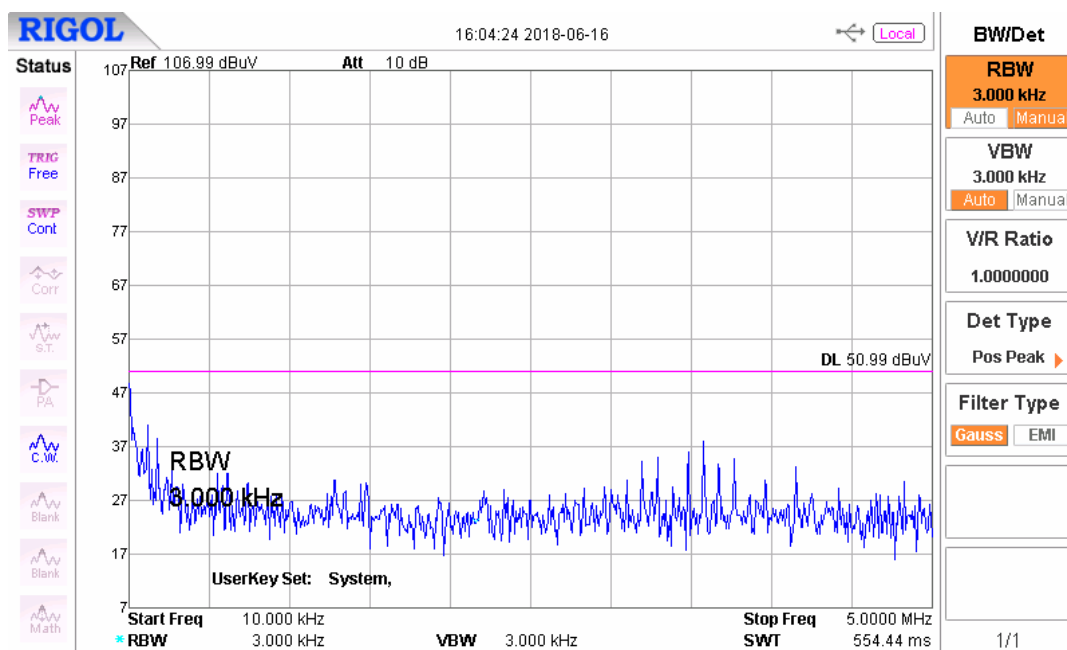


Рис.6. Спектрограмма ИВЭП с макетом фильтра, 10 кГц—5 МГц

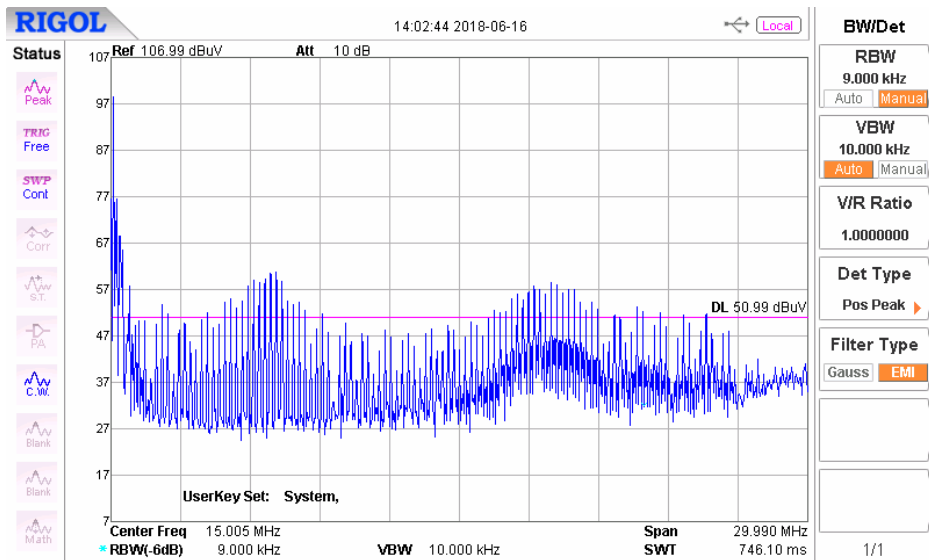


Рис.7. Спектрограмма ИВЭП без макета фильтра, 10 кГц—30 МГц

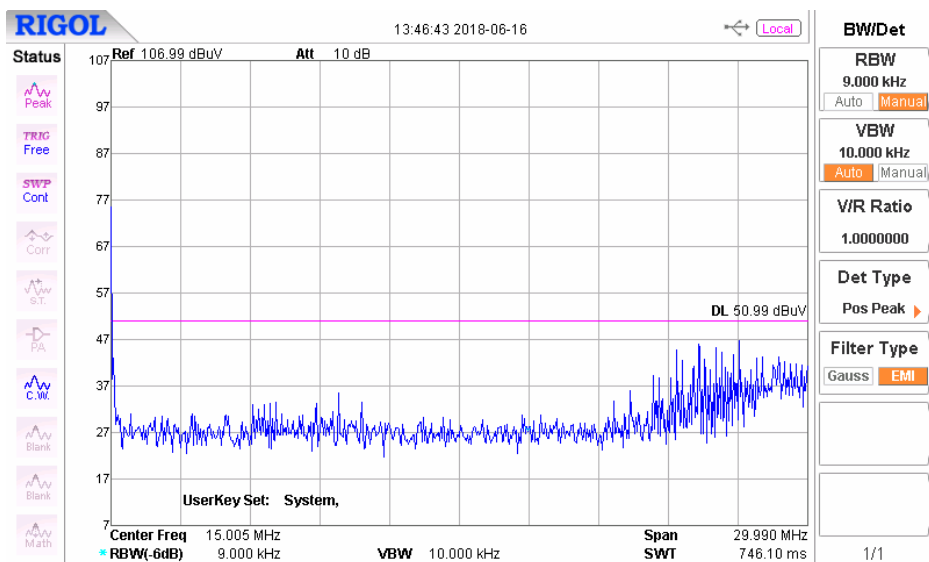


Рис.8. Спектрограмма ИВЭП с макетом фильтра, 9 кГц—30 МГц

Исходя из анализа приведенных спектрограмм, можно сделать вывод, что вносимое затухание разработанного макета фильтра ЭМП для ИВЭП, с которым проводились измерения, позволяет уложиться в 1-ю кривую (рис.6,8), но только в диапазоне частот от 9 кГц до 3 МГц. Следует отметить, что данные измерения являются относительными и приблизительными. Для полноценных измерений параметров фильтров необходимо использование методики ГОСТ 13661-92 и специализированного оборудования: эквивалент сети, калиброванные аттенюаторы, испытательные контейнеры и средства для их поверки и калибровки.

1. Танака Казунари. Блочный фильтр ЭМП (EMI) для источников питания [Электронный ресурс] // Компоненты и Технологии. 2009. №11. URL: https://www.kit-e.ru/articles/shield/2009_11_24.php.
2. EMI Conducted Interference. Interpoint Product Application Note // Crane Aerospace & Electronics Power Solutions [Электронный ресурс]. URL: www.interpoint.com/product_documents/DC_DC_Converters_EMI_Conducted_Interference.pdf.

3. Дмитриков В.Ф., Шушпанов Д.В. Устойчивость системы электропитания // Электропитание. 2012. № 2. С.5-19.
4. Дмитриков В.Ф., Шушпанов Д.В., Павлов А.В., и др. Исследование условий обеспечения устойчивости ИВЭП при высоком затухании входного фильтра // Практическая силовая электроника. 2012. № 48. С.10-17.

References

1. Tanaka Kazunari. Blochnyi fil'tr EMP (EMI) dlia istochnikov pitaniia [Block EMI filter for power supplies]. [Electronic resource]. Components and Techniques, 2009, no. 11. Available at: https://www.kit-e.ru/articles/shield/2009_11_24.php (accessed 04.03.2019).
2. EMI Conducted Interference. Interpoint Product Application Note. Crane Aerospace & Electronics Power Solutions [Электронный ресурс]. Available at: www.interpoint.com/product_documents/DC_DC_Converters_EMI_Conducted_Interference.pdf (accessed 04.03.2019).
3. Dmitrikov V.F., Shushpanov D.V. Ustoichivost' sistemy elektropitanii [The stability of the power supply system]. Elektropitanie, 2012, no. 2, pp.5-19.
4. Dmitrikov V.F., Shushpanov D.V., Pavlov A.V. et al. Issledovanie uslovii obespecheniia ustoichivosti IVEP pri vysokom zatukhanii vkhodnogo fil'tra [Study of conditions for ensuring the stability of secondary power supply at high attenuation of the input filter]. Prakticheskaia silovaia elektronika, 2012, no. 48, pp.10-17.