

УДК 621.391

В. В. Пилинский, Д. В. Титков, А. С. Чупахин, Осман Шарадга, В. Б. Швайченко  
 Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт»  
 Кафедра ЗТиРИ, ФЭЛ, НТУУ «КПИ», г. Киев, Украина, E-mail: [vbs2011@ukr.net](mailto:vbs2011@ukr.net)

## АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ПРОЕКТИРОВАНИЯ ГИБРИДНЫХ ПОМЕХОПОДАВЛЯЮЩИХ ФИЛЬТРОВ

*Предложен алгоритм и программа, позволяющие реализовать концепцию обеспечения электромагнитной совместимости в цепях энергообеспечения, особенно звукотехнических систем, на основе применения гибридного помехоподавляющего фильтра. Усовершенствован метод получения требуемых параметров затухания на основе промышленно выпускаемых изделий путем введения «интеллектуального» звена с перестраиваемыми параметрами. Разработано информационное обеспечение, позволяющее с учетом возможного диапазона отклонения параметров рационально выбирать производителя и тип фильтра с учетом путей распространения помех и требований к изделию в целом.*

**Ключевые слова:** аппаратно-программные средства, гибридный помехоподавляющий фильтр, электромагнитная совместимость.

### Введение

Двумя основными из существенных особенностей сетевых помехоподавляющих фильтров (ППФ) как элемента обеспечения электромагнитной совместимости (ЭМС) являются, во-первых, весьма широкая полоса защищенных частот, и потому в процессе расчета следует обязательно учитывать не только регулярные (номинальные) параметры компонентов катушки индуктивности  $L$ , и конденсатора  $C$ , а также нерегулярные - паразитную емкость дросселя -  $C_L$ , и паразитную индуктивность конденсатора -  $L_C$ , и, во-вторых, наличие двух каналов распространения помех в проводящей среде и создание помех в окружающем пространстве, что требует наличия, как минимум, трех этапов оценки ЭМС. Анализу этих особенностей ППФ посвящен ряд работ [1-4], но оценка эффективности в большинстве случаев сводится или к расчету простейших линейных цепей, или к подбору элементов и/или ограничению их паразитных параметров. Второй подход модифицирован [5] путем применения «интеллектуального» ППФ с микропроцессорным управлением, в котором предусмотрена возможность подстройки собственных резонансов в зависимости от помеховой обстановки.

### Основная часть

**Целью** данной статьи совершенствование второго подхода, позволяющее на основе разработанной базы данных (БД) и программного обеспечения для анализа схемной модели интеллектуального звена сократить сроки проектирования и внедрения высокоэффективных сетевых ППФ.

#### Постановка задачи и определение условий проектирования

На основании известных алгоритмов анализа электромагнитной обстановки (ЭМО) разработана достаточная номенклатура программных средств для исследования ЭМС в кондуктивных цепях [6,7]. Основное задание, возлагаемое на программу, – обеспечить анализ соответствия уровней кондуктивных помех нормам на допустимые уровни помех. В случае, когда уровни помех превышают допустимые значения, они позволяют выбирать из БД ППФ необходимый фильтр в соответствии с введенными параметрами источника и необходимой полосой частот защиты звукотехнической аппаратуры.

При организации вычислительного процесса применяют вычислительные алгоритмы для определения ЭМО в кондуктивных цепях. Выведенные на печать результаты вычислений получают в формате вещественных чисел с 8-ми разрядами после запятой, которые принимают значения в диапазоне от  $10^{-38}$  до  $10^{38}$ . При этом точность вычислений соответствует стандарту IEEE 754 [8].

Область применения фильтров является почти неограниченной: от маломощных (сигнальных) в каналах обработки и передачи данных трактов связи до мощных сетевых на портах электропитания приборов, силовых вводах в помещение или сооружения и тому подобное.

Проектирование и промышленный выпуск фильтров является сферой деятельности ведущих мировых фирм, которые поставляют на мировой рынок ориентировочно 16000 видов

помехоподавляющих конденсаторов и более 8000 видов фильтров. Некоторые из них - Shaffner, Tusonix, MTK electronics, Murata Electronic, Spectrum Control, Epcos, Corcom.

Выбор фильтра осуществляется путем подбора фильтра из БД, характеристика затухания (АЧХ) которого обеспечивает снижение уровня помех, возникающих в результате функционирования технических средств. Во время анализа в рассмотрение принимают интервалы частот, в которых уровень возникающих помех превышает допустимые нормы для соответствующей электронной аппаратуры с учетом путей распространения.

**Особенности алгоритма и программы.** Предложенный алгоритм базируется на модульном подходе, что позволяет эффективно использовать предыдущие наработки. Основными модулями подпрограммы, позволяющие учитывать паразитные параметры симметричного и несимметричного конденсаторов, дросселей и проводов, прогнозировать уровни помех от преобразователей электроэнергии основных типов, оценивать статистику отклонений от требуемого затухания и учитывать требования нормативных документов по уровню кондуктивных помех в зависимости от класса оборудования.

Программа позволяет вести БД фильтров. Для каждого фильтра предусмотрено ведение карты параметров, а именно: название фирмы производителя, название (тип) фильтра, сила тока, на который рассчитан фильтр, рабочее напряжение, вносимое затухание на стандартных частотах (дискретная частотная характеристика). Программа позволяет проводить поиск в БД фильтров по основным рабочим параметрам. Главной особенностью программы является возможность поиска фильтра по желаемой частотной характеристикой как по симметричному, так и несимметричному путям распространения кондуктивных помех

Для этого задаем коэффициенты передачи на стандартных частотах и допустимое отклонение, программа проводит поиск и выдает список тех фильтров с характеристиками, которые подходят под критерии фильтрации. База данных позволяет визуализировать и выводить на печать все характеристики отобранных ППФ, причем частотная характеристика может быть подана как в числовом виде, так и в графическом представлении.

Алгоритм функционирования программы преставлен на рис. 1.

**Описание программы.** Программа разработана с использованием веб-технологий на языке программирования PHP [9]. Состоит из программного ядра написанного на PHP и БД с фильтрами, которая работает на основе бесплатного сервера БД MySQL 5.x.

Интерфейс программы – окно (страница) с полями для ввода параметров поиска фильтров. Исходный код разработанной программы содержится в таких файлах:

style.css – модуль обеспечивающий отображения стиля оформления интернет страницы

add.php – модуль добавления данных в базу

config.php – модуль настройки

delete.php – модуль удаления фильтра из базы

filter.php – модуль вывода найденных фильтров

header.php – модуль заголовка

index.php – основная страница программы

update.php – модуль обновления информации базы

Выбор фильтра производится из внесённой в программу БД информации помехоподавляющих фильтров. Учитываются все фильтры частотный диапазон которых соответствует введеному с учетом заданного отклонения.

На рис. 2 изображено окно программы и обозначены элементы пользовательского интерфейса.

При наведении курсора мыши на название фильтра в области под курсором во всплывающей области отображается график частотной характеристики фильтра. На рис. 3 отображено окно базы фильтров с частотной характеристикой фильтра FN 401 фирмы Siemens.

При необходимости есть возможность открыть график частотной характеристики фильтра в отдельном окне увеличенного размера, это дает возможность более подробно рассмотреть параметры или экспортировать график в другую программу или распечатать.

На рис. 3 изображено отдельно окно программы с графиком частотной характеристики фильтра.

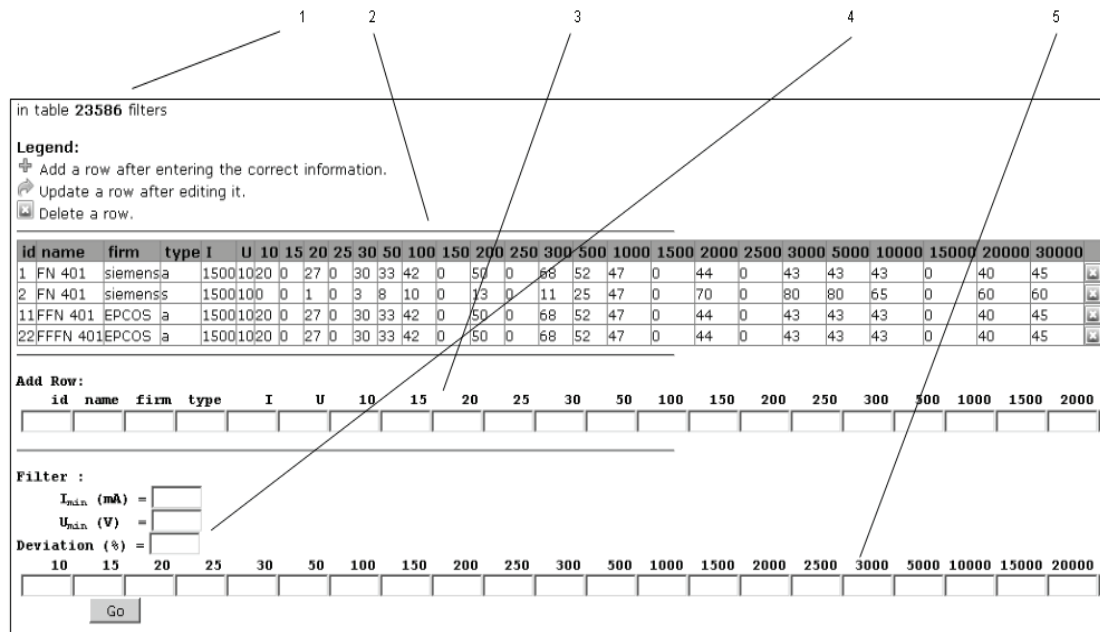


Рис. 2. Главная страница программы:

1 – количество фильтров в базе; 2 – зона вывода всех фильтров существующих в БД; 3 – поля для ввода в БД нового фильтра; 4 – поля для задания параметров поиска фильтров: ток, напряжение, ширина полосы поиска; 5 – поля для задания частотных коэффициентов фильтров.

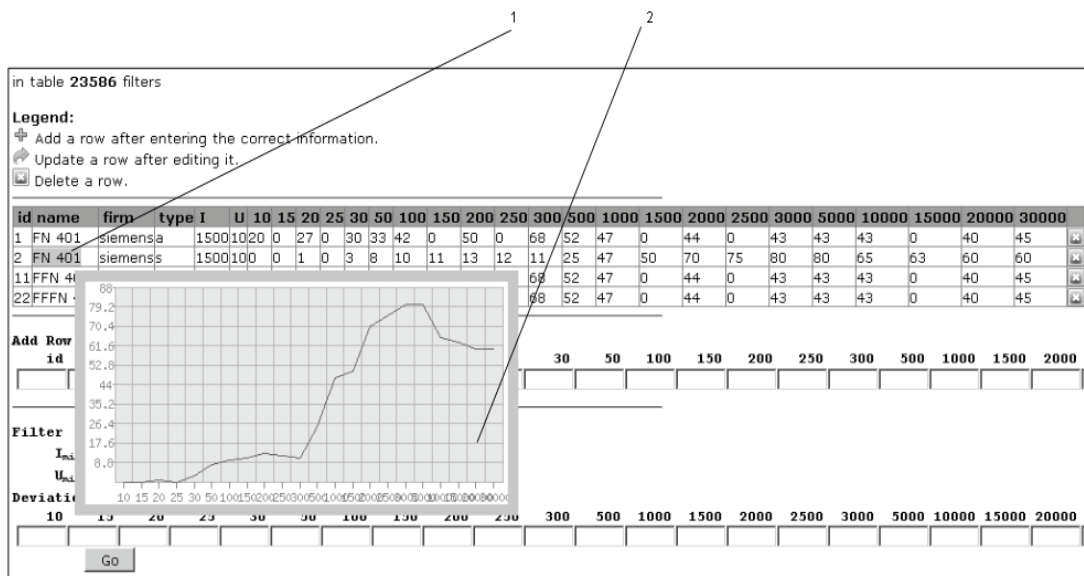


Рис. 3. Главная страница программы с отображением графика частотной характеристики фильтра FN 401 фирмы Siemens: 1 – курсор мышки помещен над названием фильтра; 2 – графика частотной характеристики фильтра

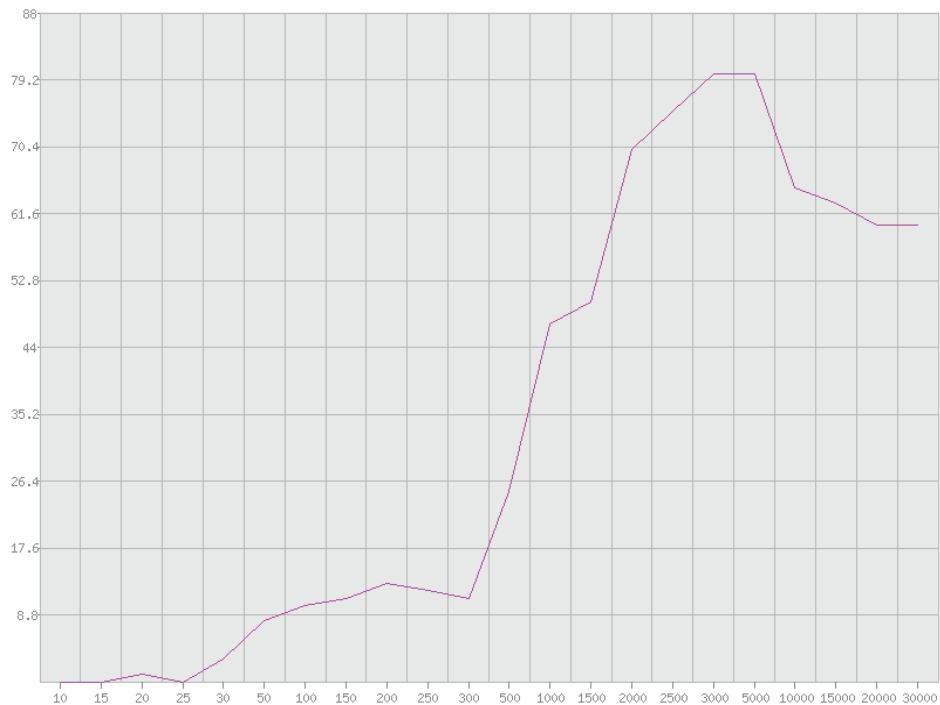


Рис. 4. Пример графика частотной характеристики фильтра.

При использовании программы в основном режиме необходимо указать критерии поиска фильтров. На рис. 5 представлена главная страница программы с заполненными полями ввода для поиска фильтров рассчитанных на ток 100 мА и напряжение 5В. Область, в которой задаются критерии отбора, подсвечена серым.

id	name	firm	type	I	U	10	15	20	25	30	50	100	150	200	250	300	500	1000	1500	2000	2500	3000	5000	10000	15000	20000	30000
1	FN 401	siemens	a	1500	10	20	0	27	0	30	33	42	0	50	0	68	52	47	0	44	0	43	43	43	0	40	45
2	FN 401	siemens	s	1500	10	0	0	1	0	3	8	10	11	13	12	11	25	47	50	70	75	80	80	65	63	60	60
11	FFN 401	EPCOS	a	1500	10	20	0	27	0	30	33	42	0	50	0	68	52	47	0	44	0	43	43	43	0	40	45
22	FFN 401	EPCOS	a	1500	10	20	0	27	0	30	33	42	0	50	0	68	52	47	0	44	0	43	43	43	0	40	45

Рис. 5. Главная страница программы с заполненными полями отбора фильтров:  
 1 – область параметров тока, напряжения и отклонения; 2 – область частотной характеристики;  
 3 – кнопка активации отбора

После фильтрации выводится список найденных фильтров подходящих входным критериям. Окно с результатами поиска представлено на рис. 6.



Рис. 6. Страница с результатами выбора фильтров по заданным параметрам:  
 1 – критерии отбра фильтров: ток 100 мА, напряжения 5В;  
 2 – область с результатами отбора фильтров

В программе реализована возможность использования требуемого количества параметров отбора. На рис.6 показан режим выбора фильтров только по допустимым напряжению и силе тока, аналогичным образом работает возможность поиска фильтров с использованием частотной характеристики.

**Выводы**

Предложенный алгоритм и разработанная программа позволили усовершенствовать аппаратно-программный комплекс проектирования ППФ на основе существующей их номенклатуры. Такой подход ускоряет процесс разработки технических средств, удовлетворяющих требованиям ЭМС.

**Список литературы**

11. Подавление помех в цепях электропитания/ [Векслер Г. С., Недочетов В. С., Пилинский В.В. и др.] – К.: Техника, 1990. – 167 с.
12. Барнс Дж. Электронное конструирование: Методы борьбы с помехами / Барнс Дж. – М.: Мир, 1990. – 238 с.
13. Ланцов В. Электромагнитная совместимость импульсных источников питания: проблемы и пути их решения/ В. Ланцов, С. Эраносян// Силовая электроника, часть 3. – 2007. – № 2 – С. 68–78.
14. C. Gazda, D.Vande Ginste, H.Rogier, D. De Zutter and R.-B.Wu Time domain analysis of a wideband common-mode suppression filter// 15 th IEEE Workshop on Signal Propagation on Interconnect (SPI), Italy, May 2011, p.p.7-10
15. A. Dovzhenko, V. Pilinsky, E. Shvaichenko, V. Shvaichenko Intelligent Mains Radiofrequency Interference Filters// Proceedings EMC EUROPE 2010 (9th International symposium on EMC joint with 20th international Wroclaw symposium on EMC). Poland, Wroclaw, September 2010, p.p.810–813
16. Програмно-технічна система забезпечення захисту інформаційних ресурсів по колам електроживлення/ В. М. Бакіко, О. О. Довженко, В. В. Пілінський, В. Б. Швайченко// Інформаційні технології в освіті, Херсон, Вип. 7, 2010 – С. 170–174
17. Послед Б.С. Borland C++ Builder 6. Разработка приложений баз данных. – СПб.: ООО «ДиаСофтЮП», 2003. – 320 с.
18. Standard for floating-point arithmetic, IEEE 754, 2008, 58 p.
19. Лаура Томсон, Люк Веллинг Разработка Web-приложений на PHP и MySQL. - СПб.: ООО «ДиаСофтЮП», 2003. – 672 с.

**HARD& SOFTWARE DESIGN OF HYBRID RADIOFREQUENCY INTERFERENCE FILTERS**

V. Pilinsky, D. Titkov, A. Chupahin, Osman Sharadga, V. Shvaichenko  
 Audio Engineering and Registration of Information Department, Faculty of Electronics  
 NTUU “KPI”, E-mail: vbs2011@ukr.net

*An algorithm and program, allowing to realize conception of providing of electromagnetic compatibility in the chains of power electronics on the basis of application of hybrid radiofrequency interference filter, is offered. The method of receipt of the required parameters of fading is improved on the basis of the industrial produced wares by introduction of «intellectual» link with the reconstructed parameters. The informative providing, allowing taking into account the possible range of rejection of parameters rationally to choose a producer and type of filter taking into account the ways of distribution of interferences and requirements to good on the whole is developed.*

**Key words:** data bases, electromagnetic compatibility, RFI filter.

1. Подавление помех в цепях электропитания/ [Veksler G. S., Nedochetov V. S., Pilinskij V.V. i dr.] – К.: Tekhnika, 1990. – 167 p. (Rus)
2. Barns J. Electronic design: Methods of interferences/ Barns J. – М.: Mir, 1990. – 238 p. (Rus)
3. Lancov V. Electromagnetic compatibility of switch-mode power supply: problems and ways of decision/ V. Lancov, S. Eranosjan// Silovaja elektronike, part 3. – 2007. – № 2 – p. 68–78. (Rus)
4. C. Gazda, D. Vande Ginste, H. Rogier, D. De Zutter and R.-B.Wu Time domain analysis of a wideband common-mode suppression filter// 15 th IEEE Workshop on Signal Propagation on Interconnect (SPI), Italy, May 2011, pp.7-10
5. A. Dovzhenko, V. Pilinsky, E. Shvaichenko, V. Shvaichenko Intelligent Mains Radiofrequency Interference Filters// Proceedings EMC EUROPE 2010 (9th International symposium on EMC joint with 20th international Wroclaw symposium on EMC). Poland, Wroclaw, September 2010, p.p.810–813
6. Programmatic-technical system of providing of defence of informative resources for to the circles of power supply/ V. M. Bakiko, O. O. Dovzhenko, V.V. Pilinskij, V.B. Shvajchenko//Informacijni tehnologiji v osviti, Kherson, Vyp. 7, 2010. – p. 170–174 (Ukr)
7. Posled B.S. Borland C++ Builder 6. Development of appendixes of databases.– SPb.: OOO «DiaSoftYP», 2003. – 320 p. (Rus)
8. Standard for floating-point arithmetic, IEEE Standard 754, 2008, 58 p.
9. Tomson L., Velling L. Development of Web-application on PHP and MYSQL/ .– SPb.: OOO «DiaSoftYP», 2003. – 672 p. (Rus)