

Естественно, что на значение затухания фильтров в столь широком диапазоне частот влияют не только параметры компонентов, но и паразитные параметры, обусловленные конструкцией фильтра.

Рисунок 5 показывает (для модели фильтра по рисунок 1) влияние на характеристику затухания $A(f)$ ёмкости “вход – выход”.

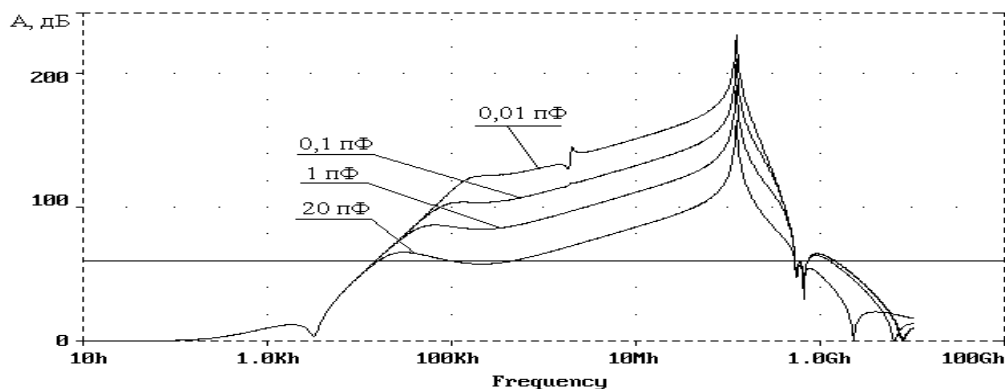


Рисунок 5 - Влияние ёмкости “вход – выход” на характеристику затухания фильтра

III Выводы

Таким образом, предложенная методика моделирования позволяет обоснованно выбрать элементы фильтра с учётом регулярных и паразитных параметров компонентов и профессионально подойти к проектированию фильтров, обеспечивающих требуемое значение вносимого затухания в широком диапазоне частот, охватывающем 4 – 5 декад.

Литература: 1. Векслер Г.С., Недочетов В.С., Пилинский В.В., Родионова М.В., Темников В.А. Подавление электромагнитных помех в цепях электропитания. – К. : Техника, 1990. – 167 с. 2. EN50081 – 1 “Electromagnetic compatibility. Generic emission standart part 1. : Residential commercial and light industry. 3. Corcom: RFI Power Line Filters, 1998. – p. 88. 4. ГОСТ 13661 – 92. Совместимость технических средств электромагнитная. Пассивные помехоподавляющие фильтры и элементы. Методы измерения вносимого затухания. 5. Лютов С.А. Индустриальные помехи радиоприёму и борьба с ними. – Москва, 1952. – 320 с. 6. ГОСТ 23773 – 88 Машины вычислительные электронные цифровые общего назначения. Методы испытаний.

УДК 621.314.68:621.382.3

ПРИМЕНЕНИЕ ТРАНЗИСТОРНЫХ ПОМЕХОПОДАВЛЯЮЩИХ ЗАЩИТНЫХ ФИЛЬТРОВ В СЕТЯХ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

Дмитрий Валиков, Владимир Пилинский, Владимир Швайченко

Национальный технический университет Украины «КПИ»

Анотація: В доповіді надані результати дослідження ефективності активних транзисторних протишумних захисних фільтрів в мережі живлення змінного струму за умови поширення збуджень з мережі та витоку інформації від споживача при досягненні гарантованого загасання 60 дБ від 10 кГц до 1 ГГц. Проведена оцінка впливу паразитних параметрів. Наведені рекомендації стосовно співвідношень параметрів компонент.

Summary: In the paper results of studies active transistor radiofrequency protect filters in AC Mains with provision for possibility of influence on the consumer for the discribe information and seepage information from the consumer. Evaluation of influence of stray parameters are presented. Recommendations on the correlation of parameters a component is given.

Ключевые слова: активный транзисторный помехоподавляющий защитный фильтр (ПЗФ), компьютерное моделирование, вносимое затухание, симметричный и несимметричный пути связи.

I Постановка задачи

Применение транзисторных фильтров в сетях переменного тока до настоящего времени сдерживалось отсутствием элементной базы, поскольку отсутствовала номенклатура биполярных транзисторов с высоким значением граничной частоты f_T , способных работать при значительных токах нагрузки в сети с напряжением 220/380 В. Введение ПЗФ в цепь постоянного тока ответственных потребителей электроэнергии связано со значительными финансовыми затратами и в большинстве случаев затруднительно [1, 2]. Однако, необходимость расширения диапазона частот для защиты от несанкционированного доступа к конфиденциальной информации требует нетрадиционных решений, одним из которых является применение активных защитных фильтров.

Поэтому разработка и анализ возможностей применения активных ПЗФ (АПЗФ) является актуальной задачей, решение которой позволит построить высокоэффективные средства защиты информации. Для решения поставленной задачи предложена схема АПЗФ переменного тока (ПТ). Эффективность фильтра необходимо определить с учетом путей связи и влияния паразитных параметров.

II Анализ частотных характеристик фильтра

Источник возмущения (помехи или полезной информации) может быть связан с приемником двумя путями – симметричным и несимметричным. Поэтому при исследовании рассмотрены две схемы включения фильтра. На рисунок 1 изображена схема включения транзисторного фильтра при подавлении сигнала, распространяющегося несимметричным путем. Значения сопротивлений R_1 и R_H выбраны в соответствии с [3], и равны 50 Ом. Емкость конденсатора выходного фильтра C_2 равна 10 мкФ. Параметры элементов R_2 и C_1 в базовой схеме равны соответственно 100 Ом и 10 мкФ и менялись в процессе моделирования. Схема симметричного включения фильтра показана на рисунок 2. Значения соответствующих элементов такие же, как и на схеме рисунок 1.

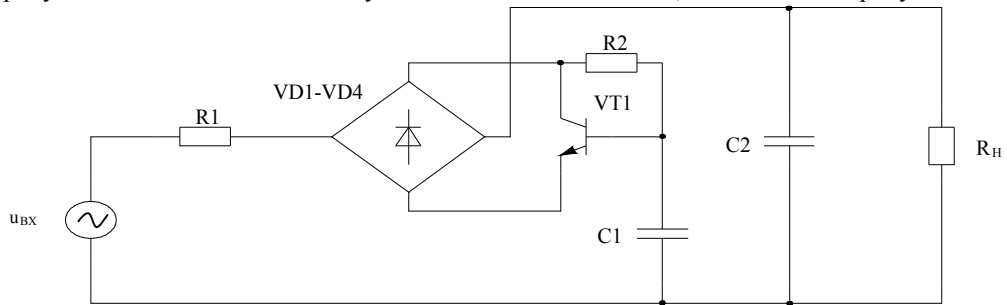


Рисунок 1 - Схема активного фильтра при несимметричном включении

Для анализа частотных характеристик активного фильтра использована система схемотехнического моделирования OrCAD PSpice v.9.0 согласно схемам, изображенным на рисунок 1 и 2. При моделировании нелинейных элементов - диодов и биполярного транзистора, - применялись модели, используемые системой PSpice по умолчанию. Параметры этих моделей наиболее соответствуют параметрам идеальных элементов. Чтобы всесторонне оценить вносимое фильтром затухание, рассматриваемый частотный диапазон выбран достаточно широким - от 1 Гц до 1 ГГц.

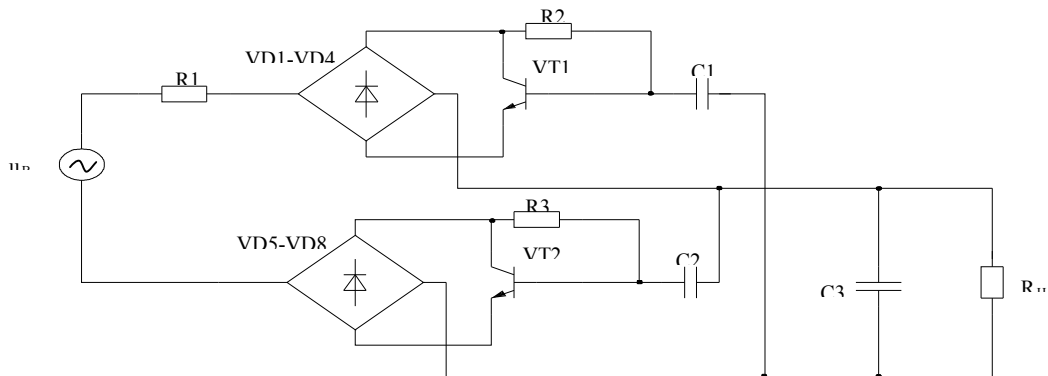


Рисунок 2 - Схема активного фильтра при симметричном включении

На рисунке 3 показаны кривые затухания, вносимого активным фильтром (при несимметричном включении) в диапазоне от 50 Гц до 500 Гц для различных значений элементов R2 и C1: кривая 1 – R2=10 Ом, C1=10 мкФ; кривая 2 – R2=500 Ом, C1=2 мкФ; кривая 3 – R2=100 Ом, C1=10 мкФ; кривая 4 – R2=50 Ом, C1=20 мкФ. При частотном анализе работы фильтра оказалось, что увеличение сопротивления резистора R2 в 10 раз при неизменном значении емкости C1 приводит к незначительному увеличению затухания в частотном диапазоне 50 Гц...500 Гц (кривые 1 и 3), а изменение параметров элементов R2 и C1 при фиксированной постоянной времени τ , практически не влияет на затухание на частоте 50 Гц. На затухание в верхней части частотного диапазона наибольшее влияние оказывает емкость C1.

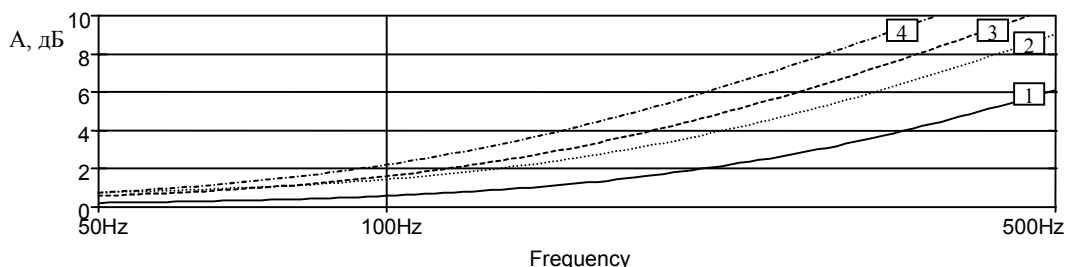


Рисунок 3 - Вносимое затухание фильтра

Помимо защиты потребителя от внешних электромагнитных воздействий, распространяющихся кондуктивными путями, помехоподавляющий защитный фильтр должен препятствовать утечке информации из потребителя во внешнюю проводящую среду (сеть переменного тока). Результаты моделирования, представленные на рисунок 4 и 5, позволяют оценить вносимое затухание, как в направлении "сеть - потребитель", так и в направлении "потребитель - сеть".

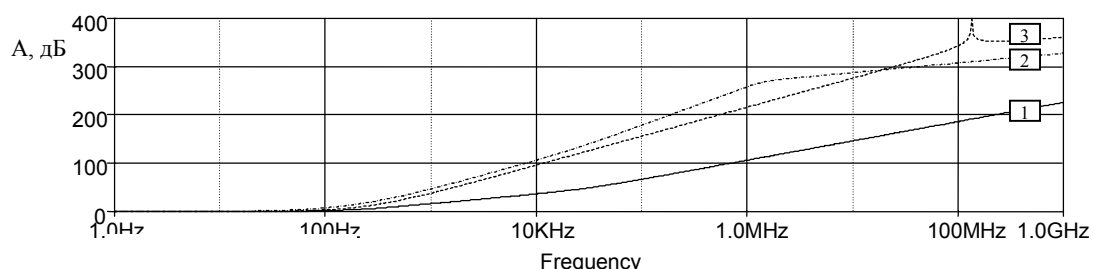


Рисунок 4 - Вносимое затухание фильтра в направлении «сеть-потребитель»

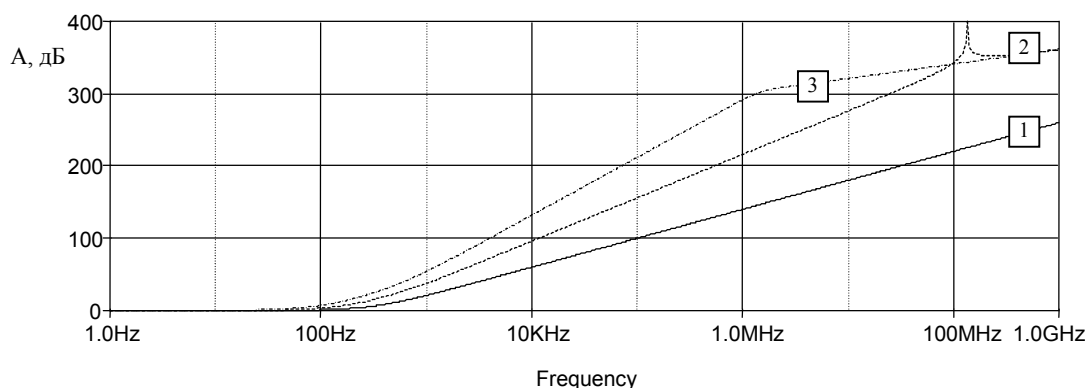


Рисунок 5 - Затухание, вносимое фильтром в направлении «потребитель-сеть»

Кривые 1, 2 и 3, представленные на рисунке 4 и 5, характеризуют эффективность работы фильтра соответственно с одной, двумя и тремя RC цепочками, включенными в базовую цепь транзистора. Выбросы, наблюдаемые на кривых 2 и 3, обусловлены частотными характеристиками используемой модели транзистора. На рисунок 5 изображены кривые, характеризующие затухание, вносимое фильтром в направлении «потребитель-сеть» переменного тока при соответствующем количестве RC цепочек в базовой цепи.

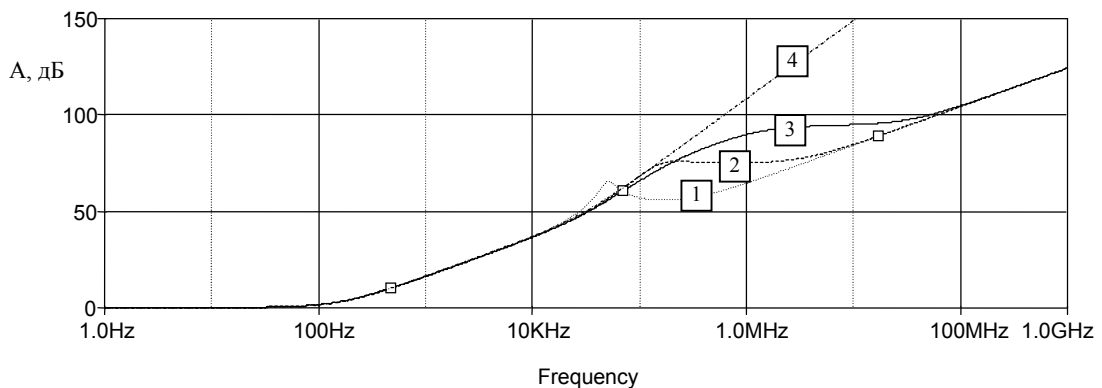


Рисунок 6 - Влияние паразитной индуктивности конденсатора C_1
(кривая 1 – $L_{C_1}=1$ мкГн, кривая 2 – $L_{C_1}=0.1$ мкГн, кривая 3 – $L_{C_1}=0.01$ мкГн)

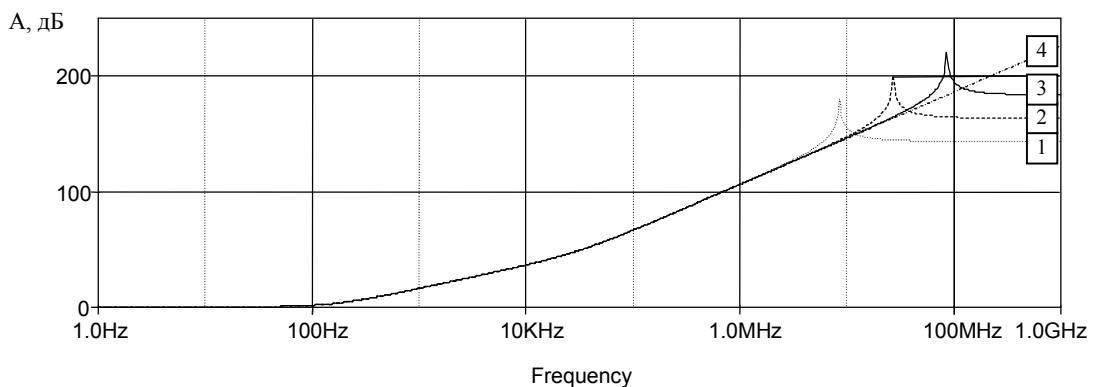


Рисунок 7 - Влияние паразитной емкости $C_{КЭ}$
(кривая 1 – $C_{КЭ}=1$ пФ, кривая 2 – $C_{КЭ}=0.1$ пФ, кривая 3 – $C_{КЭ}=0.01$ пФ)

Все элементы исследуемой схемы приняты идеальными. На практике паразитные параметры емкостных элементов оказывают существенное влияние на частотные характеристики фильтров. Поэтому проведено исследование влияния паразитных параметров емкости C_1 и паразитной емкости между эмиттером и коллектором транзистора. Результаты моделирования представлены на рисунок 6, 7 и 8.

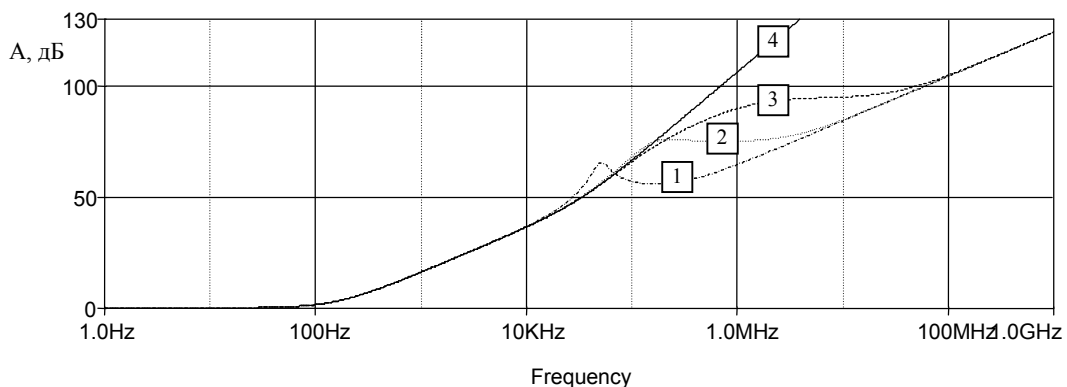


Рисунок 8 - Совместное влияние паразитных параметров конденсатора C_1 и транзистора
($C_{КЭ}=1$ пФ для всех кривых, значение L_{C_1} соответствует рисунку 6)

При исследовании работы фильтра в несимметричном включении (рисунок 9) были получены кривые затухания в направлении "сеть - потребитель" (кривая 1) и в направлении "потребитель - сеть"(кривая 2).

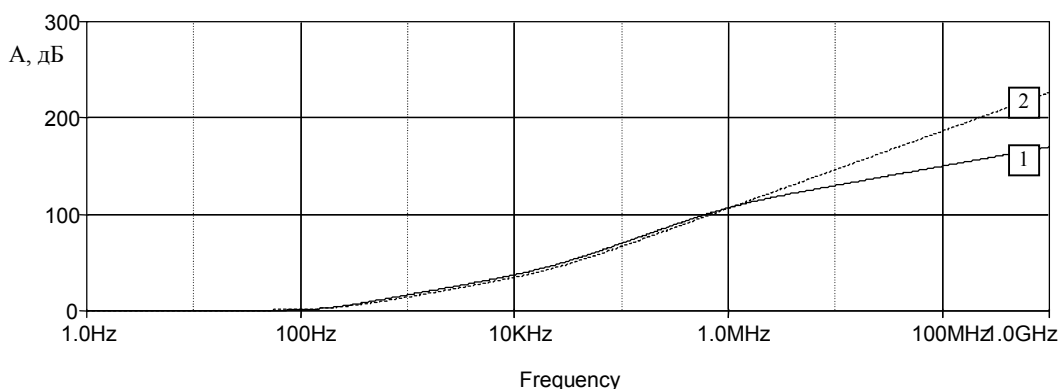


Рисунок 9 - Вносимое затухание при работе фильтра по симметричной схеме

Эффективность АПЗФ в направлении «потребитель - сеть» на частотах более 1 МГц выше, чем в направлении «сеть - потребитель» .

III Заключение

Представленные результаты моделирования активных транзисторных фильтров свидетельствуют о перспективности их использования в силовых цепях с целью защиты от несанкционированного доступа к конфиденциальной информации.

Литература: 1. Векслер Г.С., Штильман В.И. Транзисторные сглаживающие фильтры. – К.: Техніка, 1972. – 208 с. 2. Kurovsky T. Power hybride filters in DC Mains with switched mode converters. Zielona Gora (Poland). 1996. – 134 p. ISSN 0239-7390. 3. ГОСТ 13661-92 Элементы и фильтры для подавления промышленных радиопомех. Методы измерения вносимого затухания. – М.: Изд-во стандартов – 1992.