

Справка

по русской версии программы

«LC-filter 5.0.0.0»

О программе

Перед Вами русская версия программы «LC-filter 5.0.0.0», позволяющая рассчитывать Г-образные сглаживающие фильтры на реактивных элементах, предназначенные для подавления пульсаций в источниках питания. Программа «LC-фильтр 5.0.0.0» распространяется по лицензии donationware (класс freeware), то есть программа распространяется свободно и оплата не обязательна.

Автор программы – Москатов Евгений Анатольевич из города Таганрога Ростовской области, Российская Федерация.

Web site: <http://www.moskatov.narod.ru/>.

Системные требования

Рекомендуемые требования к оборудованию

Компьютер с процессором семейств Intel® Pentium® / Celeron® или совместимым с ними процессором, тактовая частота которого составляет не менее 200 МГц, или более мощным.

Оперативная память: 32 Мбайт.

Свободное место на диске: 2 Мбайт.

Видеоплата и монитор с разрешением не менее 800 × 600 точек.

Клавиатура, мышь или другое указательное устройство.

Рекомендуемые требования к системному программному обеспечению

Операционная система Microsoft Windows© 98 Second Edition, Microsoft Windows© Millennium, Windows© 2000 Professional, Windows© XP Home Edition, Windows© XP Professional, Windows© 2003 Server, Windows© Vista Starter, Windows© Vista Home Basic, Windows© Vista Home Premium, Windows© Vista Business, Windows© Vista Enterprise, Windows© Vista Ultimate.

Так как программа имеет русскоязычный интерфейс, операционная система должна обеспечивать необходимую языковую поддержку.

Требования к исходным данным

Амплитуда пульсации на входе, В	>0 ... 1000
Амплитуда пульсации на выходе, В	>0 ... 1000

Справка по программе «LC-filter 5.0.0.0»

Постоянное входное напряжение, В	>0 ... 1000000
Ток нагрузки, А	>0 ... 100000
Частота пульсации, Гц	>0 ... 100000000
Число фаз источника питания фильтра	1, 2, 3, 6, 12
Число LC-звеньев фильтра	1 ... 1000

Лицензия на русскоязычную версию программы «LC-фильтр 5.0.0.0»

1. Все права, не оговоренные в настоящем лицензионном соглашении, сохраняются за Москатовым Евгением Анатольевичем.
2. Авторские права на «LC-filter 5.0.0.0» принадлежат исключительно автору – Москатову Евгению Анатольевичу.
3. Москатов Е. А. предоставляет лицензию на свободное использование данного программного обеспечения (русскоязычная версия «LC-filter 5.0.0.0»), однако приветствует оплату. Программа «LC-filter 5.0.0.0» распространяется по лицензии donationware (класс freeware), то есть программа распространяется свободно и оплата не обязательна. Но автор не откажется от материального вознаграждения за свой труд. В связи со сложным материальным положением многие пользователи не имеют возможности покупать программное обеспечение легальным путём. Именно поэтому оплата не обязательна, но желательна.
4. «LC-filter 5.0.0.0» не имеет заблокированных функций, то есть данная программа полностью функциональна.
5. «LC-filter 5.0.0.0» РАСПРОСТРАНЯЕТСЯ НА УСЛОВИЯХ «AS IS». Москатов Евгений Анатольевич НЕ БЕРЁТ НА СЕБЯ И НЕ ПОДРАЗУМЕВАЕТ КАКИХ-ЛИБО ГАРАНТИЙНЫХ ОБЯЗАТЕЛЬСТВ. ВЫ ИСПОЛЬЗУЕТЕ «LC-filter 5.0.0.0» НА СВОЙ РИСК. АВТОР НЕ БЕРЁТ НА СЕБЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ ЗА ПОТЕРЮ ДАННЫХ, УЩЕРБ, ПОТЕРЮ ПРИБЫЛИ ИЛИ ЛЮБЫЕ ДРУГИЕ ПОТЕРИ, ПРОИЗОШЕДШИЕ ВО ВРЕМЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИЛИ НЕПРАВИЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДАННОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ.
6. Вы не можете эмулировать, создавать новые версии, сдавать в наём или аренду, продавать, изменять, декомпилировать, вскрывать технологию, дизассемблировать, изучать код программы другими способами, передавать программу или любые из её составляющих иначе, чем определено настоящим лицензионным соглашением. Любое такое не-

Справка по программе «LC-filter 5.0.0.0»

легальное использование означает автоматическое и немедленное прекращение действия настоящего соглашения и может преследоваться по закону. Исключение составляет случай, в котором указанные действия явно разрешены законодательством, несмотря на наличие в лицензионном соглашении данного ограничения.

7. Условия настоящего соглашения, равно как и дизайн интерфейса, могут быть изменены в последующих версиях программы LC-filter.

8. В настоящей программе «LC-filter 5.0.0.0» нет «шпионских» вкладок, всплывающих окон и рекламы.

9. При распространении «LC-filter 5.0.0.0» должны соблюдаться следующие условия: (а) дистрибутив должен включать только оригинальный инсталлятор, предоставленный Москатовым Евгением Анатольевичем. Дистрибутив программы лицензируется как единое изделие. Вы не имеете права изменять, удалять или добавлять файлы в оригинальный дистрибутив. Составляющие части программы запрещается изымать из дистрибутива для отдельного использования; (б) вы не имеете права брать плату за программу, за исключением разумной суммы за носитель данных, каналы связи и т. п.

10. Принимая данное лицензионное соглашение, Вы соглашаетесь с тем, что случае судебных разбирательств вне зависимости от решения суда и воли сторон максимальная взимаемая с Москатова Евгения Анатольевича денежная сумма не будет превышать 1 рубль. В случае иска на Москатова Евгения Анатольевича все судебные издержки обеих сторон оплачивает истец.

11. Автор придерживается строгих правил по секретности информации о своих пользователях и НЕ собирает персонально-идентифицируемой информации о своих пользователях, за исключением случаев, когда она была добровольно ему сообщена.

12. Если Вы не согласны с условиями настоящего лицензионного соглашения или если условия настоящего соглашения противоречат законам Вашей страны, Вы должны немедленно удалить файлы «LC-filter 5.0.0.0» с Ваших устройств хранения информации и прекратить пользоваться данным программным продуктом.

13. Установка и использование «LC-filter 5.0.0.0» означает принятие условий настоящего лицензионного соглашения.

Благодарю Вас за использование «LC-filter 5.0.0.0»!

Copyright © 2002 – 2008 Москатов Евгений Анатольевич.

Поддержать материально

Оплата русской версии программы «LC-filter 5.0.0.0» является добровольной. Осуществить материальную поддержку автора, переведя ему более 100 рублей, можно следующим способом. Заходите на форум программы <http://narod.yandex.ru/userforum/?owner=moskatov> и оставляете сообщение об оплате и свой e-mail (для всеобщего просмотра они отображаться не будут). На Ваш e-mail я вышлю реквизиты для перевода. Спасибо за Вашу поддержку!

Замечания и разъяснения

1. Сглаживающий фильтр (смотрите рис. 1) включается между выпрямителем и нагрузкой для уменьшения переменной составляющей (пульсации) выпрямленного напряжения [5, с. 50]. Реактивные фильтры представляют собой соединённые определённым образом дроссели и конденсаторы.

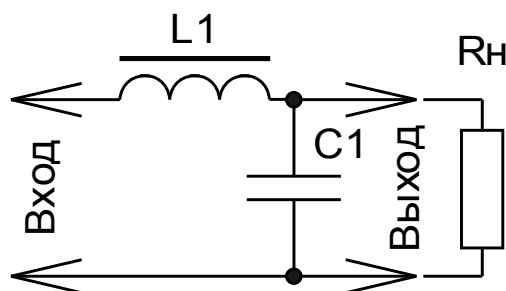


Рис. 1. Принципиальная схема однозвенного фильтра.

На входе фильтра помимо постоянной составляющей присутствует ещё и переменная составляющая, называемая пульсацией напряжения. Эта пульсация велика относительно допустимой для питаемой нагрузки, и непосредственное питание нагрузки от источника питания бывает невозможно. При питании аппаратуры пульсация напряжения резко ухудшает, а чаще вообще нарушает работу устройств, внося искажения и помехи. Это относится к пульсации напряжения, вызванной работой системы зажигания в автомобилях; пульсации, вызванной работой источника питания компьютера и приводящей к помехам телевизорам, радиоприёмникам и прочим бытовым электроприборам. Для уменьшения пульсаций напряжения используют сглаживающие фильтры.

Основным параметром сглаживающих фильтров является коэффициент сглаживания q . Если предположить, что падение напряже-

ния на омическом сопротивлении дросселя отсутствует, то коэффициент сглаживания можно определить как отношение амплитуды пульсации напряжения на входе фильтра $U_{\sim \text{ВХ}}$ к амплитуде пульсации напряжения на выходе фильтра $U_{\sim \text{ВЫХ}}$ [6]:

$$q = U_{\sim \text{ВХ}} / U_{\sim \text{ВЫХ}}$$

Таким образом, коэффициент сглаживания показывает степень ослабления фильтром переменной составляющей напряжения.

2. Многообразие существующих схем сглаживающих фильтров можно разделить на следующие группы [10, с. 66]:

- 1) фильтры, состоящие из одной ёмкости или одной индуктивности;
- 2) фильтры, состоящие из двух элементов (Г-образные): индуктивно-ёмкостные (LC) и активно-ёмкостные (RC);
- 3) сложные фильтры: П-образные (CLC и CRC) и многозвенные (LC, RC);
- 4) резонансные фильтры;
- 5) фильтры с компенсацией переменной составляющей на выходе фильтра;
- 6) электронные фильтры на транзисторах и электронных лампах.

Программа «LC-filter» позволяет рассчитывать различные сглаживающие Г-образные индуктивно-ёмкостные фильтры: однозвенные (рис. 1), двухзвенные (рис. 2) и фильтры с большим числом звеньев (рис. 3).

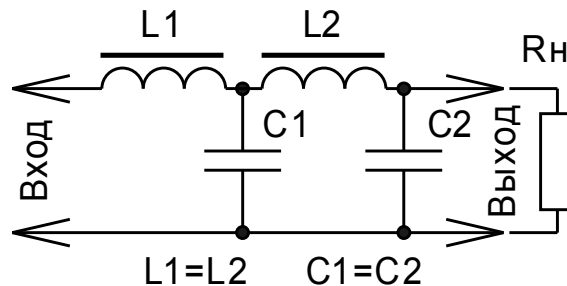


Рис. 2. Принципиальная схема двухзвенного фильтра.

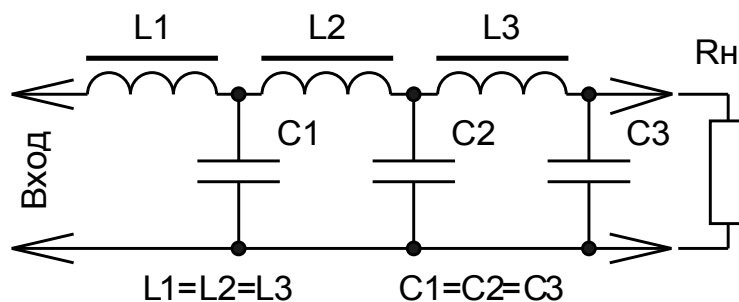


Рис. 3. Принципиальная схема трёхзвенного фильтра.

3. Количество звеньев фильтра определяется из условия наименьшей стоимости или из условия минимума его суммарной индуктивности и его суммарной ёмкости [10, с. 69]. Исходя из условия наименьшей стоимости, двухзвенный LC-фильтр целесообразно применять при $q > 40 \dots 50$, а трёхзвенный LC-фильтр целесообразно применять при $q > 1500 \dots 1700$. Исходя из второго условия, двухзвенный LC-фильтр целесообразно применять при $q > 20$, а трёхзвенный LC-фильтр целесообразно применять при $q > 160$.

4. В основу расчёта программой «LC-filter 5.0.0.0» положены формулы, приведённые в [6] и существенно дополненные. Расчёт выполняется, исходя из требования непрерывности тока в дросселе [13, с. 133], которое характерно для мощных выпрямителей. Индуктивность дросселя рассматривается как критическая, обеспечивающая граничный непрерывный режим тока [13, с. 134]. Рассчитанный фильтр обеспечивает индуктивную реакцию.

5. Относительно исходных данных программы.

Частота пульсации после мостового выпрямителя увеличивается в два раза. Значит, если частота сети была 50 Гц, то после мостового выпрямителя на фильтр подаётся напряжение с частотой пульсации 100 Гц.

Для однополупериодного выпрямителя число фаз равно 1; для двухполупериодного выпрямителя, в том числе мостового, – равно 2; для трёхфазного выпрямителя – 3; для трёхфазного мостового выпрямителя – 6. Для выпрямителя, образованного включением двух трёхфазных мостовых выпрямителей последовательно (причём в одном выпрямителе вторичные обмотки трансформатора включены в звезду, а во втором – в треугольник), число фаз равно 12 [1, с. 23].

6. Относительно результатов расчёта в программе.

По найденной из расчёта ёмкости требуется выбрать конденсатор [14, с. 324]. При этом необходимо, чтобы мгновенное значение напряжения на конденсаторе не превышало его номинального напряжения. Для этого конденсатор следует выбрать на напряжение холостого хода выпрямителя при максимальном напряжении сети, увеличенное на 15 ... 20 %. Это необходимо для обеспечения надёжной работы конденсаторов при перенапряжениях, возникающих при включении выпрямителя. Необходимо также, чтобы амплитуда переменной составляющей напряжения на конденсаторе не превышала предельно допусти-

мого значения [14, с. 324]. Важным параметром конденсатора является предельно допустимая величина переменной составляющей выпрямленного напряжения, выраженная в процентах его номинального рабочего напряжения [2, с. 134]. Этот параметр конденсатора в значительной мере зависит от частоты основной гармоники выпрямленного напряжения. В каталогах на конденсаторы обычно приводится допустимая величина амплитуды переменной составляющей для частоты 50 Гц и дополнительно указывается, как изменяется допустимая амплитуда в зависимости от частоты. Ёмкость электролитических конденсаторов существенно зависит от температуры окружающей среды. Она резко уменьшается при отрицательных температурах, что следует обязательно учитывать при проектировании. Если допустимое для данных частоты и температуры значение амплитуды переменной составляющей превышает расчётное, то следует либо выбрать конденсатор на большее номинальное рабочее напряжение (не меняя принятой ранее ёмкости конденсатора), либо увеличить ёмкость конденсатора (не меняя принятого ранее номинального рабочего напряжения конденсатора) [2, с. 135].

Дроссель фильтра обычно выбирают стандартным, хотя не исключена ручная намотка по рассчитанным индуктивности обмотки и диаметру провода. Магнитопровод дросселя выбирается исходя из частоты пульсации. Так, для частоты 100 Гц лучше использовать сердечник из пермаллоя или трансформаторного железа. Для частоты 100 кГц следует использовать магнитопровод из феррита.

Постоянный ток нагрузки, протекая по обмотке дросселя, создаёт постоянное подмагничивание его сердечника, что смещает рабочую точку на кривой намагничивания на пологий участок, соответствующий магнитному насыщению [1, с. 59]. Это приводит к уменьшению магнитной проницаемости и индуктивности дросселя. Для снижения влияния подмагничивания на индуктивность дросселя его сердечник выполняется с немагнитным зазором. При этом следует понимать, что у дросселя с немагнитным зазором в сердечнике велико поле рассеяния, которое может явиться причиной наводок на элементы питаемого устройства [1, с. 59].

При расчёте фильтра необходимо обеспечить такое соотношение реактивных сопротивлений дросселя и конденсатора, при котором не могли бы возникнуть резонансные явления на частоте пульсации выпрямленного напряжения и частоте изменения тока нагрузки. Для этого необходимо, чтобы собственная круговая частота фильтра была хотя бы в два раза меньше круговой частоты пульсации. Это условие

всегда выполняется при $q > 3$ [1, с. 58].

7. В основном окне программы (рис. 4) расположены поля ввода числовых значений. Расчёт фильтра осуществляется после нажатия на кнопку «Расчитать!» или после нажатия на клавиатуре клавиши F9. После заполнения всех полей ввода при нажатии на кнопку расчёта в нижней правой части окна появятся результаты вычислений или будет выдано сообщение о невозможности реализации фильтра. Вызвать файл справки можно, нажав на клавиатуре клавишу F1.

Исходные данные		Результаты расчёта	
Амплитуда пульсации на входе, В	3	Диаметр провода обмотки дросселя, мм	0,600
Амплитуда пульсации на выходе, В	0,05	Суммарный коэффициент сглаживания	60,00
Постоянное входное напряжение, В	15	Коэффициент сглаживания одного звена	7,75
Ток нагрузки, А	1	Минимальная ёмкость конденсатора, мкФ	696,0
Частота пульсации, Гц	100	Минимальная индуктивность дросселя, мГн	7,958
Число фаз источника питания	2	Резонансная частота фильтра, Гц	68
Число LC-звеньев фильтра	2	Сопротивление нагрузки, Ом	15,0

Рис. 4. Скриншот основного окна программы.

8. После клика по кнопке «О программе...» в меню «Справка» на экране появится новое окно. Оно будет располагаться поверх предыдущего. При нажатии на одну из кнопок меню «Примеры» в поля ввода будут записаны типичные значения исходных данных. При нажатии на кнопку «Очистка данных» исходные данные и результаты расчёта будут стёрты, а программа переведена в исходное состояние.

9. Программа позволяет сохранять в текстовые файлы исходные данные и результаты расчётов. Для того, чтобы вызвать диалог сохранения, необходимо после осуществления расчёта нажать на кнопку «Сохранить как...» или на клавиатуре нажать Ctrl + S.

10. В поля ввода исходных данных записываются целые и дробные числа. Вводить значение чисел текстом (например, «сто») не допус-

кается – в противном случае программа выведет окно, в котором сообщит об ошибке ввода. Сообщение об ошибке не будет выведено при попытке ввести значение со знаком «+» перед цифрами. При вводе знак «плюс» подразумевается, его писать не нужно. При расчёте отрицательные числа не используются, их вводить не следует. Не допускается оставлять незаполненные поля ввода.

Операционные системы Windows с русской локализацией по умолчанию используют для отделения дробной части числа от целой разделительную запятую. Однако операционную систему можно настроить так, что разделительной будет точка. Международные (англоязычные) версии Windows по умолчанию используют разделительную точку. Если операционная система использует разделительную запятую, то и в программе «LC-filter 5.0.0.0» следует пользоваться запятой, а если система использует точку – то точкой. Исходя из вышесказанного, при вводе чисел следует учитывать настройки вашей операционной системы.

Определить тип разделительного знака можно, введя дробное число в стандартную программу «Калькулятор».

11. Какие библиотеки использует «LC-filter 5.0.0.0»? Программа использует 10 динамических библиотек производства корпорации Майкрософт:

advapi32.dll (613 Кбайт) – расширенная библиотека API Windows 32;

comctl32.dll (544 Кбайт) – common controls library;

comdlg32.dll (272 Кбайт) – библиотека общих диалоговых окон;

gdi32.dll (244 Кбайт) – GDI client DLL;

kernel32.dll (914 Кбайт) – библиотека клиента Windows NT BASE API;

ole32.dll (1,22 Мбайт) – Microsoft OLE для Windows;

oleaut32.dll (556 Кбайт) – Microsoft OLE 3.50 for Windows NT^(TM) and Windows 95^(TM) Operating Systems;

shell32.dll (7,96 Мбайт) – общая библиотека оболочки Windows;

user32.dll (547 Кбайт) – библиотека клиента USER API Windows XP;

version.dll (16 Кбайт) – version checking and file installation libraries.

Размер библиотек указан для системы Windows XP Home Edition.

Общий размер библиотек 12,82 Мбайт. Все эти библиотеки являются системными и присутствуют в Вашей операционной системе сразу после типовой инсталляции последней. Если какой-либо из библиотек в системе нет – значит, с операционной системой не всё в порядке.

Литература

(на указанных страницах в данных книгах есть материал по LC-фильтрам)

1. Артамонов Б. И., Бокуняев А. А. Источники электропитания радиоустройств: Учебник для техникумов. – М.: Энергоиздат, 1982. – 296 с., ил. (Страницы 54 – 68).
2. Белопольский И. И., Гейман Г. В., Краус Л. А., Лапиров-Скобло М. М., Тихонов В. И. Проектирование источников электропитания радиоаппаратуры. – М.: Энергия, 1967. – 304 с., ил. (Страницы 112 – 139).
3. Белопольский И. И., Пикалова Л. Г. Расчёт трансформаторов и дросселей малой мощности. – М. – Л.: Госэнергоиздат, 1963. – 272 с., ил. (Страницы 230 – 237).
4. Векслер Г. С. Электропитание спецаппаратуры. – Киев.: Издательское объединение «Вища школа», 1975. – 376 с., ил. (Страницы 130 – 147).
5. Вересов Г. П. Электропитание бытовой радиоэлектронной аппаратуры. – М.: Радио и связь, 1983. – 128 с., ил. (Страницы 50 – 55).
6. Гайно Е., Москатов Е. Радиоловительские расчёты на компьютере. – Радио, 2005, №6, с. 55, 56, №7, с. 55, 56.
7. Источники вторичного электропитания. / В. А. Головацкий, Г. Н. Гулякович, Ю. И. Конев и др.; под редакцией Ю. И. Конева. – 2-е издание, переработанное и дополненное. – М.: Радио и связь, 1990. – 280 с., ил. (Страницы 103 – 105).
8. Источники электропитания радиоэлектронной аппаратуры: Справочник / Г. С. Найвельт, К. Б. Мазель, Ч. И. Хусаинов и др.; под ред. Г. С. Найвельта. – М.: Радио и связь, 1986. – 576 с., ил. (Страницы 160 – 165, 391).
9. Китаев В. Е., Бокуняев А. А., Колканов М. Ф. Электропитание устройств связи. Под редакцией В. Е. Китаева. Учебник для вузов. – М.: Связь, 1975. – 328 с., ил. (Страницы 166 – 176).

10. Китаев В. Е., Бокуняев А. А. Проектирование источников питания устройств связи. Учебное пособие. – М., Связь, 1972. – 200 с., ил. (Страницы 65 – 69).
11. Першин В. Расчёт сглаживающего фильтра выпрямителя. – Радио, 2005, №4, с. 56 – 58.
12. Писарев А. Л., Деткин Л. П. Управление тиристорными преобразователями (системы импульсно-фазового управления). – М.: Энергия, 1975. – 264 с., ил. (Страницы 159 – 162).
13. Розанов Ю. К. Основы силовой преобразовательной техники: Учебник для техникумов. – М.: Энергия, 1979. – 392 с., ил. (Страницы 130 – 141).
14. Справочная книга радиолюбителя – конструктора: В 2-х книгах. Книга 1. А. А. Бокуняев, Н. М. Борисов, Е. Б. Гумеля и др.; под ред. Н. И. Чистякова. – 2-е издание, исправленное. – М.: Радио и связь, 1993. – 336 с., ил. – (Массовая радиобиблиотека; выпуск 1195). (Страницы 324 – 325).
15. Справочник радиолюбителя – конструктора. Составитель Р. М. Малинин. Издание 2-е, переработанное и дополненное. – М.: Энергия, 1978. – 752 с., ил. (Страницы 463 – 464).
16. Эраносян С. А. Сетевые блоки питания с высокочастотными преобразователями. – Л.: Энергоатомиздат. Ленинградское отделение, 1991. – 176 с., ил. (Страницы 125 – 128).