

ОПТИМИЗАЦИЯ ДРОССЕЛЕЙ ДЛЯ СХЕМ ККМ

ЧАРЛЬЗ УАЙЛЬД (CHARLES WILD), Precision, Inc.

Европейский Союз признал важность задачи увеличения коэффициента мощности и разработал стандарты, способствующие ее решению. В ближайшей перспективе схема коррекции коэффициента мощности (ККМ) будет востребована практически во всех приложениях. Оптимальный выбор дросселей для цепей ККМ связан с взаимоисключающими требованиями. В статье даются практические рекомендации по выбору этих компонентов, в т.ч. с помощью интерактивного калькулятора PL Product — разработки компании Precision.

Чрезмерное потребление электричества и невысокая эффективность компонентов более недопустимы. Повышение коэффициента мощности позволит увеличить полный электрический КПД системы и снизить ее потребление. До сих пор большинство применявшихся в схемах ККМ дросселей разрабатывалось под заказ, и потому их стоимость была высока, а время выхода на рынок — продолжительным. Применение интерактивных инструментов разработки для выбора характеристик компонентов позволяет установить оптимальный коэффициент мощности для стандартных дросселей.

Решение проблем, связанных с выбором коэффициента мощности, происходит разными путями. Однако не во всех случаях схема ККМ позволяет найти верное решение. Непонимание того, что представляет собой коэффициент мощности и какова его роль, может привести к неэффективному решению.

КОЭФФИЦИЕНТ МОЩНОСТИ

Коэффициент мощности (КМ) — мера того, насколько эффективно используется электрическая энергия. Этот показатель равен отношению активной и кажущейся мощности. Кажущаяся мощность является функцией полного импеданса (Z) цепи и векторной суммы активной и реактивной мощностей. На рисунке 1 показаны векторные соотношения между этими параметрами.

Активную мощность определяют диссипативные элементы — как пра-

вило, сопротивления (R), тогда как реактивную мощность — реактивные элементы цепи (X) (конденсаторы и катушки индуктивности). Поскольку кажущаяся мощность представляет собой произведение напряжения цепи на ток (без сдвига фаз между ними), она измеряется в единицах В·А.

Коэффициент мощности — реальный показатель эффективности потребления мощности цепи. В цепях, состоящих только из резистивных элементов, КМ равен 1. Корректор мощности цепей, в которых присутствуют емкостные или индуктивные элементы, ниже единицы. Из двух цепей, потребляющих одинаковое количество активной мощности, в цепи с меньшим КМ циркулируют большие токи за счет того, что энергия накопителя в нагрузке возвращается в источник питания. Эти большие токи приводят к более высоким потерям и снижению суммарного КПД. Цепь с меньшим КМ характеризуется большей кажущейся мощностью и большими потерями при той же активной мощности.

Коррекция коэффициента мощности позволяет увеличить его в цепи переменного тока путем добавления равной и противоположной нагрузки, нейтрализующей реактивное сопротивление цепи. Конденсаторы и дроссели добавляются таким образом, чтобы снизить индуктивные или емкостные составляющие нагрузки. Емкостное реактивное сопротивление нейтрализуется лишь за счет индуктивной составляющей, и наоборот. В результате сложения противоположных реактивных сопротивлений суммарный импеданс цепи становится равным ее общему сопротивлению. Другими словами, значения активной и кажущейся мощностей выравниваются, а КМ увеличивается до единицы.

Еще одной причиной, по которой необходима коррекция коэффициента мощности, являются требования международных стандартов, в первую

очередь, те из них, которые регламентируют использование оборудования в европейских странах. Европейский Союз установил ограничения на гармонические токи, которые могут появляться в цепях переменного тока импульсных источников питания. Стандарт EN61000-3-2 определяет применение источников тока с входной мощностью равной 75 Вт и выше при токах до 16 А. Источники питания с цепями ККМ, удовлетворяющие стандарту EN61000-3-2, характеризуются большими КМ величиной 0,97 и выше.

Большинство производителей микросхем в настоящее время использует «готовые» дроссели в выпускаемой продукции, которые не соответствуют требованиям схем ККМ, или дорогостоящие дроссели, изготовленные на заказ.

ВЫБОР МАТЕРИАЛА СЕРДЕЧНИКА

Дроссель, или элемент с реактивным сопротивлением, является пассивным электрическим компонентом, который накапливает энергию магнитного поля, созданного проходящим электрическим током. Способность дросселя запасать энергию магнитного поля определяется его индуктивностью. Как правило, дроссель представляет собой проводник в форме катушки, витки которой создают большое магнитное поле внутри нее в соответствии с законом Ампера. По закону Фарадея изменяющееся во времени магнитное поле приводит к возникновению напряжения, которое согласно закону Ленца препятствует изменению тока, породившего это напряжение.

Дроссели используются в составе фильтров в источниках питания или для блокировки сигналов переменного тока. Почти все типы дросселей применяются в схемах ККМ, но в этой публикации мы остановимся только на тороидальных дросселях. Эти компоненты обеспечивают лучшие характе-

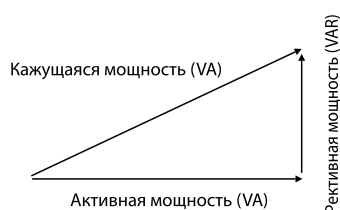


Рис. 1. Векторное представление мощностей цепи переменного тока

Таблица 1. Рекомендации по выбору магнитного сердечника

Характеристики	Подмагничивание за счет постоянной составляющей	Потери АС	Наименьшая стоимость	Мягкое насыщение*	Термостабильность
Наилучшие	High Flux	Ферритовый с зазором	Ферритовый с зазором	High Flux	Kool Mц
Лучшие	XFlux	MPP	Железный порошок	Kool Mц	High Flux
Лучшие	Слоистый кремнистый чугун	Слоистый аморфный металл	Kool Mц	MPP	MPP
Плохие	Слоистый аморфный металл	Kool Mц	XFlux	Iron Powder	

Таблица 2. Диапазон рабочих частот магнитных материалов

Материал сердечника	Диапазон частот
High Flux	до 50 кГц
MPP	до 200 кГц
Kool Mц	до 200 кГц
Железный порошок	до 25 кГц
Слоистый кремнистый чугун	до 10 кГц
Феррит с зазором	20 Гц...2 МГц
Слоистый аморфный металл	10...100 кГц
XFlux	до 25 кГц

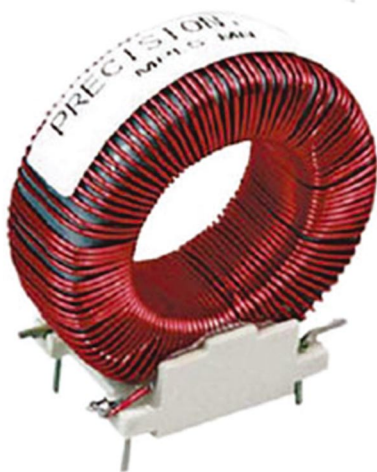


Рис. 2. Торoidalный дроссель с улучшенными монтажными характеристиками

ристки, чем другие типы дросселей. Торoidalные устройства имеют меньший объем, вес и генерируют меньше электромагнитных помех.

Теплообмен намотки торoidalного дросселя с окружающей средой более эффективен за счет того, что охлаждается пропорционально большая поверхность проводников. Торoidalная конструкция позволяет почти полностью избавиться от магнитного поля вне катушки, что снижает электромагнитные помехи относительно других дросселей равной номинальной мощности. Однослойная намотка витков на полный оборот вокруг сердечника обеспечивает хорошую индуктивную связь между витками и меньшую индуктивность рассеяния.

Торoidalные дроссели применяются в любом приложении, некритичном к форме этого компонента.

Сердечники торoidalных дросселей выполняются из разных материалов: кремнистой стали, железоникелевых сплавов, молибденпермаллового и железного порошков, ферритов и т.д. Изготавливаются также торoidalные дроссели с воздушными сер-

дечниками. Каждый сердечник из таких материалов как Kool mц, сендаст, Ni Flux, молибден-пермаллой и XFlux обеспечивает уникальное решение по частоте, допустимой мощности и подмагничиванию. В таблице 1 даны основные рекомендации по выбору материала сердечника.

Еще одним критерием выбора материала сердечника является диапазон рабочих частот этого материала. При определении рабочей частоты ищется компромисс между потерями и материалами сердечника и обмотки. Расчеты показывают, что сердечник работает вплоть до 300—400 кГц, но после 125 кГц его параметры ухудшаются. В таблице 2 приведены рекомендации относительно максимальной рабочей частоты для нескольких материалов сердечника.

В идеальном случае дроссель должен быть небольшим и недорогим. Однако при этом не должны пострадать его надежность или

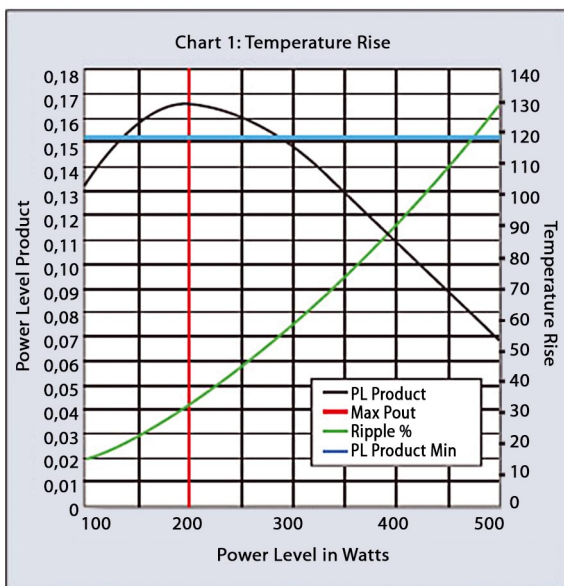


Рис. 3. Характеристики ККМ-дросселя

MLC CAPACITORS

Компания Syfer располагает завидным ассортиментом многослойных керамических конденсаторов. Первые MLC -конденсаторы с гибкими полимерными выводами FlexiCap™ скоро появятся на рынке.

Обширный опыт проектирования и производства позволяет компании регулярно обновлять и расширять свой ассортимент, включая заказную продукцию.

INNOVATIVE, WORLD-CLASS CERAMIC COMPONENTS

SYFER
A SYFER COMPANY

www.syfer.com

High Q capacitors

Safety Certified MLCs

Hi-Rel products

- Space
- IECQ-CECC
- AEC-Q200

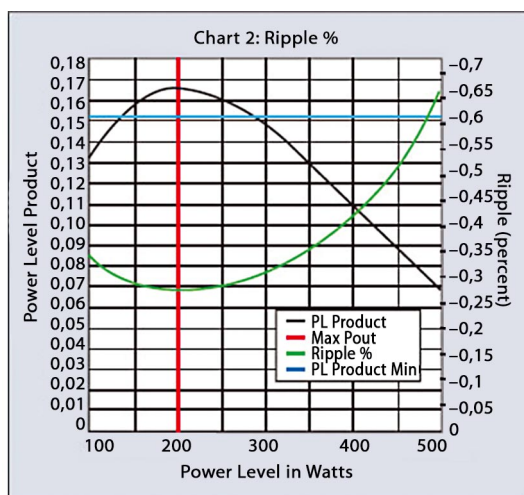


Рис. 4. Ожидаемая кривая пульсаций тока выбранного дросселя

основные характеристики. Сердечник должен иметь относительно низкую проницаемость, чтобы избежать подмагничивания постоянным током. Если в материале с высокой проницаемостью имеется зазор, следует учесть его расположение и возникающие потери. Чаще всего в этих случаях вместо феррита используются такие материалы с распределенным зазором как железный порошок, МРР, сендаст, КoolMц.

Монтаж тороидального дросселя упростился благодаря стандартизации держателей и методов установки. В зависимости от размера тороида для упрочения монтажа используются также эпоксидная смола, винты и крепления. Разработчик имеет возможность установить дроссель в вертикальном или горизонтальном положениях в зависимости от свободного пространства на плате или в корпусе. Например, при горизонтальной установке тороид занимает слишком большое место на плате, тогда как в некоторых других приложениях вертикальный монтаж этого компонента невозможен из-за ограничений по высоте. На рисунке 2 показан тороидальный дроссель с

улучшенными монтажными характеристиками.

Одной из причин сложного проектирования цепей ККМ является необходимость понимания инженером рабочих характеристик дросселя и его влияние на цепь ККМ при изменении критериев построения цепи. Выбор дросселя по-прежнему зависит от рабочего режима, диапазона частот, максимальной выходной мощности, КПД, максимального и минимального значений переменного напряжения, выходного напряжения и тока пульсаций. Как правило, наиболее важным фактором, определяющим окончательный выбор, является размер и стоимость дросселя, а не оптимальные параметры дросселя. Разработчик должен балансировать между различными и подчас противоположными требованиями. В таком случае выбирается приоритетная характеристика.

Несколько компаний разработало стандартные дроссели, предназначенные для ККМ источников питания. Например, линейка ККМ-дросселей одной компании основана на методе работы в режиме непрерывной про-

водимости ССМ (continuous conduction mode) с рабочей частотой 100 кГц, КПД = 92%, $V_{IN} = 85...265$ В, $V_{OUT} = 385$ В. При этом был стандартизован не только собственно дроссель, но и его процесс выбора.

На Форуме АРЕС 2010 компания Precision представила свою разработку — интерактивный инструмент PL Product, позволяющий начинающим инженерам ускорить оценку и выбор дросселей, которые используются в ККМ-цепях. Как правило, ККМ-дроссели выбираются с учетом ряда параметров схемы, т.е. минимального напряжения цепи, частоты переключения, тока пульсаций, выходного постоянного напряжения и т.д. С одной стороны, такой подход оптимизирует выбор дросселя, а, с другой, он затрудняет понимание взаимосвязи и поиск компромисса между параметрами цепи и дросселя. Инструмент PL Product позволяет обойти эти трудности путем разделения выходной мощности и индуктивности, определяющих ток пульсаций в ККМ-схеме. С помощью этого инструмента инженер делает оптимальный выбор, не вникая в противоречивые проблемы. На рисунке 3 представлены характеристики выбираемого дросселя. На рисунке 4 смоделирована кривая пульсаций тока выбранного дросселя.

Инженеры компании Precision разработали также интерактивный калькулятор PL Product (<http://pfc.precision-inc.com>) — программное обеспечение, с помощью которого разработчик определяет характеристики ККМ-дросселей в заданном диапазоне выходной мощности. Использование подобных инструментов и промышленных стандартов на дроссели поможет снизить стоимость решений и будет способствовать повышению КПД системы.

ЛИТЕРАТУРА

1. D. Michael Shields. *A Practical Approach to Boost CCM Power Factor Corrector Design.*
2. Welly Chou. *PL product tool.*

НОВОСТИ ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ

НАЧИНАЮЩАЯ КОМПАНИЯ ЗАЯВИЛА ОБ АЛЬТЕРНАТИВЕ NFC | Компания Naratte разработала метод отправки информации с помощью ультразвука. Данная технология представляет собой альтернативу NFC компании NXP, т.к. может использоваться в системах мобильных платежей. Новая технология носит название Zoosh.

Naratte заявила, что обработчик транзакций SparkBase уже применяет Zoosh в приложении PayCloud. Другие приложения, которые находятся в процессе разработки, включают платежи с телефона на телефон, с телефона на точку продажи, цифровые талоны, Bluetooth-контакт и т.д.

К настоящему времени число проектов с применением NFC увеличилось многократно, однако большинство из них еще не вышло из пилотной стадии. Развитие этого направления сдерживает нехватка устройств, оснащенных специальными кристаллами. Технология Zoosh предлагает альтернативу, которая, сохраняя преимущества NFC, позволяет использовать уже присутствующие на рынке устройства после обновления их программного обеспечения.

Zoosh основана на использовании ультразвука, который человеческое ухо не воспринимает, а также алгоритмов собственной разработки компании. Звук воспроизводится как стандартный MP3-файл на ограниченном расстоянии с использованием уникального ID.