

КЛЮЧЕВОЙ ЭЛЕМЕНТ ЭФФЕКТИВНЫХ ИМПУЛЬСНЫХ ИСТОЧНИКОВ ПИТАНИЯ ИНДУКТИВНОСТИ ДЛЯ ПОВЕРХНОСТНОГО МОНТАЖА КОМПАНИИ WÜRTH ELEKTRONIK

Ю.Ковалевский, И.Медведев¹

УДК 621.318.43,
621.314
ВАК 05.27.00

Трудно назвать такую область современной электроники, в которой не уделялось бы внимание снижению энергопотребления. Тенденция к уменьшению потребляемой мощности ставит перед разработчиками источников вторичного питания задачу повышения КПД создаваемых ими устройств. В частности, это приводит к широкому использованию различных импульсных схем преобразователей, эффективность которых значительно выше, чем у традиционных линейных стабилизаторов.

Однако высокий КПД – далеко не единственное требование к современным преобразователям. Они должны также обеспечивать электромагнитную совместимость (ЭМС) и высокое качество питания с минимальными пульсациями. Кроме того, задача уменьшения габаритных размеров вызывает необходимость применения миниатюрных компонентов, а в сочетании со стремлением к автоматизации производства это приводит к все более широкому использованию компонентов поверхностного монтажа.

С этих точек зрения, критичным элементом силовых устройств, в том числе импульсных источников питания (ИИП), являются электромагнитные компоненты – трансформаторы и индуктивности. В импульсных схемах индуктивности играют в основном две роли: элементов фильтров и накопителей энергии. В особенности во втором случае их режим работы достаточно жесткий: через обмотку протекает высокий ток, в момент коммутации образуются скачки высокого напряжения – и эти условия тем сложнее, чем выше номинальная мощность источника питания. Поэтому оптимальный подбор параметров индуктивностей является одним из важнейших вопросов в разработке

эффективного ИИП, способного обеспечить качественное питание электронного устройства.

КПД ИИП в первую очередь связан с потерями в индуктивности – накопителе энергии, которые возникают в проводе и в сердечнике дросселя. Потери в проводе (также часто называемые потерями в меди) можно разделить на потери по постоянному (P_{DC}) и переменному (P_{AC}) току.

Первые определяются активным сопротивлением витков и не зависят от частоты. Их оценить не сложно исходя из простой формулы:

$$P_{DC} = I^2 \cdot R_{DC},$$

где I – ток в обмотке, R_{DC} – активное сопротивление обмотки.

Потери в меди второго типа, в основе которых лежат в основном такие явления, как скин-эффект и влияние близости обратного провода, зависят от частоты. Для их оценки существует ряд методов, но они связаны с достаточно сложными процедурами [1].

Поскольку обычно требуемую индуктивность, а следовательно габаритные размеры дросселя, как для накопителя энергии, так и для фильтра можно уменьшить, повысив частоту коммутации ИИП, растущие требования к миниатюризации приводят к применению все

¹ ivan.medvedev@symmetron.ru.

более высоких частот работы преобразователей. Рабочие частоты типичных современных интегральных схем для ИИП достигают сотен килоггерц и даже единиц мегагерц [2]. С повышением частоты доля потерь на переменном токе в общих потерях в меди играет существенную роль и даже может превышать потери на постоянном токе [3].

Потери в сердечнике связаны с магнитными свойствами его материала, прежде всего с петлей гистерезиса, а также с вихревыми токами, если материал проводящий. Их оценка исторически проводилась на основе моделей Штейнметца [1, 3] с использованием констант, определявшихся опытным путем для различных материалов сердечника. Однако этот расчет обладает рядом недостатков и в прикладных задачах часто не способен обеспечить высокую точность оценки [3].

Таким образом, с практической точки зрения для относительно точной оценки общих потерь в индуктивности до изготовления прототипа наиболее целесообразно применение моделей, созданных самими производителями компонентов на основе измерений, производимых на конкретном компоненте при известных условиях.

Но несмотря на вышесказанное, потери в меди по постоянному току вносят достаточно существенный вклад, поэтому при первичном выборе индуктивности необходимо уделять внимание активному сопротивлению обмотки. Помимо того, что мощность, теряемая из-за активного сопротивления, снижает КПД ИИП, она приводит к нагреву компонента, снижая тем самым индуктивность.

Малые размеры индуктивности, ее способность накапливать энергию и активное сопротивление часто находятся в противоречии. При одинаковом размере компонента меньшее активное сопротивление, как правило, означает меньшую номинальную индуктивность. Однако если компонент экранированный, то при той же индуктивности его активное сопротивление будет ниже [2].

Также следует обратить внимание на то, что такие важные параметры при выборе индуктивности для ИИП, как номинальный ток и ток насыщения, могут иметь различные определения у разных производителей.

При выборе индуктивности, максимально приближенной по параметрам к оптимальной, необходимо учитывать

также вопросы снижения стоимости компонента и повышения технологичности операции его установки на плату, что можно обеспечить путем использования серийно выпускаемых изделий, предназначенных для поверхностного монтажа. Если относительно недавно выбор представленных на рынке SMT-индуктивностей был достаточно ограниченный, сейчас ряд ведущих производителей предлагает широкий спектр таких компонентов с различными параметрами.

Одной из этих компаний является Würth Elektronik. В частности, компания предлагает серию индуктивностей для поверхностного монтажа WE-HCI (рис.1) с плоским проводом обмотки, которая позволяет получить близкие к оптимальным соотношения размера компонента, индуктивности и активного сопротивления. Серия имеет магнитное экранирование и отличается малым полем рассеяния и низкими потерями на высоких частотах.

Эти индуктивности обладают высокими значениями номинального тока и тока насыщения и предназначены для применения в ИИП с большим номинальным током, DC-DC преобразователях, многофазных импульсных стабилизаторах, фильтрах и др.

Еще одна серия индуктивностей от Würth Elektronik, предназначенная для работы на высоких токах – WE-HCC, выпускаемая в корпусах формы, близкой к кубической (рис.2). Эти компоненты также имеют магнитное экранирование, а номинальный ток в серии достигает 27 А. Благодаря отличным характеристикам по насыщению эти индуктивности могут с успехом применяться в различных фильтрах, в том числе в схемах ИИП и устройствах управления двигателями.

Серия поверхностно-монтажных индуктивностей с магнитным экранированием WE-LHMI (рис.3) обладает широким спектром номинальных значений – от 0,1 до 100 мкГн – и отличается способностью работать в условиях больших выбросов тока в переходных процессах и крайне низким полем рассеяния. Эта компактная серия может применяться в DC-DC преобразователях с высоким номинальным током, в ИИП для ПЛИС, в схемах носимых устройств с питанием от аккумулятора, в преобразователях в точках потребления (Point of Load – POL) и др.



Рис.1.
Индуктивности
серии WE-HCI



Рис.2.
Индуктивности
серии WE-HCC



Рис.3.
Индуктивности
серии WE-LHMI



Рис.4. Новые
индуктивности
серии WE-HCF
в корпусе 2815

В июне 2017 года компания Würth Elektronik расширила линейку индуктивностей для поверхностного монтажа с магнитным экранированием серии WE-HCF. Эта серия предназначена для использования в схемах с высокими токами и обладает очень низкими потерями в сердечнике благодаря применению марганцево-цинкового феррита. Основными областями применения данных компонентов являются DC-DC преобразователи с высоким КПД, однофазные и многофазные понижающие преобразователи постоянного напряжения, фильтры для аудиоустройств.

Новые компоненты, дополнившие серию (рис.4), выпускаются в корпусах 2815 (27,0 × 28,0 × 15,4 мм). Этот корпус занимает промежуточное положение между другими корпусами серии: 2013 (21,8 × 21,5 × 14,5 мм) и 2818 (28,5 × 27,5 × 18,5 мм). Компоненты представляют собой новый шаг в улучшении характеристик поверхностно-монтажных индуктивностей, обладая номинальным током, превышающим данный параметр компонентов в корпусе 2013 на величину до 50%.

В таблице представлена некоторая информация о сериях WE-HCI, WE-HCC, WE-LHMI и WE-HCF, дающая о них общее представление. Характеристики конкретных компонентов компании Würth Elektronik и условия их измерения приводятся в документации, доступной на сайте компании (<http://www.we-online.com/>).

Данные о характеристиках серий индуктивностей WE-HCI, WE-HCC, WE-LHMI и WE-HCF

Серия	Номинальная индуктивность, мкГн		Номинальный ток, А		Активное сопротивление обмотки, тип., мОм		Диапазон рабочих температур, °С
	от	до	от	до	от	до	
WE-HCI	0,13	82	3,5	41,5	0,37	34,5	-40 ... +125/+150/+155
WE-HCC	0,22	10	4,4	27	1,1	38,5	-40 ... +125
WE-LHMI	0,1	100	1	32,5	0,51	470	-40 ... +125
WE-HCF	0,7	47	12	36	0,83	12,2	-40 ... +125

Кроме того, компания Würth Elektronik разработала онлайн решение для выбора и симуляции компонентов REDEXPERT, позволяющее в том числе рассчитывать с высокой точностью общие потери в индуктивностях компании.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Ranjith Bramanpalli**, Accurate Inductor Loss Determination Using Würth Elektronik's REDEXPERT, http://www.we-online.com/web/en/index.php/download/media/07_electronic_components/download_center_1/application_notes_berichte/exakte_bestimmung_von_spulenverlusten/Accurate_Inductor_Loss.pdf
2. Power Inductors – 8 Design Tips, http://www.we-online.com/web/en/index.php/download/media/07_electronic_components/download_center_1/application_notes_berichte/8_design_tipps_zur_speicherdrosselauswahl/8_Design_Tipps.pdf
3. **Alexander Gerfer, Ranjith Bramanpalli, Jochen Baier**, Determination of the Ideal Power Inductor for Energy-efficient Applications, http://www.we-online.com/web/fr/index.php/download/media/07_electronic_components/download_center_1/application_notes_berichte/anp031anp031_speicherinduktivitaet_fuer_energieeffiziente_anwendungen/ANP031_EN_Determination_of_the_Ideal_Power_Inductor.pdf
4. Материалы сайта <http://we-online.com/>