

МИКРОСХЕМЫ ДЛЯ ИМПУЛЬСНЫХ ИСТОЧНИКОВ ПИТАНИЯ ЭКОНОМИЧНЫЙ ДЕЖУРНЫЙ РЕЖИМ РАБОТЫ



Ю.Петропавловский
petropavlovski@inbox.ru

Значительная часть вырабатываемой в мире электроэнергии потребляется в режиме ожидания (Standby Power). Устройства, эксплуатируемые в этом режиме, разрабатываются, производятся и продаются в разных странах, поэтому решения по снижению их энергопотребления требуют координации на международном уровне. Вот почему Международное энергетическое агентство МЭА (IEA/AIE) в 1999 году предложило всем странам принять так называемый "План одного ватта" (The IEA "1-watt Plan"). План предусматривает проведение согласованных мер (в том числе и политических) по снижению энергопотребления в режиме ожидания до уровня не более 1 Вт. С момента ввода в действие "Плана одного ватта" проблема получила международный статус. И сегодня во многих правительственных заявлениях, касающихся национальной политики в области энергосбережения, упоминается проблема мощности, потребляемой в режиме ожидания. Регулярно проводятся координируемые МЭА международные конференции и семинары по обмену информацией и координации деятельности в этом направлении [1]. В техническом отношении снизить потребление электроэнергии различной бытовой техники в режиме ожидания можно за счет повышения КПД импульсных источников питания (ИИП, Switched Mode Power Supply) с ШИМ-управлением, работающих с небольшой нагрузкой (до 40–50% и менее). В последние годы многие производители полупроводниковых приборов разрабатывают и выпускают микросхемы для ИИП с малым энергопотреблением, эффективность которых при малых нагрузках существенно улучшена. Что же достигнуто к настоящему времени?

Потребляемая в режиме ожидания энергия большинства электронных устройств в основном составляет 0,5–10 Вт. При этом число устройств, работающих в этом режиме, велико. В каждом доме в любой стране мира имеется около двух десятков приборов, непрерывно потребляющих энергию в режиме ожидания. Это устройства с дистанционным управлением и внешними источниками энергии (или адаптерами), постоянно работающие цифровые дисплеи и светодиоды, множество крупногабаритных систем, например кондиционеры. В результате энергия, потребляемая в режиме ожидания электроприборами дома, может составлять 5–10% их общего энергопотребления. К тому же на энергию, потребляемую в режиме ожидания, приходится примерно 1% глобальных выбросов диоксида углерода (рис.1) [2]. Согласно "Плану одного ватта", страны-участницы должны принимать одинаковые определения и процедуры проверки, проводя политику и мероприятия, соответствующие их национальным особенностям. В результате к 2010 году энергопотребление всех электронных устройств в режиме ожидания не должно превышать 1 Вт. Такие международные организации, как G8, Азиатско-Тихоокеанское партнерство (АТР), Азиатско-Тихоокеанское экономическое сотрудничество (АЭС), Комиссия ООН по устойчивому развитию (СД) и другие призвали правительства стран взять на себя повышенные обязательства по выполнению "Плана одного ватта" МЭА и других подобных программ.

Сегодня процедура измерения и контроля электропотребления в режиме ожидания, одобренная Международной электротехнической комиссией (стандарт IEC62301), широко применяется. Ряд стран утвердили нормативные требования к энергопотреблению в режиме ожидания для многих видов изделий, в некоторых странах активно рассматривается возможный нормативный подход к этой проблеме. В Европе были добровольно введены нормативы на энергопотребление в режиме ожидания встроенных электроустройств, декодеров кабельного телевидения и широкополосных модемов. В России реализация планов по внедрению наземного цифрового телевидения DVB-T потребует большого числа приставок к аналоговым телевизорам, время работы которых в режиме ожидания велико. Например, в Мордовии, где цифровое

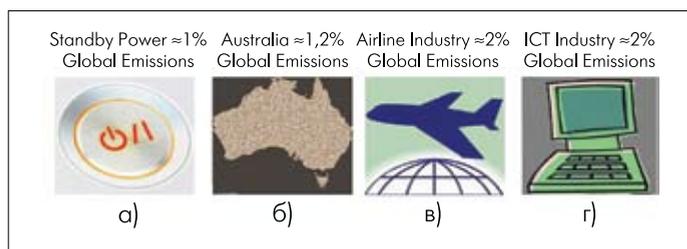


Рис. 1. Сравнительные доли выбросов диоксида углерода электронными системами при работе в режиме ожидания: глобальных (а); в Австралии (б); устройств авиационной (в) и компьютерной техники (г)

эфирное теле- и радиовещание началось в 2006 году, сейчас зарегистрировано более 60 тыс. абонентов [3].

В настоящее время существует более 40 видов изделий, работающих в режиме ожидания, и число их непрерывно растет. К тому же, для некоторых из них традиционные границы перехода в режим ожидания стали расплывчатыми, поэтому дать определение каждому из таких устройств становится все сложнее. Для решения этой проблемы МЭА предложен так называемый "горизонтальный" стандарт, т.е. установление единых требований к энергии, потребляемой в режиме ожидания, для всех видов устройств, кроме небольшого числа исключений. К числу исключенных из "горизонтального" стандарта изделий МЭА считает возможным отнести уже охваченные стандартами энергоэффективности системы, процедура испытаний которых учитывает энергопотребление в режиме ожидания, и изделия с особыми характеристиками, которые усложняют процесс выполнения требований "горизонтального" стандарта. При этом ни один из видов устройств не может быть исключен из стандарта окончательно, дается лишь отсрочка, на время которой устанавливается промежуточный уровень энергопотребления.

В последнее время новые технологии позволяют существенно уменьшить энергопотребление ряда бытовых электронных приборов в режиме ожидания при сохранении всех их функций, необходимых потребителю. Наиболее важные инновации — высокоэффективные источники питания, в первую очередь ИИП, а также усовершенствованные конструкции электронных схем.

Микросхемы для импульсных источников питания, подключаемых к сетям переменного тока (SMPS), выпускают десятки производителей полупроводниковых приборов, и разработчикам источников питания бывает непросто выбрать конкретные типы микросхем SMPS, так как основные параметры и характеристики многих микросхем различных производителей достаточно схожи. По-видимому, одним из критериев выбора той или иной микросхемы может быть возможность ее применения ведущими производителями бытовой электронной аппаратуры и офисной техники, энергопотребление которых в режиме ожидания не превышает 1 Вт. В России к наиболее массовым видам продукции, работающей в режиме ожидания, относятся телевизоры, компьютеры и мониторы, DVD-проигрыватели и рекордеры, спутниковые тюнеры (в будущем и телевизион-

ные цифровые приставки DVB-T^{*}), различные аппараты для воспроизведения звука и др. Чтобы определить возможность применения микросхем в ИИП, автор проанализировал сервисную документацию нескольких десятков моделей DVD-проигрывателей и ЖК-телевизоров ведущих производителей бытовой видеотехники (Panasonic, Sony, Samsung, LG, JVC, крупнейшего китайского производителя бытовой электроники "BuBuGao" [4]^{**} и др.). В результате анализа выяснилось, что перечисленные производители предпочитают использовать в крупносерийной аппаратуре микросхемы для SMPS определенных изготовителей, в частности таких крупнейших полупроводниковых компаний, как Infineon, Sanken, ON-semiconductor, STM, NXP, Power Integration, Shindengen, International Rectifier и ряд других. Чем же привлекают системотехников изделия этих компаний?

КОМПОНЕНТЫ ИИП ВЕДУЩИХ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ КОМПАНИЙ

В каталоге 2009 года компании Infineon (Германия) фигурируют десятки типов микросхем для ИИП серий CoolSET-F2/CoolSET-F3, обеспечивающих экономичный дежурный режим [5]. К основным особенностям микросхем CoolSET-F2 относятся:

- применение в качестве выходных ключей полевых транзисторов CoolMOS^{***};
- небольшое число внешних компонентов ИИП;
- обеспечение экономичного дежурного режима, рекомендованного Европейской комиссией;
- наличие схемы защиты от перегрузки по току, напряжению, коротких замыканий и перегрева;
- малый уровень электромагнитных излучений.

Микросхемы серии CoolSET-F3 работают в активном прерывистом режиме (Active Burst Mode), который обеспечивает дальнейшее снижение потребляемой мощности. Микросхемы серии функционируют по схеме обратного преобразователя и содержат распределитель напряжения питания, ШИМ-контроллер с токовым управлением, схему прецизионной установки тока срабатывания схемы защиты, узел активного прерывистого режима, узел автоматического перезапуска, а также полевой транзистор, работающий в обедненном режиме, Depl. CoolMOS (рис.2).

Активный прерывистый режим работы микросхем CoolSET-F3 позволяет значительно сократить потребление электроэнергии в режиме ожидания, ток потреб-

^{*} DVB-T (Digital Video Broadcasting – Terrestrial) – стандарт наземного цифрового телевидения (ETSI TS101154), принятый в 1996 году и используемый в странах Европы, в том числе и в России.

^{**} Продукция компании получила в России широкое распространение под торговой маркой ВВК.

^{***} CoolMOSTM — зарегистрированная торговая марка Infineon полевых МОП-транзисторов с малыми потерями ("прохладный" полевой транзистор). Основные преимущества прибора в сравнении с обычными МОП-транзисторами: резкое снижение потребляемой мощности в проводящем состоянии, в 5–10 раз меньшее сопротивление транзисторов в открытом состоянии ($R_{ds(on)}$), низкое тепловыделение, что позволяет отказаться от использования радиаторов охлаждения. Так, сопротивление канала выпущенного в 2009 году транзистора этого семейства IPW90R120C3 на рабочее напряжение до 900 В и ток до 36 А составляет 0,12 Ом.

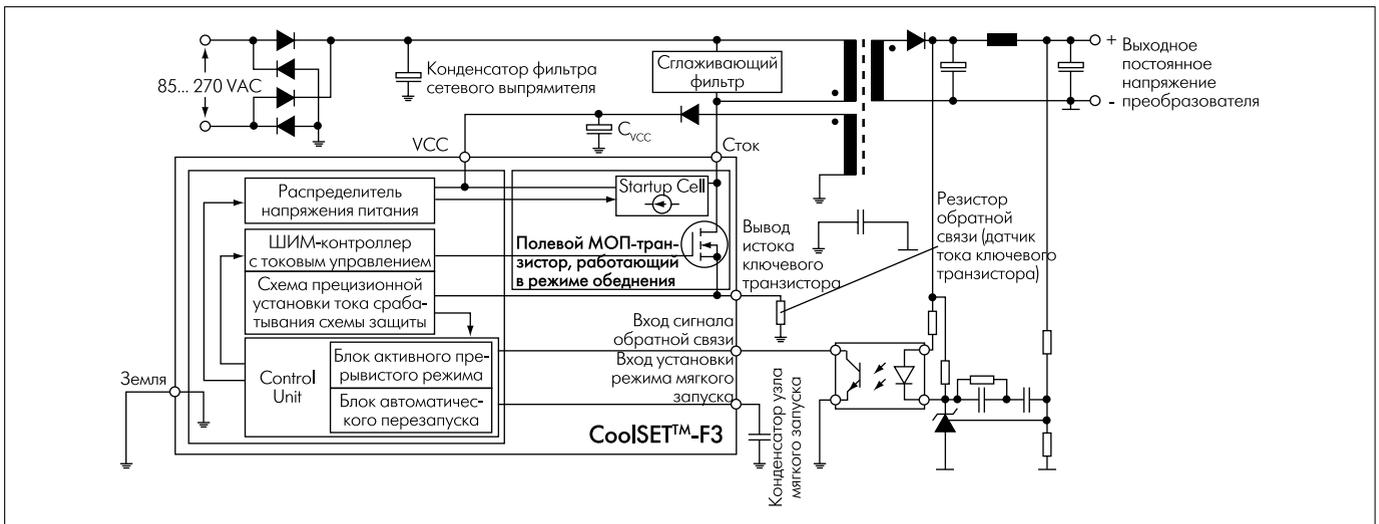


Рис.2. Типовая схема включения микросхем CoolSET

ления микросхем в этом режиме находится в пределах 0,95–1,25 мА. Потребляемая микросхемой мощность не превышает 100 мВт. В этом режиме микросхема отслеживает изменение тока нагрузки ИПП и при снижении потребляемой мощности до заданного уровня или при отключении нагрузки она автоматически переходит в экономичный режим ожидания. Устройство управления активным прерывистым режимом запускают Derp1. CoolMOS-транзисторы. В структуру этих транзисторов входят коммутирующие элементы Startup Cell, обеспечивающие подачу питания на схемы управления. Применение таких транзисторов позволяет обойтись без встроенного источника питания.

Несколько серий экономичных микросхем для ИПП – STR-W6750, STR-Y6700 – выпускает и компания Sanken (Япония). Основные особенности микросхем серии STR-W6750 (рис.3):

- блокирование импульсного генератора в режиме ожидания (Intermittent oscillation operation in standby mode), что позволяет уменьшить энергопотребление до 0,1 Вт и менее;
- помимо стандартного квазирезонансного режима переключения при нулевом напряжении (ПНН) работа в режиме со сдвигом нижнего уровня напряжения (Bottom-skip function), что обеспечивает высокий КПД при любых рабочих нагрузках (стандартные квазирезонансные ИПП в режиме ПНН при малых нагрузках источника питания переходит в режим жес-

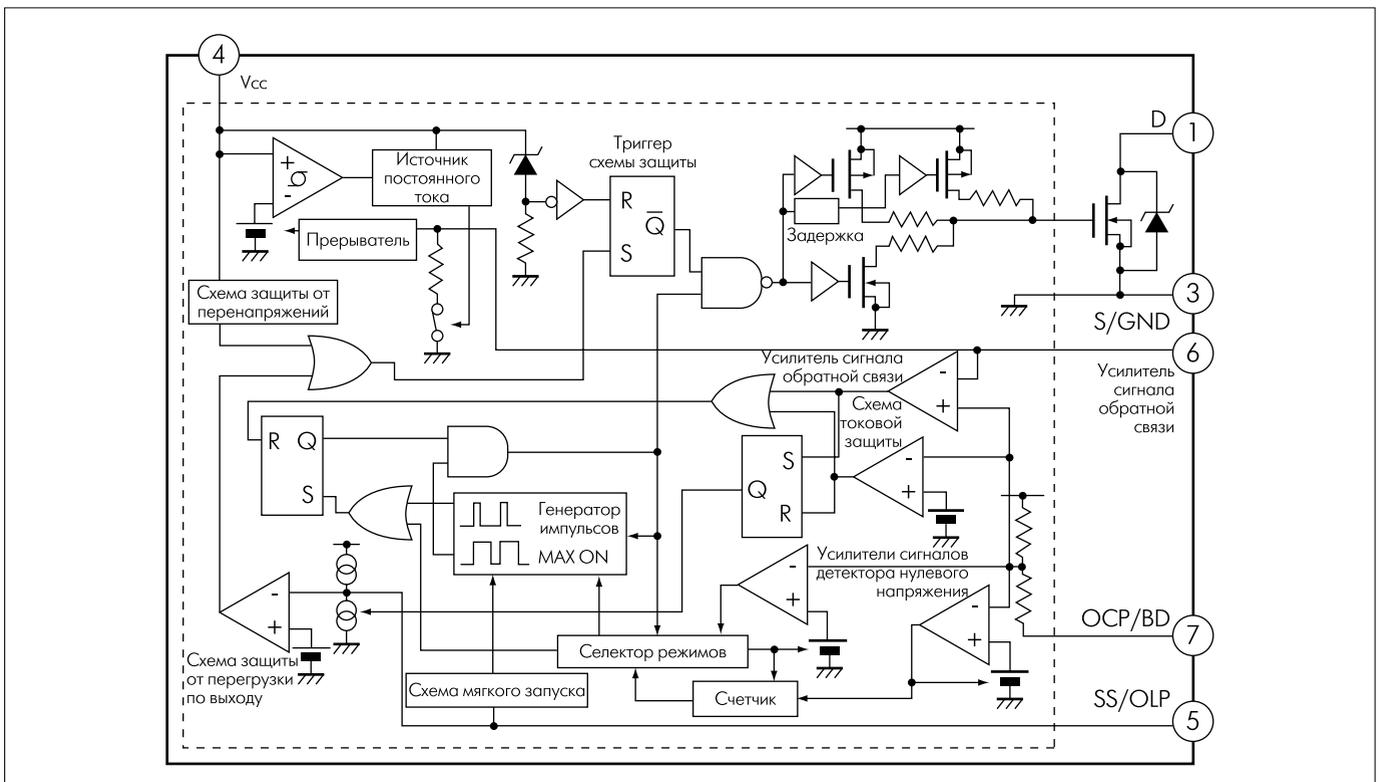


Рис.3. Структура микросхем серии STR-W6750

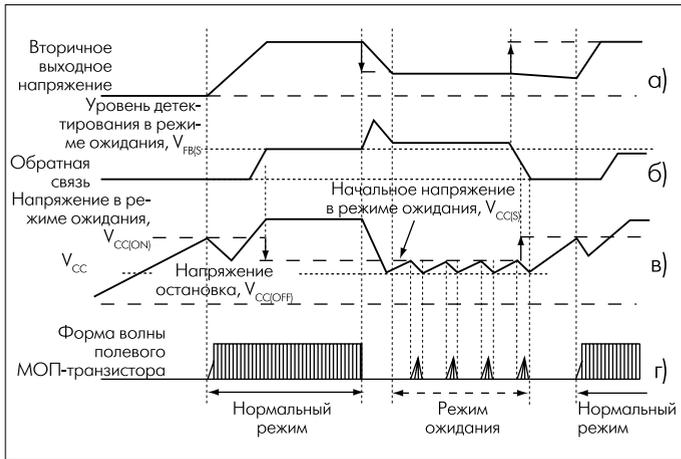


Рис.4. Временные диаграммы работы микросхем серии STR-W6750 в режиме ожидания

ткого переключения, режим Bottom-skip устраняет этот недостаток стандартного квазирезонансного ИИП);

- режим мягкого запуска (Soft-start operation) и шаговое управление напряжением затвора выходного полевого транзистора (Step-drive function), обеспечивающие узкий спектр и низкий уровень электромагнитных излучений.

Временные диаграммы, поясняющие работу источников питания на основе микросхем серии STR-W6750, приведены на рис.4. Переход микросхем в режим ожидания определяется значениями напряжения на выводах 6 (V_{fb} , рис.4б) и

4 (V_{cc} , рис.4в). Запуск микросхем происходит при увеличении напряжения питания на выводе V_{cc} до значения 16,3–19,9 В. При уменьшении нагрузки напряжение обратной связи увеличивается, и при $V_{fb(s)} = 1,32–1,58$ В источник питания временно выключается и переходит в режим ожидания. Подключенный к выводу V_{cc} конденсатор начинает заряжаться, и при напряжении $V_{cc(s)} = 10,3–12,1$ В происходит кратковременный запуск и формирование пачки импульсов на стоке выходного полевого транзистора (рис.4г), затем формируется следующая пачка и т.д. до момента увеличения нагрузки, означающего переход в рабочий режим. В результате потребляемая источником питания мощность в режиме ожидания уменьшается.

Микросхемы серии STR-W6750 компании предназначены для построения сетевых квазирезонансных импульсных источников питания (Off-Line Quasi-resonant Switching Regulators).

Еще большее снижение потребляемой импульсными источниками питания мощности обеспечивают микросхемы серии STR-Y6700 компании Sanken, производство которых началось в ноябре 2009 года. Основные особенности микросхем этой серии:

- мощность потребления в режиме ожидания – 30 мВт при напряжении сети 120 В и 50 мВт при напряжении 230 В;
- квазирезонансный режим с высоким КПД, малыми звуковыми шумами и низким уровнем электромагнитных излучений;

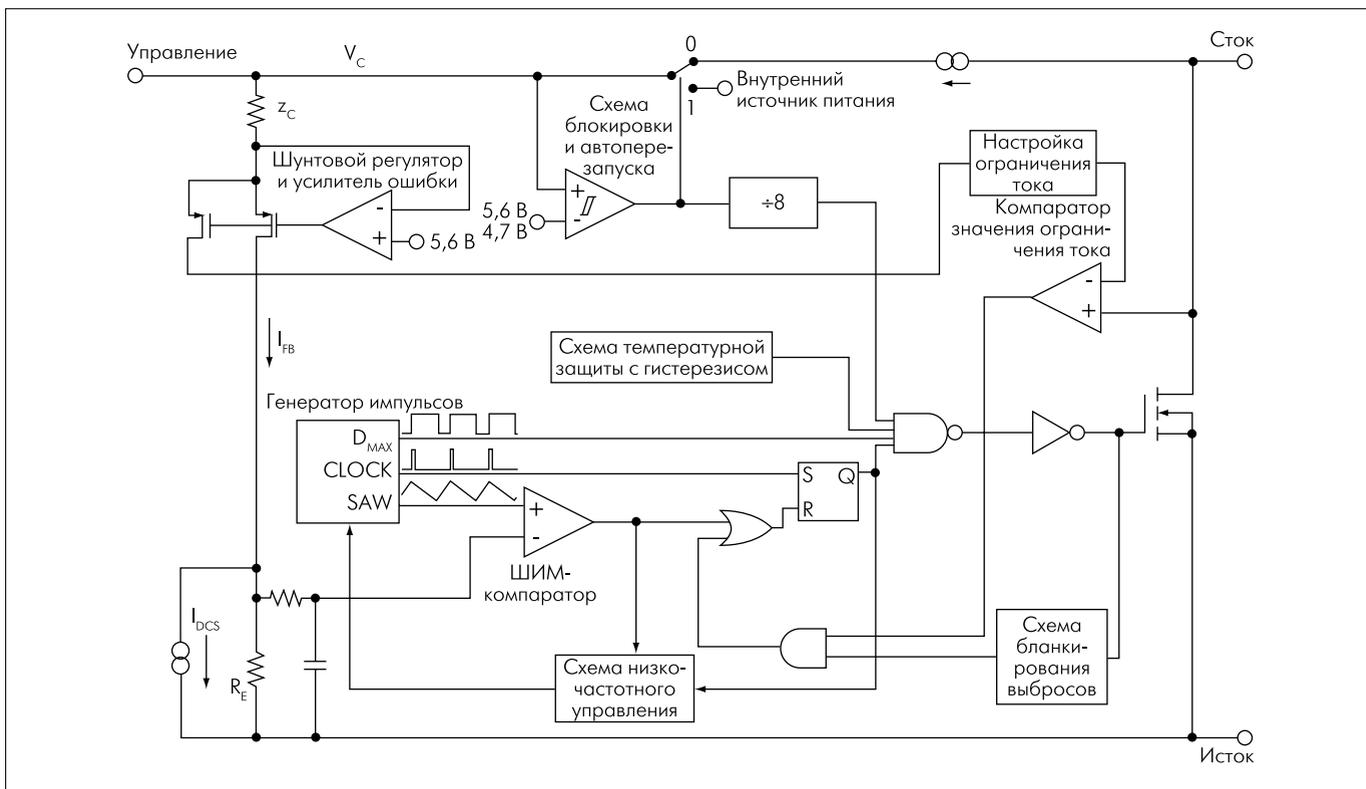


Рис.5. Структура микросхем LNK500/501/520

- режим сдвига нижнего уровня для повышения КПД при средних и малых нагрузках;
- автоматическое включение дежурного режима при снижении или отключении нагрузки;
- низкий уровень шума, создаваемого импульсным трансформатором;
- наличие схем защиты: от перенапряжений, перегрузки по выходу, импульсному току выходного полевого транзистора, от перегрева и коротких замыканий обмоток

импульсного трансформатора;

- функция поддержания постоянного напряжения смещения (Bias Assist Function), обеспечивающая работу источников питания в дежурном режиме при снижении сетевого напряжения до 80 В и менее.

Большую номенклатуру экономичных микросхем для ИИП, в том числе для сетевых адаптеров (зарядных устройств) мобильной аппаратуры, выпускает компания Power Integrations (США). В каталоге компании 2009 года представлено несколько

Основные параметры микросхем серий ICE3xxx, STR-Wxxx, STR-Yxxx, LNKxxx

Производитель	Микросхема	$P_{\text{вых}}$, Вт	$R_{\text{дсон}}$, Ом	$P_{\text{потр. деж.}}$, Вт	$I_{\text{потр. деж.}}$, мА	$F_{\text{перекл.}}$, кГц
Infineon Technologies	ICE3A0565Z	25	4,7	0,1	0,95–1,25	100
	ICE3B1565	42	1,7	0,1	0,95–1,25	67
	ICE3B2565	68	0,65	0,1	0,95–1,25	67
	ICE3A2065P	102	3	0,1	0,95–1,25	100
	ICE3B5565P	240	0,79	0,1	0,95–1,25	67
Sanken	STR-W6251D	45	3,95	0,1	0,8–1,3	67
	STR-W6253MD	80	1,9	0,1	0,8–1,3	50
	STR-W6753	120	1,7	0,1	Не нормируется	22
	STR-W6756	240	0,73	0,1	Не нормируется	22
	STR-Y6756	130	0,6	0,05	–	–
	STR-Y6766	120	1,7	0,05	–	–
Power Integrations	LNK500P/G	3,5	28	0,3	Не нормируется	42
	LNK623PG/DG	6	24	0,2	Не нормируется	100
	LNK562P/G	1,9	48	0,15	Не нормируется	66
	LNK564P/G	3	48	0,15	Не нормируется	100



ко микросхем семейства зарегистрированной торговой марки LinkSwitch. Основные области применения этих микросхем: зарядные устройства для сотовых и беспроводных телефонов, цифровых фотокамер, MP3 плееров, приемников GPS и других мобильных устройств, а также источники питания осветительных приборов на светодиодах.

Микросхемы LNK500/501/520 семейства LinkSwitch – эффективные ключевые преобразователи со стабилизацией по напряжению или по напряжению и току (рис.5). Основные особенности источников питания на этих микросхемах:

- питание от сетей на диапазон напряжений 85–265 В, что позволяет использовать адаптеры в любой стране мира;
- простая схема включения;
- наличие интегрированной схемы автоперезапуска;
- блоки защиты по току и температуре;
- частота ШИМ-сигналов 42 кГц, что позволяет использовать простые помехоподавляющие фильтры;
- потребляемая мощность в отсутствии нагрузки не более 0,3 Вт;
- монтаж в корпуса типа DIP-8В, SMD-8В, позволяющие микросхемам работать в закрытых корпусах адаптеров без радиаторов охлаждения;
- низкая цена и малое число внешних элементов.

Рассмотренные микросхемы для импульсных источников питания удовлетворяют требованиям "Плана одного ватта" МЭА и могут быть использованы в экономичной мобильной и стационарной аппаратуре самого различного назначения. Основные параметры ряда микросхем компаний Infineon (ICE3xxx), Sanken (STR-Wxxx, STR-Yxxx) и Power Integrations (LNKxxx), представленных в их каталогах 2009 года, приведены в таблице.

ЛИТЕРАТУРА

1. Standby Power Use and the IEA "1-watt Plan", Fact Sheet, April 2007, www.iea.org/textbase/papers/2007/standby_fact.pdf
2. Load Down, The Standby Power Newsletter, Edition 1/October 2008, www.energyrating.gov.au/pubs/2008-loaddown-ed1.pdf
3. **Сергеев М.** Переход на цифровое вещание: задачи и уроки.– Научно-технический журнал 625, 2009, №6, с.62.
4. Маркетинговая политика компании BDK ELECTRONICS.– Ремонт электронной техники, 2007, №7.
5. www.infineon.com