



Виктор Жданкин

## Устройства силовой электроники фирмы Zicon Electronics

Выбор источника вторичного электропитания (ИВЭП) для конкретного применения превращается в раздражающе запутанное дело, особенно если инженер является чистым системотехником и столкнулся с этой задачей, обладая лишь небольшими опытом или знаниями в области ИВЭП. Причем задача отнюдь не упрощается существованием огромного числа потенциальных поставщиков источников питания. Просмотр каталогов изготовителей ИВЭП или других изделий энергетической электроники, за редким исключением, оставляет заказчика в неведении относительно целого ряда параметров и их влияния на эксплуатационные свойства изделия. В предлагаемой статье дан обзор ИВЭП с типами преобразования AC/DC, DC/DC, а также регуляторов процессов заряда-разряда аккумуляторных батарей (зарядных устройств), разработанных и производимых фирмой Zicon Electronics (Великобритания); в обзор включены комментарии относительно некоторых параметров представляемых изделий и рекомендации по их использованию.

Компания Zicon Electronics Ltd. основана в 1990 году группой специалистов с многолетним опытом в области разработки и производства устройств силовой электроники. В настоящее время Zicon производит обширный ряд высококачественных изделий силовой электроники для заказчиков во всем мире. Некоторые известные поставщики ИВЭП продают изделия Zicon под своей торговой маркой.

По выходной мощности ИВЭП и зарядные генераторы, поставляемые Zicon, классифицируются как изделия повышенной (от 200 до 1000 Вт) и большой мощности (до 10 кВт).

Блоки поставляются в различных конструктивных исполнениях: открытое шасси, шасси с электрическим кожухом, 19" сменные блоки формата 6U, DIN 41494, part 5 (Евромодули). На рис. 1 показан внешний вид блоков ИВЭП и зарядных устройств Zicon.

Полуагрегатированная конструкция изделий (построение с использованием отдельных функциональных плат)

обеспечивает предельную гибкость. Смешивание и согласование входных, выходных и сигнальных плат во всевозможных конструктивных форматах позволяет поддерживать широкий номенклатурный ряд изделий, обеспечивая при этом быстрые сроки поставки даже для небольших партий изделий.

Особенностями продукции Zicon, определяющими интерес потенциального заказчика, являются автоматичес-

кий выбор диапазона входного питающего напряжения сети переменного тока с коррекцией коэффициента мощности (КМ) или без коррекции КМ, сигналы функционирования и управления, перфорированный электрический кожух для предотвращения контакта с деталями, находящимися под опасным напряжением, выходные блокирующие диоды для обеспечения параллельного соединения блоков по

схеме «ИЛИ» в высоконадежных системах и защита от перегрева.

Все изделия разработаны для международных рынков и поэтому соответствуют требованиям стандарта IEC 950 (российский аналог — стандарт ГОСТ Р 50377-92 «Безопасность оборудования информационной технологии, включая электрическое конторское оборудование». Кроме того, продукция Zicon сертифицирована на соответствие требованиям стандартов VDE

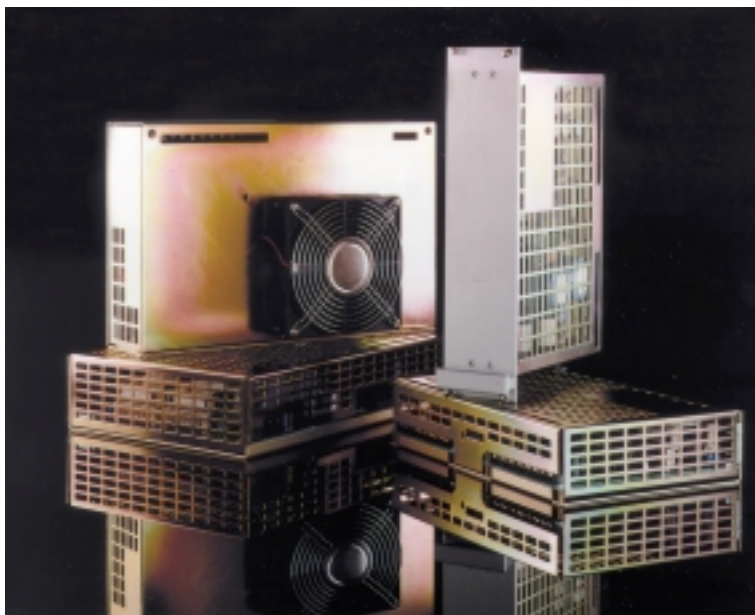


Рис. 1. Внешний вид конструкций ИВЭП и зарядных устройств фирмы Zicon

(Verband Deutscher Elektrotechniker), UL (Underwriters Laboratories) и CSA (Canadian Standards Association). Особое внимание к вопросам электромагнитной совместимости позволило добиться снижения уровня помех, излучаемых в пространство и передаваемых по проводам питания, сигнализации и управления, до уровня, допускающего эксплуатацию этих изделий как в промышленных, так и в коммерческих системах обработки данных.

Система управления качеством продукции фирмы Zicon Electronics соответствует требованиям стандарта ISO 9001 (Сертификат №7437).

Производятся четыре серии изделий, которые кодируются следующим образом:

- серия «С» разработана специально для регулирования процессов заря-

По заказу фирма Zicon Electronics осуществляет модификацию стандартных изделий в соответствии с требованиями потребителя. Могут не устанавливаться некоторые типовые функциональные узлы, если в выполняемых ими функциях нет необходимости (например, узел дистанционного включения-выключения сигналом малой мощности, узлы формирования логических сигналов), варьироваться однотипные узлы (например помехоподавляющие фильтры), а также вноситься изменения в базовые несущие конструкции ИВЭП.

Основные, общие для всех ИВЭП электрические характеристики приведены в таблицах 1-4. С учетом полуагрегатированной конструкции блоков электрические параметры приводятся отдельно для входных плат, обеспечи-

вающих работу блоков от сетей переменного и постоянного напряжений, и выходных плат, определяющих число выходов питающих напряжений блока и подразделяющихся на одноканальные и многоканальные (максимальное число выходов для ИВЭП Zicon равно пяти).

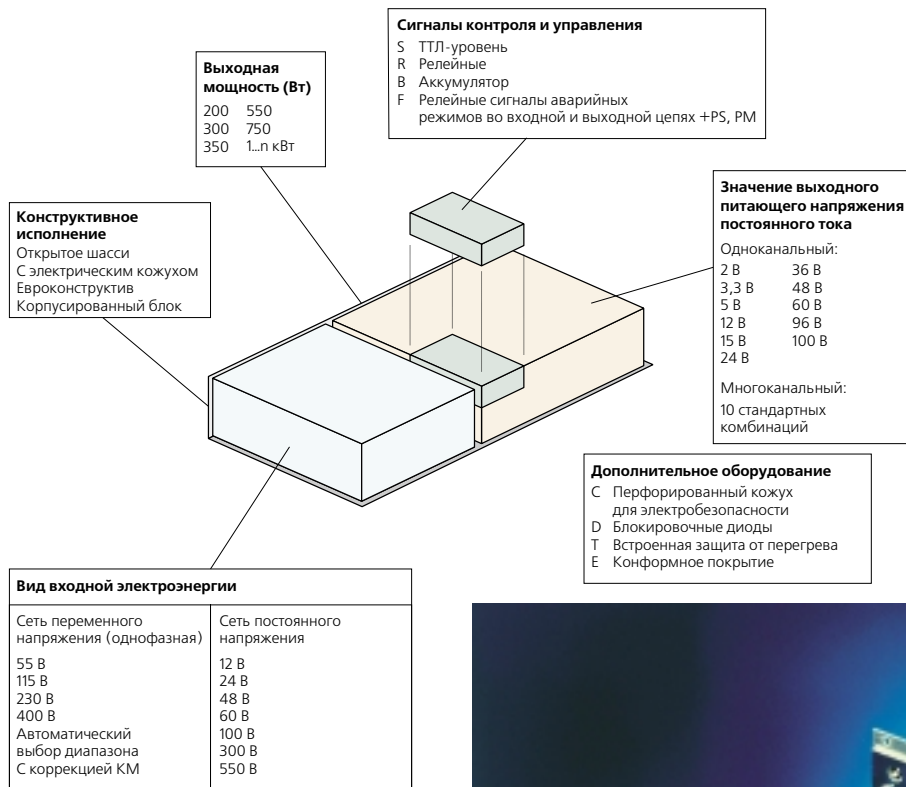
**ИВЭП СЕРИИ «Z»:  
ОБЩИЕ КОММЕНТАРИИ  
И РЕКОМЕНДАЦИИ  
ПО ПРИМЕНЕНИЮ**

Обзор начнем с рассмотрения наиболее популярной и универсальной серии «Z».

Модульный принцип построения и гибкость, обеспечиваемая этим подходом, проиллюстрированы рис. 2. Конструкция ИВЭП типа «открытое шасси» серии ZX350 показана на рис. 3.

При таком подходе устройство с необходимыми техническими параметрами быстро конфигурируется из имеющихся в наличии базовых плат.

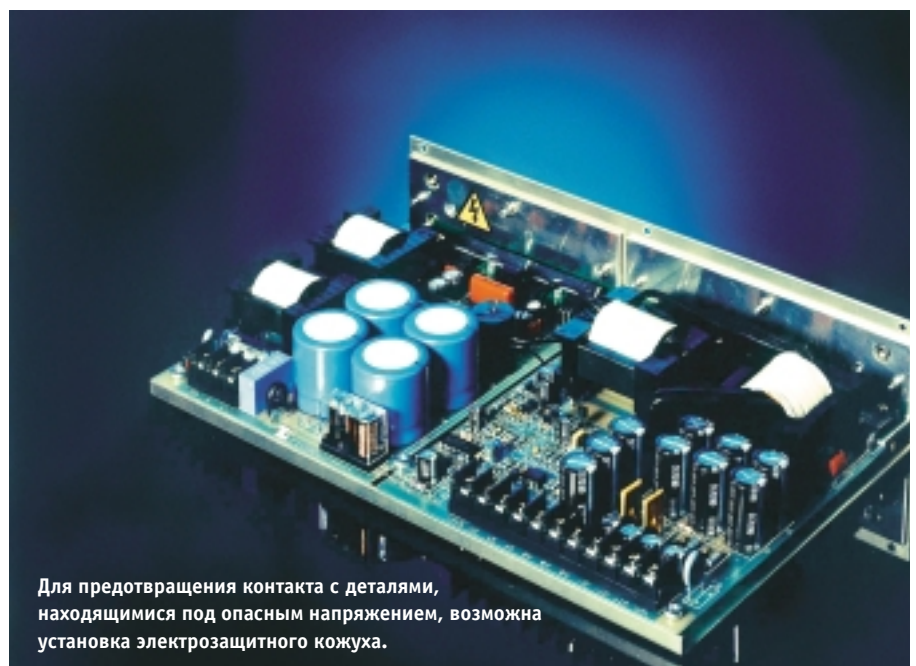
Все ИВЭП реализованы по схеме двухтактного преобразователя с трансформаторными регулируемыми конвертерами. При этом для реализации ИВЭП с номинальными значениями входных напряжений свыше 100 В применяется двухтактный полумостовой конвертор с широтно-импульсной модуляцией (ШИМ) с постоянной рабочей частотой преобразования 50 кГц. В основе ИВЭП с номинальными значениями входных напряжений ниже 100 В применяется двухтактный двухфазный конвертор с частотой преобразования 50 кГц [1], [2], [3], [4].



**Рис. 2. Варианты ИВЭП, реализуемые в пределах серии «Z»**

да-разряда аккумуляторных батарей (АБ);

- серия «PL» — ряд блоков, имеющих один выход питающего напряжения и конструктивно размещённых на U-образном металлическом шасси;
- серия «Z» — универсальное конструктивное решение, предлагающее множество вариантов в пределах серии (рис. 2);
- серия «M» — блоки большой мощности (от 1,1 до 10 кВт).



**Рис. 3. Конструкция ИВЭП открытого типа серии ZX350**

**Таблица 1. Основные электрические параметры входных плат, обеспечивающих работу от сетей переменного тока**

Параметр	Код/параметр	26	36	46	76	56	96	Прим.
Номинальное значение напряжения питающей сети, действующее значение, В		55	115	230	Автоматическое переключение диапазона	400	Универсальный вход	
Предельные значения отклонения напряжения питающей сети переменного тока, В		50...65	90...132	175...264	115/230	300...450	90...264	1
КПД входного модуля, %		86	90	93	90/93	96	87...92	2
Пределы изменения частоты питающей сети, Гц		44...66	44...66	44...66	44...66	44...66	44...66	
Ток утечки на землю, мА		<0,5	<1,6	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	
Ток утечки в режиме работы с частотой 440 Гц, мА		<3	<10	<20	<20	<20	<20	
Полная входная мощность, ВА, при максимальной выходной мощности / Время поддержания выходного напряжения при номинальных входном напряжении и токе нагрузки, мс	200	316/18	321/28	332/28	332/28	358/28	253/28	
	300	475/12	482/18	498/18	498/18	537/18	380/18	
	350	554/18	562/28	581/28	581/28	626/28	443/28	
	550	870/12	884/18	914/18	914/18	984/18	696/18	
	PL600						759/18	
	750			1246/12		1342/12	949/12	
	1K1			1800/12				
Пусковой ток, А / Ток пережигания предохранителя, А / Входной ток, А	200	25/10/6	15/5/3	25/5/2	25/5/3	40/5/1	25/5/3	3
	300	25/10/9	15/5/5	25/5/2	25/5/5	40/5/2	25/5/4	
	PL300						100/10/4,3	
	350	25/16/10	15/10/6	25/10/3	25/10/6	40/5/2	25/10/4	
	550	25/16/16	15/10/9	25/10/5	25/10/9	40/5/3	25/10/7	
	PL600						100/10/8,6	
	750			25/10/7		40/5/4	25/10/9	
Среднее время наработки на отказ (MTBF), ч, рассчитанное по MIL-HDBK-217E для температуры окружающей среды 20°С, при номинальном значении выходной мощности	200	400 000	400 000	450 000	400 000	500 000	200 000	4
	300	450 000	450 000	500 000	450 000	550 000	150 000	
	350	300 000	300 000	350 000	300 000	400 000	150 000	
	550	350 000	350 000	400 000	350 000	450 000	170 000	
	PL600						150 000	
	750			300 000		350 000	150 000	
	1K1			200 000		350 000		
Электрическая прочность, кВ (постоянный ток)	Первичная цепь — вторичная цепь	1	6 (при отключенных Y-конденсаторах)					
	Первичная цепь — корпус	2,2						
Электромагнитная совместимость. Электромагнитные помехи	Уровни гармоник тока сети переменного напряжения						EN 61000-3-2	
	Помехи излучения	EN 55022-A						
	Кондуктивные помехи	EN 55022-B						
Электромагнитная совместимость. Помехоустойчивость	Электростатический разряд	EN 61000-4-2 уровни 3 и 4						
	Устойчивость к выбросам напряжения	EN 61000-4-5 уровень 3						
	Быстрые электрические переходные процессы/ выбросы	EN 61000-4-4 уровень 3						
	Невосприимчивость к помехам излучения	EN 50140 уровень 3						
	Невосприимчивость к кондуктивным помехам	EN 50141 уровень 3						

Примечания.

- Для 750-ваттных моделей предельные значения отклонения напряжения питающей сети переменного тока (универсальный вход) — 170...264 В, так как при понижении значений напряжения питающей сети происходит нагрев дросселя входного фильтра.
- Для определения суммарного КПД изделия необходимо перемножить значения КПД входной и выходной плат и разделить результат на 100.
- Входные предохранители с большой тепловой инерцией, способные выдержать значительные кратковременные перегрузки током (предохранители заменяются только квалифицированным персоналом).
- Для определения суммарного значения среднего времени безотказной работы всего устройства необходимо перемножить значения MTBF входной и выходной плат и разделить результат на сумму этих значений.

Таблица 2. Основные электрические параметры входных плат, обеспечивающих работу от сетей постоянного тока

Параметр	Код/параметр	12	24	35	48	60	99	46	96	56	Прим.	
Номинальное значение напряжения питающей сети постоянного тока, В		12	24	35	48	60	100	300	Универсальный вход	550		
Предельные значения отклонения напряжения сети постоянного тока, В		12...15	21...30	30...43	40...57	48...72	90...130	250...370	125...360	425...635	1	
КПД входного модуля, %		70	83	84	88	90	92	95	87...92	96	2	
Входная мощность, Вт / Входной ток, А	200	313/26	263/11	260/8	247/5	241/4	235/2	230/1	250/2	233/1		
	300	469/39	395/16	390/11	370/8	361/6	353/4	345/1	375/3	349/1		
	350	547/46	461/19	450/13	432/9	422/7	412/4	402/1	438/4	407/1		
	550	859/72	724/30	710/20	679/14	663/11	647/6	632/2	688/6	640/2		
	PL600								750/6			
Пусковой ток, А / Ток пережигания предохранителя, А	200	100/32	30/16	30/10	30/10	30/10	30/5	25/5	25/5	40/5	3	
	300	100/32	30/16	30/16	30/10	30/10	30/5	25/5	25/5	40/5		
	350	200/—	50/32	50/20	50/16	50/16	50/10	25/10	25/10	40/5		
	550	200/—	50/32	50/20	50/16	50/16	50/10	25/10	25/10	40/5		
	PL600								100/10			
Среднее время наработки на отказ (MTBF), ч, рассчитанное по MIL-HDBK-217 для температуры окружающей среды 20°С, при полной нагрузке	200	150 000	250 000	300 000	350 000	400 000	470 000	470 000	300 000	500 000	4	
	300	200 000	300 000	350 000	400 000	450 000	520 000	520 000	350 000	550 000		
	350	100 000	150 000	200 000	250 000	300 000	370 000	370 000	200 000	400 000		
	550	120 000	200 000	250 000	300 000	350 000	420 000	420 000	400 000	450 000		
	PL600								300 000			
Защита от обратной полярности включения		Нет	Последовательно включённый защитный диод				Мостовой выпрямитель					
Электрическая прочность, кВ (постоянный ток)	Первичная цепь — вторичная цепь	1					6 (при отключённых Y-конденсаторах)					
	Первичная цепь — корпус	2,2										
Электромагнитная совместимость. Электромагнитные помехи	Помехи излучения	EN 55022-A							EN 55022-A			
	Кондуктивные помехи	EN 55022-B <1 В, двойная амплитуда <4 мВ (действующее значение) < 2 мВ (псофометрическое значение)							EN 55022-B			
Электромагнитная совместимость. Помехоустойчивость	Электростатический разряд	EN 61000-4-2 уровни 3 и 4							EN 61000-4-2 уровни 3 и 4			
	Устойчивость к выбросам напряжения	EN 61000-4-5 уровень 3							EN 61000-4-5 уровень 3			
	Быстрые электрические переходные процессы/выбросы	EN 61000-4-4 уровень 3							EN 61000-4-4 уровень 3			
	Невосприимчивость к помехам излучения	EN 50140 уровень 3							EN 50140 уровень 3			
	Невосприимчивость к кондуктивным помехам	EN 50141 уровень 3							EN 50141 уровень 3			

Примечания.

- Для 750-ваттных моделей предельные значения отклонения питающей сети постоянного тока (универсальный вход) — 200...360 В.
- Для определения суммарного значения КПД устройства необходимо перемножить значения КПД входной и выходной плат и результат разделить на 100.
- Входные предохранители с большой тепловой инерцией, способные выдерживать значительные кратковременные перегрузки током (предохранители заменяются только квалифицированным персоналом).
- Для определения суммарного значения среднего времени безотказной работы всего устройства необходимо перемножить значения MTBF входной и выходной плат и разделить результат на сумму этих значений.
- При испытании на электромагнитную совместимость положительная шина входной цепи подключается к корпусу устройства.

Для управления двухтактными преобразователями применяется расположенный на выходной плате интегральный двухтактный ШИМ-контроллер SG3524 (IC1), который формирует две последовательности управляющих импульсов, разделенные гарантированной паузой. Интегральные ШИМ-контроллеры семейства SG1524/2524/3524 были разработаны в 1976 году Бобом Маммансом, работавшим тогда в фирме Silicon General, и являлись тогда

первыми интегральными схемами управления импульсными источниками питания [5]. В настоящее время эти ИС производятся не менее чем 10 различными изготовителями. Выпускается и отечественный аналог — 1114ЕУ1, хорошо известный российским разработчикам.

В планы данной статьи не входит описание и анализ принципиальных схем ИВЭП, обращается внимание только на основные моменты, позво-

ляющие оценить уровень исполнения представляемых устройств, а для подробного ознакомления с техническими вопросами даны ссылки на соответствующую литературу.

В качестве ключей в ИВЭП Zicon применяются мощные биполярные транзисторы, что позволяет получить высокий показатель КПД. Достоинства биполярных транзисторов общеизвестны (высокие значения коллекторных токов, обратных напряжений

**Таблица 3. Технические параметры выходных одноканальных плат**

Параметр	Код/параметр	2	3	5	8	12	15	24	36	48	60	96/99	11	13	17
Номинальное значение выходного напряжения постоянного тока, В		2	3,3	5	8	12	15	24	36	48	60	96	108	130	170
Пределы регулировки выходного напряжения, В	Минимум	1,6	2,6	4	7	11	13,8	22	33	44	55	88	99	120	155
	Максимум	2,4	4	6	9	14	17,5	29	42	57	70	114	126	155	202
Уставка защиты от превышения выходного напряжения, В	Минимум	2,4	4	6	9,6	14,4	18	29	43,2	57,6	72	120	130	157	205
	Максимум	2,7	4,5	6,8	10,8	16,2	20,3	32,4	48,6	64,8	81	135	146	176	230
Уставки постоянного тока перегрузки, А (примечание 2)	200 Мин.	65	50	36,5	25	19	15,5	9,5	6,5	4,8	3,8	2,3	2,1	1,8	1,35
	200 Макс.	75	57	42,5	29	22	17,5	11	7,5	5,5	4,4	2,7	2,5	2	1,55
	300 Мин.	97	73,5	55	37,5	28,5	23	14,3	9,5	7,2	5,7	3,4	3,1	2,65	2
	300 Макс.	113	85,5	63,5	43	33,3	26,6	16,6	11	8,3	6,7	4	3,7	3	2,35
	350 Мин.	111	84	65	44	32,4	26	16,2	10,8	8,1	6,5	3,9	3,6	3	2,3
	350 Макс.	129	98	75	50	37,6	30	18,8	12,5	9,4	7,5	4,5	4,2	3,5	2,65
	550 Мин.	176	132	104	69	48	38	24	16	12	9,5	5,7	5,3	4,4	3,4
	550 Макс.	204	153	120	79	55	44	28	18,5	14	11	6,7	6,1	5,2	3,9
	600 Мин.					56		27		13,5	11	6,7			
	600 Макс.					60		30		15	12	7,5			
	750 Мин.					65	52	32	22	16,2	13	7,8	7,2	6	4,5
	750 Макс.					75	60	38	25	18,8	15	9	8,3	7	5,3
	1K1 Мин.							48	32	24	19	12	10,5	9	6,5
	1K1 Макс.							56	37	28	22	13,5	12	10,5	8
Среднее время наработки на отказ (MTBF), ч, рассчитанное по MIL-HDBK-217 при температуре окружающей среды +20°С, при номинальном значении выходной мощности (примечание 3)	200	80	100	120	130	150	180	200	200	250	250	200	200	200	200
	300	120	150	200	220	250	280	300	300	350	350	300	300	300	300
	350	60	75	90	95	100	120	150	150	200	200	150	150	150	150
	550	80	100	120	130	150	180	200	200	250	250	200	200	200	200
	600					150		200		250	250	250			
	750					100	120	150	150	200	200	150	150	150	150
1K1							100	100	150	150	100	100	100	100	
КПД, % (примечание 4)		70	78	86	87	90	91	92	93	94	95	95	95	95	95
Общая пульсация		<0,2% (действующее значение) <2% (двойная амплитуда)				<0,1% (действующее значение) <1% (двойная амплитуда)				<0,05% (действующее значение) <0,5% (двойная амплитуда)					
Динамическая нестабильность в течение 1 мс при изменении тока нагрузки на 10%		<2%				<1%				<0,5%					
Нестабильность при изменении нагрузки в диапазоне 0...100%		<1%													
Нестабильность при изменении напряжения сети во всем диапазоне		<0,5%													
Температурный дрейф выходного напряжения, млн <sup>-1</sup> /°С		200													
Электрическая прочность (постоянный ток)		Входная цепь — выходная цепь: 1 кВ или 6 кВ в зависимости от входной платы I/P Выходная цепь — корпус: 2,2 кВ													

Примечания.

1. Устройство защиты от превышения выходного напряжения выполнено в виде электронной схемы, которая ограничивает уровень выходного напряжения до безопасного значения при его чрезмерном повышении, работоспособность устройства может быть восстановлена путем отключения входного напряжения.
2. Выходная характеристика типа «постоянное напряжение-постоянный ток» идеальна для нелинейных нагрузок.
3. Для определения суммарного значения среднего времени безотказной работы всего устройства необходимо перемножить значения MTBF входной и выходной плат и разделить результат на сумму этих значений.
4. Для определения суммарного значения КПД устройства необходимо перемножить значения КПД входной и выходной плат и результат разделить на 100.

5. Установленная по заказу схема защиты от превышения температуры срабатывает в случае перегрева внутри конструкции (например при отказе вентилятора).
6. Выносная отрицательная обратная связь (ООС) компенсирует падение напряжения 0,5 В на соединительных проводах. Для использования выносной ООС необходимо соединить контакты «0V<sub>с</sub>» с «0V» и «+V<sub>с</sub>» с «+V» непосредственно на нагрузке.
7. Сигнал Remote On-Off (ROF) — дистанционное включение-отключение; сигнал запрета выходного напряжения поступает на ТТЛ совместимый относительно «0V» вход, нулевой уровень сигнала ТТЛ запрещает выходное напряжение.
8. См. раздел «Дополнительные сервисные функции: сигналы AC Fail (ACF) — провал напряжения в питающей сети переменного тока, DC Fail (DCF) — провал в питающей сети постоянного тока, распределение тока (power-share), сигнал контроля за мощностью (power-monitor), (N+1) резервирование, блокирующие диоды (OR-диоды)».

коллектор-эмиттер, малое падение напряжения на транзисторе в открытом состоянии, небольшие значения времени выключения), но опыт разработки транзисторных силовых устройств выявил ряд проблем, обусловленных характерными свойствами биполярных транзисторов: малый коэффициент передачи тока, большой раз-

брос значений этого коэффициента в силу технологических и температурных факторов, необходимость применения знакопеременного управляющего напряжения, сильная внутренняя обратная связь в транзисторе даже на низкой частоте, малая область безопасной работы из-за склонности транзистора к кумуляции тока, нали-

чие весьма заметного времени рассасывания [6]. Устранение этих проблем требует большого количества достаточно сложных вспомогательных цепей, в которых необходимо организовать управление биполярными транзисторами и их защиту. Цепи управления и защиты выполняются различ-

**Таблица 4. Технические параметры выходных плат многоканальных устройств**

Параметр	Код	PA	PB	PC	PD	PE	PF	PG	PH	PJ	Прим.
Номинальное значение выходного напряжения канала OP1, В		5	5	5	5	8	5	5	5	5	1
Номинальное значение выходного напряжения канала OP2, В		-5	-5	-8	-5	-8	-15	-5	-5	-5	
Номинальное значение выходного напряжения канала OP3, В		-12	-15	-15	-12	-15	-12	-15	-12	-12	
Номинальное значение выходного напряжения канала OP4, В		12	15	15	12	15	12	15	12	12	
Номинальное значение выходного напряжения канала OP5, В		24	24	24	12	24	15	28	28	48	
Диапазон регулировки выходного напряжения OP1, В	Мин.	4,5	4,5	4,5	4,5	7,2	4,5	4,5	4,5	4,5	
	Макс.	5,5	5,5	5,5	5,5	8,8	5,5	5,5	5,5	5,5	
Уставка устройства защиты от превышения выходного напряжения канала OP1, В	Мин.	6	6	6	6	9,6	6	6	6	6	2
	Макс.	6,8	6,8	6,8	6,8	10,8	6,8	6,8	6,8	6,8	
Защита от перегрузки	Код	OP1	OP2 и OP3 (PolySwitch)		OP4 (примечание 11)		OP5				Прим.
Максимальное значение пикового (10 с) тока, А / Значение тока в режиме короткого замыкания, А	200	60/12	Каналы 2 и 3 защищены самовосстанавливающимися 4-амперными предохранителями с положительным температурным коэффициентом и номинальным значением 1000 I <sup>2</sup> t, А <sup>2</sup> ·с			25/5	13/2,5		3		
	300	60/12				25/5	13/2,5				
	350	120/24				50/10	25/5				
	550	120/24				50/10	25/5				
	750	160/32				67/13	32/7				
Среднее время наработки на отказ (MTBF), ч, рассчитанное по MIL-HDBK-217E для выходной платы при температуре окружающей среды 20 °С и номинальном значении выходной мощности	200	300	350	550	750	Код		4			
	100 000	150 000	90 000	130 000	90 000	MTBF					
КПД выходной платы, %	80...90 при максимальной выходной мощности в зависимости от перераспределения нагрузки									5	
Номинальные значения постоянных выходных токов, А в пределах допуска по мощности при температуре окружающей среды 40 °С и значении напряжения питающей сети переменного тока 230 В	OP1	OP2	OP3	OP4	OP5	Код	Номинал. мощность, Вт	Пределы выходной мощности, Вт		6	
	20	3	3	8	4	200	200	300	350		
	25	4	4	10	5	300	300	300	350		
	45	3	3	8	4	350	350	600	700		
	55	4	4	10	5	550	550	600	700		
	65	4	4	10	5	750	750	800	900		
Общая пульсация и высокочастотная компонента с полосой 30 МГц	<0,2% (действующее значение), 2% (двойная амплитуда)					Одинаковые значения пределов выходных мощностей для моделей с номинальными значениями выходных мощностей 200 Вт, 300 Вт и 350 Вт, 550 Вт объясняются следующим образом. Эти блоки попарно идентичны и отличаются только тем, что 300-ваттные и 550-ваттные блоки оснащены вентиляторами, а в 200-ваттных и 350-ваттных блоках отвод тепла осуществляется посредством конвективного теплообмена. Если в системе предусмотрен достаточный обдув потоком воздуха, то возможно применение 200-ваттного устройства вместо 300-ваттного и 350-ватного вместо 550-ваттного.					
Динамическая нестабильность при кратковременном изменении тока нагрузки на 25%	<1% (в течение 1 мс)	<1%	<1%	<1%	<1%						
Нестабильность при изменении нагрузки в диапазоне 20...80%	<1%	<4%	<2%	<2%	<2%						
Перекрёстное влияние (при 10% изменении нагрузки канала OP1)	—	<1%	<1%	<1%	<1%						
Нестабильность при максимальном изменении напряжения сети, %	<0,5	<1	<1	<1	<1						
Температурный дрейф выходного напряжения, мВ <sup>-1</sup> /°С	<200	<200	<400	<400	<400						

**Примечания.**

- При установленном номинальном значении напряжения выходного канала OP1 и нагруженных на 50% всех каналах значения выходных напряжений дополнительных каналов будут установлены в пределах 2% их номинальных значений.
- Устройство защиты от превышения выходного напряжения выполнено в виде электронной схемы, которая ограничивает уровень выходного напряжения до безопасного значения при его чрезмерном повышении, работоспособность устройства может быть восстановлена путем отключения входного напряжения.
- Выходные каналы OP1, OP5 и OP4 имеют защиту от перегрузки, основанную на ограничении тока в первичной обмотке, поэтому эти выходные каналы могут запитывать виды аппаратуры с импульсной характеристикой потребляемого тока. Идеальны для запитки систем, имеющих в своём составе печатающие головки, моторы, лентопротяжные механизмы и т.п. Выходные каналы OP2 и OP3 не предназначены для питания аппаратуры с импульсным видом потребляемого тока и поэтому нуждаются в дополнительных надёжных средствах защиты от перегрузок по току (применены элементы токовой защиты PolySwitch — самовосстанавливающиеся предохранители).
- Для определения суммарного значения среднего времени безотказной работы всего устройства необходимо перемножить значения MTBF входной и выходной плат и разделить результат на сумму этих значений.

- Для определения суммарного значения КПД устройства необходимо перемножить значения КПД входной и выходной плат и результат разделить на 100.
- Для определения максимальных значений постоянного тока в других сетях питающего напряжения при иных температурах и потоках охлаждающего воздуха приводятся соответствующие характеристики.
- Установленная по заказу схема защиты от превышения температуры срабатывает в случае перегрева внутри конструкции (например при отказе вентилятора).
- Выносная отрицательная обратная связь имеется только в канале OP1 и компенсирует падение напряжения 0,25 В на соединительных проводах.
- Сигнал Remote On-Off (ROF) — дистанционное включение-отключение; сигнал запрета выходного напряжения поступает на ТТЛ совместимый относительно «0V» вход, нулевой уровень сигнала ТТЛ запрещает выходное напряжение
- Смотри раздел «Дополнительные сервисные функции: сигналы AC Fail (ACF) — провал напряжения в питающей сети переменного тока, DC Fail (DCF) — провал в питающей сети постоянного тока, распределение тока (power-share), сигнал контроля за мощностью (power-monitor), (N+1) резервирование, блокирующие диоды (OR-диоды)».
- Для выходных каналов с номинальным значением напряжения 15 В устанавливаются 4-амперные элементы токовой защиты PolySwitch производства Raychem Corporation.

ными способами, что привело к появлению множества известных схемных и конструкторских решений. По схемотехнике их условно можно разделить на четыре наиболее широко применяющихся вида: с потенциальным управлением; с управлением через разделительный трансформатор; с управлением от дополнительной (базовой) обмотки, располагаемой на силовом трансформаторе преобразователя; с пропорционально-токовым управлением силового транзисторного ключа от трансформатора тока, когда мгновенные значения базового тока изменяются в соответствии с изменениями тока коллектора [1], [7].

Исследования показывают энергетическое превосходство ключей с трансформаторами тока практически во всём диапазоне напряжений первичного питания — от единиц до сотен вольт.

Несомненно, что практически во всех классах устройств, особенно в инверторах, устройствах управления электродвигателями и устройствах коммутации и защиты, современные мощные МДП-транзисторы имеют принципиальные преимущества перед биполярными. Удельная мощность транзисторных ключей на МДП-транзисторах и силовых устройствах на основе этих ключей может быть такой, которая принципиально недостижима при применении биполярных транзисторов. Однако из этого не следует делать вывода о том, что надо отказаться от разработки и внедрения устройств на биполярных транзисторах.

Опыт специалистов фирмы Zicon подтверждает данный вывод. Максимальное значение удельной конструктивной мощности для сетевого ИВЭП ZX1K1-4624 с выходной мощностью 1,1 кВт составляет 330 Вт/дм<sup>3</sup>, КПД 85%.

Относительно параметра КПД уместным будет следующее замечание. Зачастую в спецификациях ИВЭП, охлаждаемых вентилятором, не уточняется, учтена ли потребляемая вентилятором электрическая мощность при вычислении общего КПД. Во многих спецификациях указывается на значительное расширение диапазона рабочих температур ИВЭП при использовании принудительного воздушного охлаждения, но при этом мало кто из производителей указы-

вает на соответствующее понижение КПД.

Для своих ИВЭП с установленными вентиляторами при выходных мощностях 350 Вт, 550 Вт, 600 Вт, 750 Вт, 1,1 кВт фирма Zicon приводит зависимости допустимой выходной мощности от КПД и температуры окружающей среды. На рис. 4 в качестве примера представлен график для охлаждаемых вентилятором ИВЭП с выходными мощностями 600 Вт, 750 Вт, 1,1 кВт. При расчете КПД всей системы необходимо учесть, что мощность, потребляемая вентиляторами на ИВЭП с выходными мощностями 300 или 600 Вт, составляет 2 Вт, а на источниках с выходной мощностью 550, 750 Вт и 1,1 кВт — 3 Вт.

В определенных условиях увеличить значение допустимой выходной мощности ИВЭП с естественным конвекционным охлаждением можно установкой охлаждающих вентиляторов, для чего на выходных платах предусмотрен соединитель FAN, к которому подведено напряжение 18 В постоянного тока для питания вентилятора. При наличии в системе достаточного обдува дополнительный вентилятор можно не устанавливать.

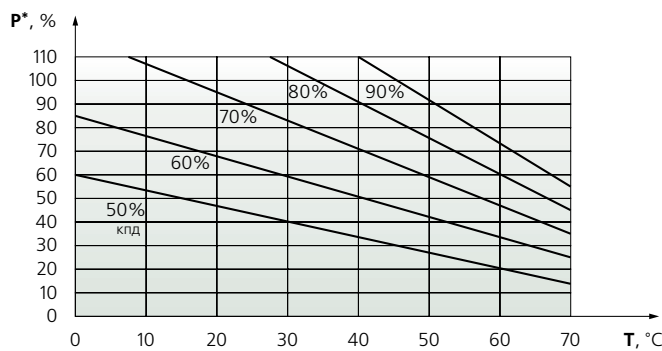
Для обеспечения возможности оптимального использования ИВЭП с естественным конвекционным охлаждением приводятся графики зависимости допустимой выходной мощности от КПД и температуры окружающей среды при различных скоростях воздушного потока. На рис. 5 приведены графики таких зависимостей при скоростях воздушных потоков 0 м/с (отвод тепла осуществляется конвекцией между поверхностью устройства и окружающей его газообразной средой), 0,1 м/с, 0,2 м/с и 0,5 м/с. Скорость воздушного потока (м/с) определяется пу-

тём деления значения производительности охлаждающей системы (м<sup>3</sup>/с) на значение площади ортогонального сечения потока (м<sup>2</sup>).

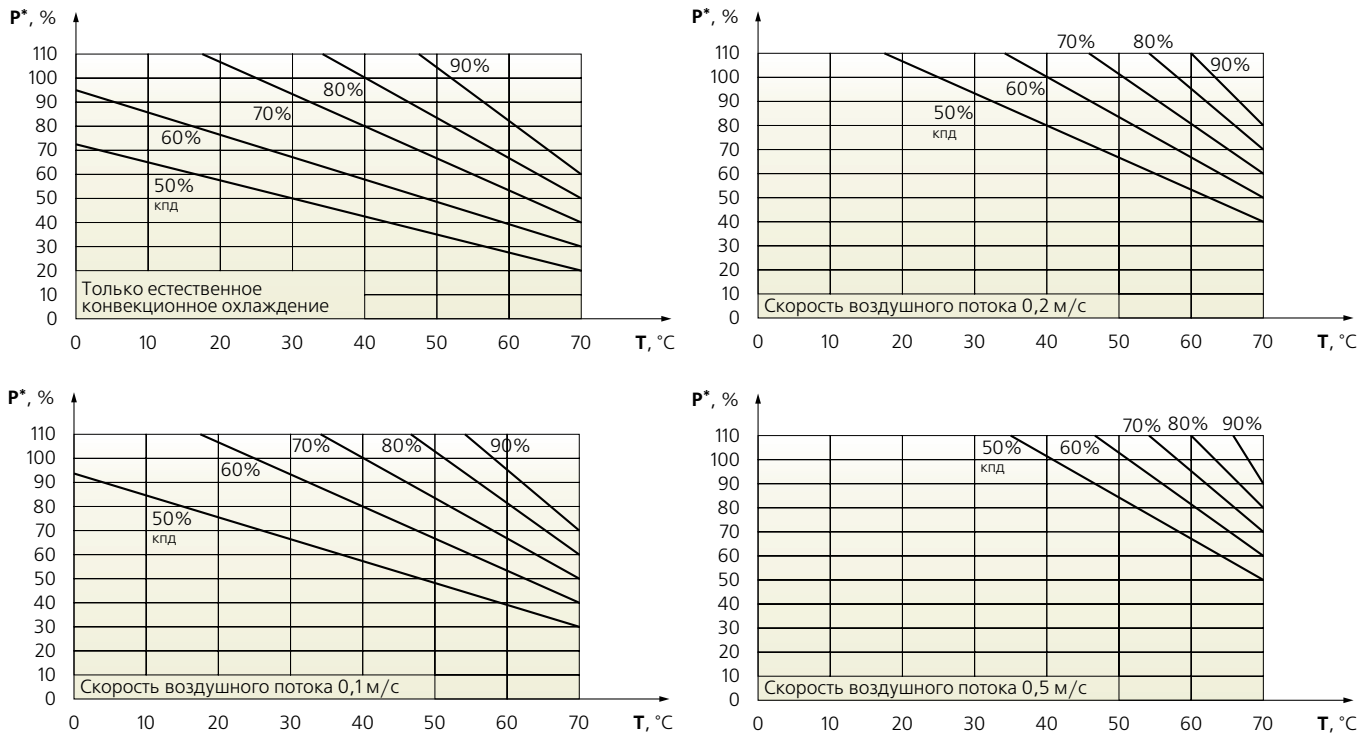
Для выбора надёжного ИВЭП с максимальным КПД и невысокой стоимостью заказчику следует отказаться от метода «чёрного ящика» и более тщательно рассматривать некоторые технические параметры. По наблюдениям автора, часть специалистов, занимающихся подбором ИВЭП, показывает недостаточное понимание того, что эти параметры означают.

Примерами таких параметров являются нестабильность по сети и нагрузке, уровень пульсаций, время реакции, время работы при провале в сети, показатели надёжности, КПД и температурные характеристики (о них говорилось ранее). Эти и другие вопросы рассматривались достаточно подробно в публикации [8], с содержанием которой настоятельно рекомендуется ознакомиться специалистам, занимающимся комплектованием средствами вторичного электропитания радиоэлектронной аппаратуры, вычислительной техники, средств электронного силового управления, электронной силовой автоматики и т. д. Несмотря на давность публикации, вопросы, освещённые в статье, не потеряли своей актуальности и в настоящее время.

Естественно, прежде всего электрооборудование должно быть безопасным, то есть при нормальной эксплуатации и в случае любого возможного отказа оно должно защищать персонал от поражения электрическим током и других опасностей. По степени защиты от поражения электрическим током изделия Zicon относятся к оборудованию класса I, в котором защита от поражения электрическим током достигается применением основной изоляции и наличием средств подключения к защитному заземлению в проводке здания для тех токопроводящих частей, где может появиться опасное напряжение в случае пробоя основной изоляции. Значения токов утечки на землю (табл. 1) не превышают значений максимальных токов утечки на землю, приведённых в ГОСТ Р 50377-92, при синусоидальном напряжении частотой 50...60 Гц. В указанном стандарте значения токов утечки приводятся и для синусо-



**Рис. 4. График зависимости P\* (допустимой выходной мощности, выраженной в % от номинального значения), от температуры окружающей среды T и КПД для охлаждаемых вентилятором ИВЭП с номинальными значениями выходных мощностей 600 Вт, 750 Вт, 1,1 кВт**



**Рис. 5. Графики зависимостей  $P^*$  (допустимой выходной мощности, выраженной в % от номинального значения), от КПД и температуры окружающей среды  $T$  при обдуве воздушными потоками с различными скоростями для ИВЭП с номинальными значениями выходных мощностей 150 Вт, 180 Вт, 200 Вт, 300 Вт, 350 Вт**

соидальных напряжений частотой 440 Гц. Ток утечки при такой частоте, естественно, возрастает. ИВЭП фирмы Zicon работают от однофазных сетей переменного напряжения в пределах изменения частоты питающей сети от 10 до 1000 Гц, отвечая при этом требованиям стандарта по токам утечки в широком частотном диапазоне. Это позволяет применять их в получивших широкое распространение электросистемах 115/200 В, 400 Гц (электроснабжение летательных аппаратов, корабельные генераторы и т. п.).

Для применения ИВЭП в устройствах медицинской электроники (электронные измерители давления крови, электрокардиографы, измерители биотоков мозга, измерители биотоков мышц, рентгеновские компьютерные томографы, ультразвуковые диагностические установки, анализаторы состава крови, медицинские термографы и др.) возможна модификация изделий фирмы Zicon в соответствии с требованиями безопасности к медицинскому оборудованию: значение тока утечки на землю — менее 50 мкА, электрическая прочность между первичной и вторичной цепями — 6 кВ.

Важной проблемой в сетевых блоках питания является выполнение функции ограничения тока зарядки входного конденсатора низкочастотного фильтра. Зарядный ток конденсатора при подключении его непосредственно

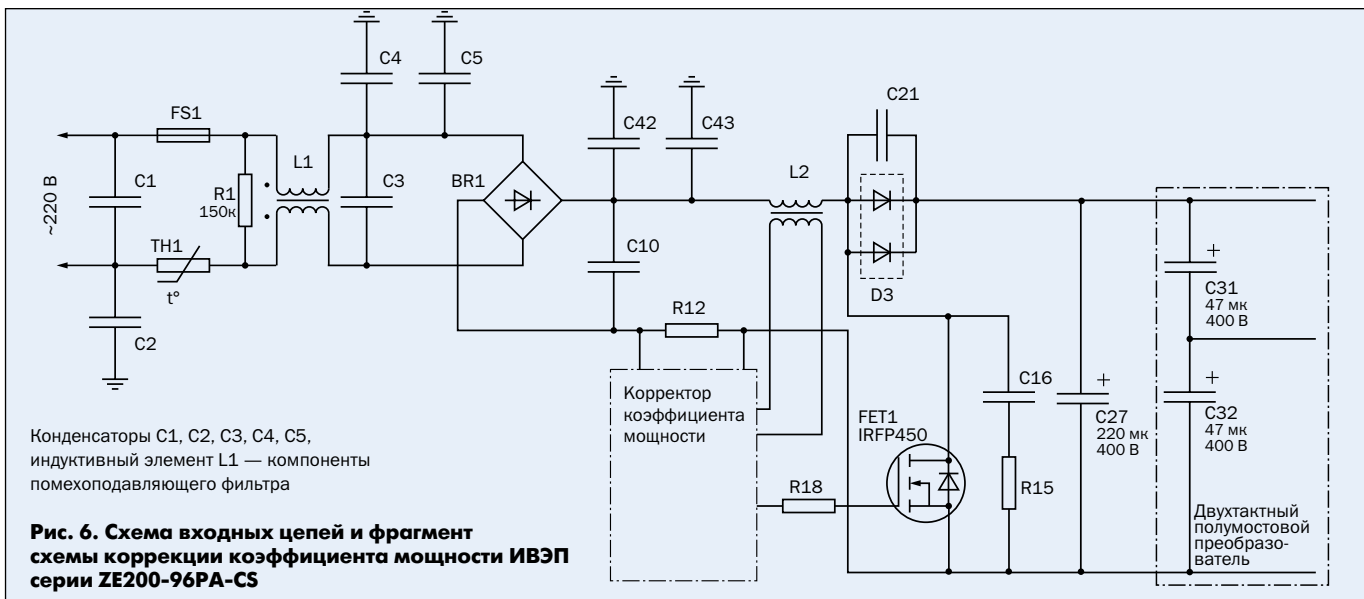
к сети через выпрямители чрезвычайно велик — десятки и сотни ампер. Этот режим является недопустимым как по причине мгновенной перегрузки сети из-за ограниченной мощности первичного источника энергии, так и по причине опасности выхода из строя диодов низкочастотного выпрямителя и недопустимости протекания больших токов через обкладки электролитических конденсаторов входного низкочастотного фильтра. Для ограничения тока зарядки входного конденсатора в ИВЭП фирмы Zicon Electronics (за исключением устройств с номинальным значением напряжения питающей сети постоянного тока 12 В) применяются NTC (Negative Temperature Coefficient) термисторы (ТН1), установленные на входной плате, которые уменьшают своё сопротивление с увеличением температуры (рис. 6). Термистор имеет значительное сопротивление в «холодном» состоянии, но после прохождения пика зарядного тока он разогревается и его сопротивление значительно уменьшается. В номинальном режиме работы оно остаётся низким. В ИВЭП с выходными мощностями от 350 Вт и выше для исключения потерь мощности на термисторах и соответствующего снижения КПД блока в целом, обусловленных тем, что конечное (остаточное) сопротивление термистора не равно нулю, применяется схема ограничения зарядного тока конденсатора, в которой

при номинальном режиме работы NTC термистор коротко замкнут контактами реле RL1 (OMRON, SCHRACK), благодаря чему термистор восстанавливает номинальное значение сопротивления и готов ограничивать пусковой ток при последующем включении блока.

Работа импульсных ИВЭП приводит к появлению помех как на входе, так и на выходе, а также к генерированию значительного уровня помех излучения. Для обеспечения электромагнитной совместимости (ЭМС) импульсных ИВЭП в радиоэлектронных средствах применяются различные способы снижения радиопомех: оптимальный выбор схемы построения ИВЭП, рациональный монтаж, оптимизация параметров линий связи, применение помехоподавляющих фильтров, заземление и металлизация и др. Так, при решении задач снижения уровня помех заметные преимущества имеют полумостовые схемы, в которых используется пропорциональное регулирование (по базе силового транзистора). В России электромагнитная совместимость радиоэлектронных средств регламентируется ГОСТ 23511-79.

ИВЭП фирмы Zicon Electronics по кондуктивным помехам соответствуют требованиям стандарта EN 55022 Class B — «Пределы и методы измерений характеристик радиочастотных воздействий на оборудование информационных технологий», а по уровню





помех излучения соответствуют нормам на оборудование Class A. Об этих и других стандартах можно прочитать в [9]. Фирма Zicon по запросу может предоставить реальные характеристики уровней напряжений электромагнитных помех (ЭМП) для любого ИВЭП; для измерения напряжений ЭМП, генерируемых ИВЭП, фирма оснащена специальным оборудованием. На рис. 7 приведены уровни напряжений помех для ИВЭП ZX350-4648, измеренные микровольтметром амплитудного значения при значении напряжения питающей сети переменного тока 230 В, частоте сети 50 Гц, значении тока нагрузки 7,3 А.

Для обеспечения соответствия требованиям по кондуктивным помехам к оборудованию Class B на входе ИВЭП применяются помехоподавляющие фильтры, схему одного из вариантов исполнения которого можно видеть на рис. 6 (элементы C1, C2, C3, C4, C5, L1).

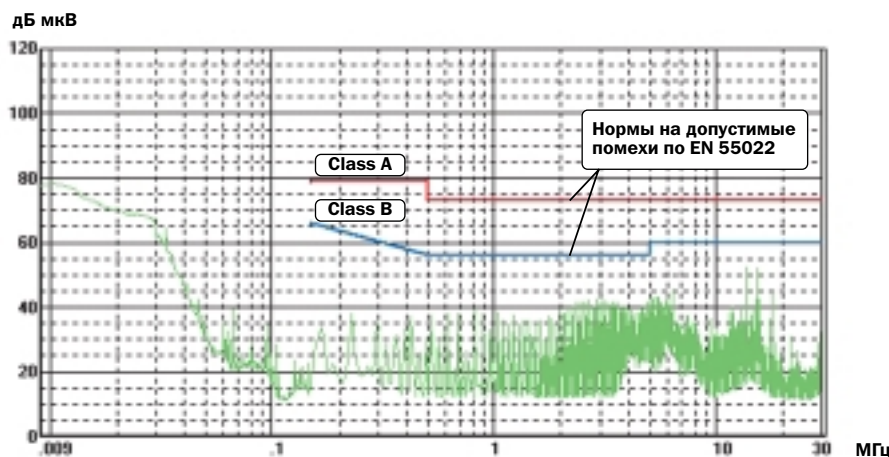
Схема фильтра снижает как симметричные помехи (помехи на проводах питания) — за счёт индуктивностей намагничивания дросселя L1 и X-конденсаторов, так и несимметричные напряжения помех (между каждым проводом и корпусом устройства) — за счёт индуктивности рассеивания дросселя L1 и Y-конденсаторов. Для разряда конденсаторов, подключённых к внешнему контуру сети, установлен резистор R1 150 кОм.

В качестве X-конденсаторов применяются плёночные конденсаторы C1 и C3 с пиковым тестовым напряжением от 2,5 до 4 кВ, предназначенные для высокоимпульсных приложений. В качестве Y-конденсаторов применяются конденсаторы с номинальным пере-

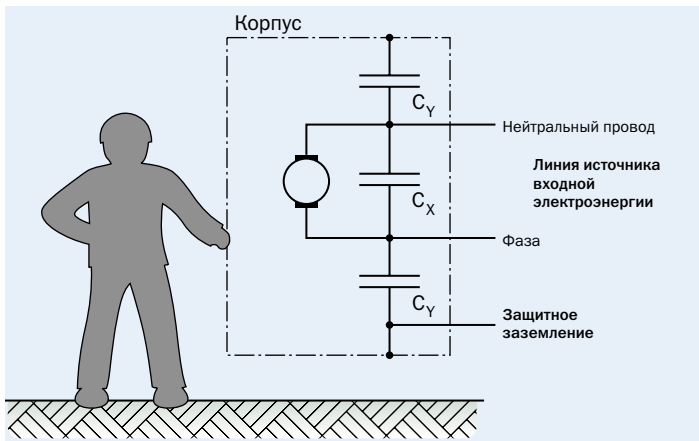
менным напряжением до 250 В, тестовым напряжением 4400 В постоянного тока. Конденсаторы подавления ЭМП подключаются непосредственно к шинам источника входной электроэнергии и поэтому подвергаются перенапряжениям и переходным процессам, которые возникают в линии и могут повредить эти конденсаторы. По этой причине к таким конденсаторам предъявляются особые требования. X-конденсаторы (C<sub>x</sub>) применяются в приложениях, где неисправность не приведёт к опасному удару электрическим током. Y-конденсаторы (C<sub>y</sub>) используются там, где неисправность конденсатора может привести к удару электрическим током (рис. 8). Y-конденсаторы имеют ограниченную ёмкость, чтобы исключить короткое замыкание в конденсаторе, и повышенную электрическую и механическую надёжность. Ограничение ёмкости уменьшает ток, проходящий через конденсатор при переменном напряжении, и снижает заряд на конденсаторе до уровня, который не опасен при по-

стоянном напряжении. В таблицах 1 и 2 значение напряжения для испытаний электрической прочности (действующее значение) равно 6 кВ при отключённых Y-конденсаторах, так как Y-конденсаторы, применяемые в указанных ИВЭП, характеризуются тестовым напряжением 4400 В (действующее значение), что соответствует требованиям ГОСТ Р 50377-92 по электрической прочности к оборудованию с указанными в таблицах 1 и 2 рабочими напряжениями и основным видом изоляции.

Относительно ЭМП, источником которых являются импульсные ИВЭП, и ЭМС ИВЭП в радиоэлектронной аппаратуре уместным будет следующее замечание. На этапе проектирования ИВЭП конструкторы и разработчики фирмы Zicon применяют весь набор схемотехнических методов, методов монтажа силовых цепей тока, выходных цепей и др. для уменьшения уровня помех внутри ИВЭП, на его входе и выходе. В результате изделия соответствуют по уровням кон-



**Рис. 7. Реальные электромагнитные помехи по напряжению ИВЭП серии ZX350-4648 (нулевой уровень соответствует напряжению 1 мкВ)**



**Рис. 8. Схема подключения X- и Y-конденсаторов**

дуктивных помех и помехам излучения действующим нормам на допустимые электромагнитные помехи (таблицы 1 и 2), то есть не требуется установка дополнительных помехоподавляющих фильтров на входе. Но это справедливо для случая правильно спроектированной разводки и развязки системы. ИВЭП должен быть расположен в точке ввода шин питающей сети в корпус системы; если ИВЭП расположен где-то внутри системы, входные фильтры ИВЭП не будут гарантировать, что система в целом удовлетворяет требованиям к ЭМП, и разработчику системы всё равно придётся использовать дополнительные фильтры (рис. 9).

Электромагнитная совместимость радиоэлектронной аппаратуры предполагает также способность функционировать совместно и одновременно в условиях возможного влияния непреднамеренных электромагнитных помех (ГОСТ 23611-79).

Требования к электронным устройствам по невосприимчивости к электромагнитным излучениям (ЭМИ) изложены в стандартах IEC (International Electromechanical Commission), которые первоначально были предназначены для промышленного управляющего оборудования. В настоящее время их применяют по отношению ко всем типам электронных устройств. Эти стандарты стали основой европейских нормативов по ЭМС, а соответствие характеристик приборов их требованиям необходимо для маркетинга электронного оборудования в Европе. Далее кратко приведена информация о стандартах, касающихся защиты электронного/электротехнического оборудования, требованиям которых соответствуют изделия Zicon Electronics (таблицы 1 и 2).

**EN 61000-4-2 level 3, level 4.** Определяет требования по устойчивости к эле-

ктростатическому разряду (ЭСР), вызываемому в оборудовании непосредственно (через входные цепи) или в результате разряда между двумя телами вблизи оборудования. Для ИВЭП Zicon значение предельного напряжения в подобных случаях равно 8 кВ (табл. 5).

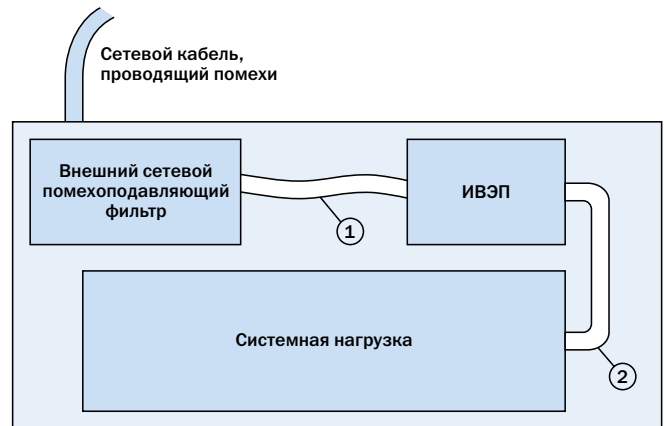
**EN 61000-4-4 level 3.** Определяет опасности, вызываемые быстрыми переходными процессами/выбросами в линиях питания и передачи данных вследствие искрения контактов электромеханических переключателей, используемых для включения/отключения индуктивных нагрузок.

Level 3 соответствует значению предельного напряжения 2 кВ между первичной и вторичной цепями и 1 кВ — для других цепей (табл. 5).

**EN 61000-4-5 level 3.** Содержит описание процедур и требования по невосприимчивости оборудования к пиковым помехам (например, производимым молнией на силовые, сигнальные и заземляющие проводники). Level 3 соответствует значению 2 кВ.

**EN 50140 level 3.** Посвящен невосприимчивости к электромагнитным помехам излучения. Level 3 соответ-

Конструктивное перемещение ИВЭП и/или системной нагрузки к точкам ввода питающей сети минимизирует длину сетевого кабеля (1) и выходных соединительных линий питания (2), что способствует ослаблению кондуктивных помех.



**Рис. 9. Внешний помехоподавляющий фильтр ослабляет кондуктивные помехи, создаваемые в цепях питания импульсными ИВЭП, в случаях, если эффективность внутреннего фильтра ИВЭП недостаточна либо ИВЭП удалён от точек ввода шин питающей сети в корпус системы**

ует напряжённости электрического поля 10 В/м по осям X и Y в диапазоне частот 28...1000 МГц.

**EN 50141 level 3.** Определяет уровни невосприимчивости к помехам, передающимся по проводящим каналам. Содержит описание процедур и требования по невосприимчивости оборудования к высокочастотным шумам, производимым кабелями системы. Level 3 соответствует напряжённости электрического поля 10 В/м в диапазоне частот 150 кГц...80 МГц.

Из таблицы 1 следует, что можно заказать ИВЭП, отвечающие требованиям вводимого в действие с 1 января 2001 года в странах Европы стандарта EN 61000-3-2 «Предельные значения гармонических излучений», который устанавливает ограничения на уровни гармонических составляющих входного тока от второй до сороковой гармоники. Несмотря на то, что в России пока нет закона об обязательном использовании корректоров коэффициента мощности (КМ), хотелось бы кратко

**Таблица 5. Уровни требований стандарта EN 61000-4**

Уровень	Предельное напряжение, кВ	Длительность фронта, нс	Наибольшее значение тока, А	Импеданс, Ом
EN 61000-4-2				
Level 1	2	1	7,5	33
Level 2	4	1	15	33
Level 3	6	1	22,5	33
Level 4	8 (15)	1	30 (75)	33
EN 61000-4-4				
Level 1	0,5	5	10	50
Level 2	1	5	20	50
Level 3	2	5	40	50
Level 4	4	5	80	50

пролить свет на эту проблему, тесно связанную с проявлениями отрицательных эффектов при работе от сети переменного тока большого количества импульсных ИВЭП.

Вопросу коррекции коэффициента мощности на входе импульсных ИВЭП посвящено большое количество публикаций, приведу только некоторые из них: [4], [10], [11], [12]. Рекомендуется ознакомиться с работой П.Л. Хангера [11], вице-президента и технического директора фирмы Unipower Corp., которую по праву можно назвать классической работой, посвящённой методам коррекции КМ на входе импульсных ИВЭП.

Коэффициент мощности — это отношение активной мощности к полной. Низкий КМ импульсных ИВЭП обусловлен тем, что они являются нелинейной нагрузкой для сети переменного тока (все типы ИВЭП с импульсным принципом регулирования характеризуются отрицательным входным сопротивлением, но...это совсем другая история), при этом входной ток изменяется не по закону синусоиды, а представляет собой последовательность импульсов. Такие импульсы отличаются большой амплитудой и высоким содержанием высших гармоник, которые расфазированы с входным напряжением переменного тока и тем самым способствуют снижению коэффициента мощности: только первая гармоника входного тока вносит вклад в активную мощность, остальные гармоники лишь увеличивают действующий входной ток и уменьшают КМ. Существенная нелинейность тока, потребляемого ИВЭП от сети, приводит к увеличению тока в нейтральном проводе до величины, превышающей его действующее значение в линейных проводах. В качестве нейтрального провода могут использоваться стальные полосы или стальная проволока, имеющие меньшее сечение, чем линейный провод; на нейтральном проводе по правилам не предусмотрены плавкие или автоматические предохранители [13], что при токах, превышающих значение допустимой токовой нагрузки, может привести к пожароопасной ситуации.

Коррекция КМ в импульсных ИВЭП осуществляется восстановлением искажённой формы входного тока до близкой к синусоидальной и находящейся в фазе с входным напряжением. Важным вопросом является, насколько близко к синусоиде надо подогнать

форму входного тока, чтобы получить значение КМ 0,95 и выше.

В ИВЭП фирмы Zicon для коррекции КМ с целью повышения КПД применяется активный высокочастотный (70 кГц) метод коррекции на основе повышающего стабилизатора. В качестве интегральной микросхемы управления активным корректором мощности применяется усовершенствованный вариант ИМС UC3854, содержащий в своем составе усилитель напряжения, схему аналогового умножителя/делителя, усилитель тока и ШИМ с фиксированной рабочей частотой.

На рис. 10 приведена значительно упрощённая высокочастотная схема коррекции КМ на основе повышающего стабилизатора. Выпрямленное синусоидальное напряжение сети поступает на схему умножителя, образуя опорный сигнал, а также сигнал, пропорциональный действующему значению напряжения сети. Отфильтрованное напряжение постоянного тока на выходе повышающего стабилизатора сравнивается с опорным напряжением  $E_{\text{опорн}}$  с последующим усилением полученного сигнала ошибки.

Далее сигнал ошибки подаётся на вход умножителя. Сигнал ошибки (рассогласования) перемножается с выходным напряжением в умножителе напряжения. В результате этого формируется сигнал, который модулирует длительность импульсов управления ключевым транзистором. Включение транзистора происходит в момент времени, когда напряжение на выходе датчика тока становится равным нулю (то есть при нулевом токе индуктивности L). Выключение транзистора происходит в момент времени, когда линейно нарастающее напряжение с датчика тока становится равным изменяемому по синусоидальному закону напряже-

нию с датчика выпрямленного напряжения.

После выключения транзистора ток в индуктивности начинает спадать, и при нулевом значении тока транзистор вновь включается. Далее процесс повторяется с достаточно высокой частотой. Усреднённый ток в индуктивности оказывается синусоидальным по форме и почти совпадающим по фазе с выпрямленным напряжением. Таким образом достигается высокое значение коэффициента мощности.

Обратная связь по напряжению является отрицательной, поэтому увеличение напряжения на выходе повышающего регулятора приводит к уменьшению сигнала ошибки, следовательно, уменьшается амплитуда импульсов тока в индуктивности и соответственно уменьшается среднее значение тока, что приводит к понижению выходного напряжения. Таким образом обеспечивается стабилизация выходного напряжения в схеме корректора при изменении напряжения сети. Данный метод обеспечивает значение КМ от 0,97 до 0,99 с очень низкими нелинейными искажениями, стабилизированное выходное напряжение 400 В постоянного тока и широкий диапазон входных напряжений переменного тока от 90 до 264 В.

Для ряда приложений могут оказаться очень полезными ИВЭП с автоматическим переключением диапазона (код 76 по табл. 1). В них двухполупериодный мостовой выпрямитель путём коммутации преобразовывается в схему удвоения напряжения (рис. 11). Данный каскад вырабатывает постоянное выходное напряжение со средним значением около 300 В и частотой пульсации 100 Гц. Переключатель, управляемый интеллектуальной схемой, позволяет такому ИВЭП работать от сети переменного тока с номинальным

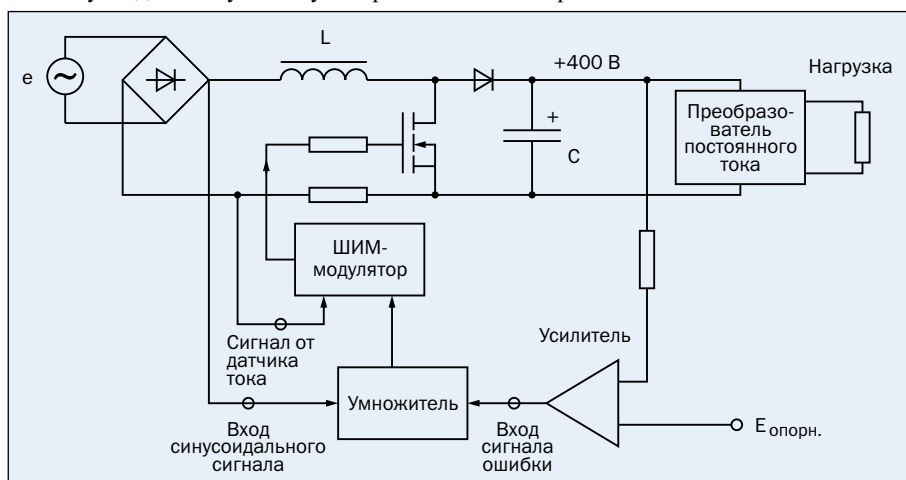
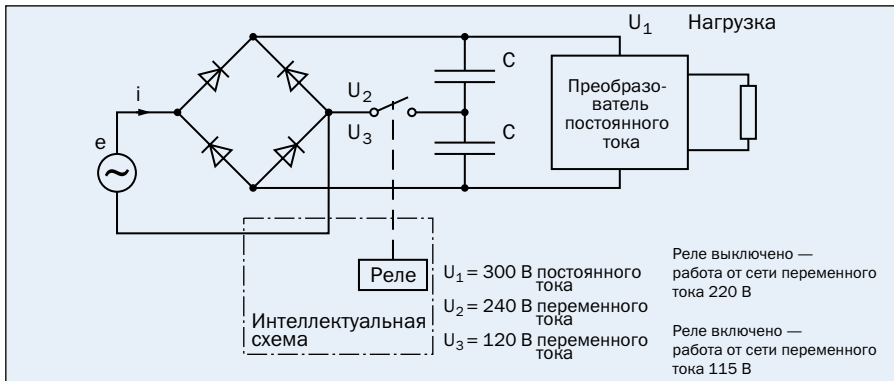


Рис. 10. Структурная схема активного высокочастотного корректора КМ



**Рис. 11. ИВЭП с автоматическим переключением диапазона (код 76)**

напряжением как 115 В, так и 220 В; причём при подключении к сети 115 В выходной выпрямитель работает в режиме удвоения напряжения. Мощность, потребляемая схемой управления, составляет 1,5 Вт, и ее необходимо учитывать при расчете КПД всей системы.

Некоторые комментарии относительно параметров многовыходных ИВЭП (табл. 4). Многовыходные ИВЭП привлекают внимание изготовителей оборудования возможностью сэкономить средства в случаях, когда требуется более одного уровня напряжения питания. Но при выборе многовыходных блоков для конкретных приложений требуется тщательный анализ их характеристик.

Начнём с нестабильности выходного напряжения. В примечании 1 к таблице 4 указано, что при установленном номинальном значении напряжения выходного (основного) канала ОР1 и нагруженных на 50% всех каналах значения выходных напряжений дополнительных каналов будут установлены в пределах 2% их номинальных значений. Это значит, что основной выходной канал полностью стабилизирован, а дополнительные каналы стабилизированы по сети. Внимательное изучение данных табл. 4 показывает, что у стабилизированных только по сети выходных каналов нестабильность в 2...4 раза больше, чем у основного выходного канала, а температурный дрейф больше в два раза (измеряется в миллионных долях от полной шкалы на градус Цельсия).

Перекрёстная нестабильность отражает тот факт, что изменения тока нагрузки одного из выходов многовыходного ИВЭП будут вызывать изменения напряжения других выходов. Так, при изменении нагрузки основного канала на каждые 10% значения выходных напряжений дополнительных каналов будут изменяться на 1% (табл. 4). В импульсных многовыходных ИВЭП ис-

пользуется общий трансформатор с отдельными обмотками для каждого выходного канала, в результате могут иметь место совершенно непредсказуемые взаимодействия. Однако многовыходные ИВЭП с отслеживанием только основного выходного канала вполне удовлетворительны во многих случаях. Так, например, некоторые виды приборов РЭА допускают следующие отклонения напряжения:

- приборы вычислительной техники (ПЗУ, устройства отображения информации) —  $\pm(7-10)\%$  номинального значения напряжения;
- приборы автоматики и телемеханики — от  $-5\%$  до  $+10\%$  номинального значения напряжения;
- операционные усилители —  $\pm 10\%$  номинального значения напряжения.

Особенностью многоканальных ИВЭП фирмы Zicon является способность выдавать импульсный ток в нагрузку до 300% от номинального значения. Это значит, что ИВЭП способны запитывать аппаратуру с импульсной (нелинейная нагрузка) характеристикой потребляемого тока: лампы, электромоторы, приводы и т.д. без ограничения тока. Например, 350-ваттный ИВЭП может запитать следующие виды аппаратуры:

- ОР1 (5 В, 50 А) — ТТЛ;
- ОР2 (-5 В, 5 А) — ЭСЛ;
- ОР3 ( $\pm 12$  В, 2 А) — аналоговые усилители;
- ОР4 (24 В, 1 А) — электромотор с пиковым значением пускового тока 10 А.

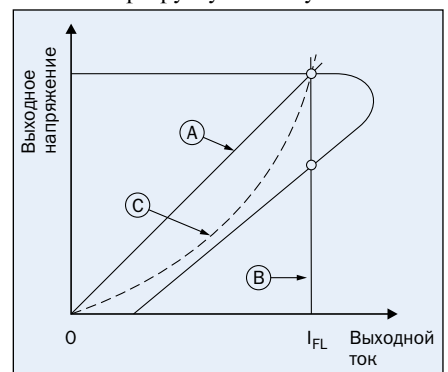
При этом 350-ваттный ИВЭП не будет ограничивать ток, потому что пиковое значение выходной мощности не превышает 600 Вт. Немногие ИВЭП других производителей с подобными габаритными размерами способны обеспечить питание систем с указанными особенностями.

Таким образом, многоканальный ИВЭП может быть хорошим приобретением, если в каждом конкретном

приложении действительно учитываются его слабые стороны.

Из табл. 4 следует, что при чрезмерной нагрузке по току (режим короткого замыкания нагрузки) многоканальные ИВЭП сохраняют работоспособность, но значение тока значительно уменьшается (рис. 12). Снижение значения тока (current fold-back — свёртка тока) в нагрузке при режиме короткого замыкания или чрезмерной нагрузке по току имеет то преимущество, что выходной ток уменьшается до значения ниже номинального. После снятия перегрузки ИВЭП переходит в номинальный режим работы, при котором обеспечивается стабилизация выходных напряжений. Однако при этом способе ограничения тока возможно защёлкивание выходного напряжения при некоторых видах нагрузок. На рис. 12 показаны нагрузочные характеристики А, В, С, представляющие резистивную нагрузку, режим стабилизации постоянного тока и сочетание обоих типов нагрузок соответственно. При постоянной токовой нагрузке выходное напряжение имеет две устойчивые точки, и выходной канал может защёлкнуться при низком значении напряжения. Функции ограничения тока выполняет схема операционного усилителя LM358 (IC2) на выходной плате; предполагается ограничение тока в первичной обмотке и 10-секундная выдержка при ограничении тока в нагрузке.

Исключение составляют каналы ОР2 и ОР3, а также выходные каналы с номинальным значением напряжения 15 В: для ограничения тока на безопасном уровне в них применяются элементы токовой защиты PolySwitch с рабочим током 4 А. Элемент PolySwitch обеспечивает защиту цепи, переходя из состояния с низким сопротивлением в состояние с высоким сопротивлением, реагируя таким образом на перегрузку по току. Элементы



**Рис. 12. Ограничение тока в нагрузке при коротком замыкании в цепи нагрузки ИВЭП фирмы Zicon**

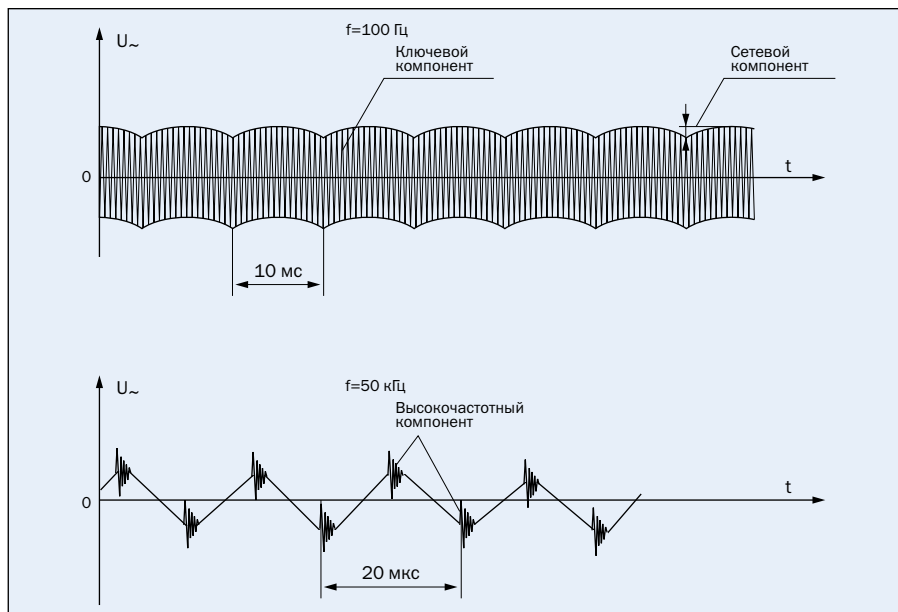
PolySwitch имеют время срабатывания в 5-10 раз меньше, чем керамические позисторы с положительным температурным коэффициентом. Характеристика защитных свойств предохранителей часто приводится в единицах  $A^2 \cdot c$  (табл. 4). Номинальное значение  $1000 A^2 \cdot c$  применяемых элементов токовой защиты означает, что элемент защиты сработает через одну секунду при значении тока, равном корню квадратному из 1000 (31,6 А), или через две секунды при значении тока в нагрузке, равном корню квадратному из  $1000/2$  (22,6 А), или через 10 с при токе, равном корню квадратному из  $1000/10$  (10 А) и т. д.

Пристальное внимание при выборе ИВЭП следует уделять также пульсации выходного напряжения. Этот параметр отражает характер и значение переменной составляющей выходного напряжения. Выходное напряжение ИВЭП с высокочастотными преобразователями содержит соответствующий высокочастотный компонент (рис. 13). Пульсация задаётся в виде следующих основных компонентов:

- сетевой компонент — размах напряжения в полосе частот выпрямленного сетевого напряжения (типичное значение этой составляющей пульсации находится в диапазоне 10...50 мВ);
- ключевой компонент — размах напряжения на частоте работы силовых транзисторов преобразователя (типичное значение этой составляющей пульсации находится в диапазоне 30...100 мВ);
- высокочастотный компонент — размах напряжения высокочастотных пиков выходного напряжения, измеряемых осциллографом с полосой 50 МГц.

Представление напряжения пульсаций в эффективных значениях является несколько некорректным, так как существуют высокочастотные выбросы (пики), соответствующие «характеристическим» частотам, но приборы для измерения эффективных значений не обладают необходимой полосой пропускания. Поэтому при представлении напряжения пульсации оговаривается размах пульсаций — высокочастотных помех с заданной полосой частот, измеряемых осциллографом с полосой 50 МГц (табл. 4).

В таблице 2 приводится значение напряжения кондуктивных электромагнитных помех псофометрических час-



**Рис. 13. Компоненты пульсации на выходе ИВЭП, построенного на основе высокочастотных регулируемых преобразователей**

тот, измеренных на входных контактах ИВЭП, работающих от сетей постоянного напряжения. Псофометрические частоты — это частоты, которые воспринимаются человеческим ухом. В таких применениях, как телесвязь, телефония, дистанционная связь, помехи, излучаемые оборудованием, не должны восприниматься человеческим ухом. Аудиометрическое воздействие напряжения помех, излучаемых оборудованием, определяется амплитудой и частотой. Оптимальной частотой для человеческого уха является частота 1 кГц, другие частоты ослабляются в соответствии с коэффициентами таблицы 6. Например, 1 мВ помехи на частоте 300 Гц эквивалентен 0,295 мВ на частоте 800 Гц. Весовые коэффициенты приведены для помех в диапазоне частот от 50 до 5000 Гц; в соответствии с ССИГТ (рекомендация Р53) они определяют характеристики псофометра — прибора для измерения напряжения шумов, в котором амплитуда помехи выражается как напряжение простого 800-герцового тона, создающего ухудшения, тождественные воздействию

помехи. Предельное значение помех, генерируемых оборудованием, не должно превышать 2 мВ (среднеквадратическое значение), измеренных весовым вольтметром (псофометром).

Параметр надёжности ИВЭП или системы вторичного электропитания в целом является одним из главных, так как без гарантированного электропитания бесполезно говорить о нормальном функционировании аппаратуры. Поэтому вопросу обеспечения надёжности систем вторичного электропитания уделяется большое внимание. Факторами, определяющими надёжность элементной базы, выбор электрических режимов электрорадиоизделий, температурные режимы элементов ИВЭП, условия производства, уровень техпроцесса, использование унифицированных конструкций [14]. Значение среднего времени наработки на отказ (MTBF) ИВЭП вычисляется для температуры +20°C. Необходимо иметь в виду следующее обстоятельство: если ИВЭП будет работать на краю диапазона рабочих температур, то значение

**Таблица 6. Весовые коэффициенты для помех в диапазоне частот от 50 до 5000 Гц**

Частота, Гц	Весовой фактор	Частота, Гц	Весовой фактор	Частота, Гц	Весовой фактор
50	0,00071	900	1,072	2000	0,708
100	0,00891	1000	1,122	2200	0,67
150	0,0355	1050	1,109	2400	0,634
200	0,089	1100	1,072	2600	0,598
300	0,295	1200	1,0	2800	0,562
400	0,484	1300	0,955	3000	0,525
500	0,661	1400	0,905	3500	0,376
600	0,794	1500	0,861	4000	0,178
700	0,902	1600	0,824	5000	0,0159
800	1,0	1800	0,76		

MTBF следует значительно уменьшить. Например, при температуре +55°C значение MTBF следует уменьшить на 75% [14].

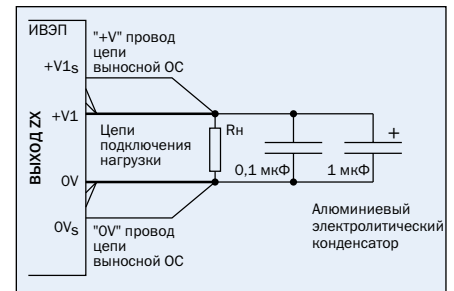
Для повышения надёжности необходимо также предусматривать 15...50% запаса по выходной мощности. Обеспечить надёжность системы вторичного электропитания легче, если эта система является распределённой (децентрализованной) [15]. При недостаточной надёжности ИВЭП необходимо совместно с основным источником использовать дополнительный.

Здесь уместным будет следующее замечание. В таблицах 1, 2 при расчёте показателя MTBF ИВЭП с установленными вентиляторами не учтена средняя интенсивность отказов этого электромеханического устройства. В ИВЭП с выходными мощностями 350/550/750 Вт и 1,1 кВт для обдува применяются вентиляторы фирмы RAPST® с номинальным напряжением питания 24 В постоянного тока, имеющие срок службы 62 000 ч. Изменение электрического режима вентилятора (питание от 18 В постоянного тока) повышает срок службы вентилятора до 100 000 ч.

В конце этой главы обратим внимание на провода, посредством которых осуществляется соединение нагрузок с ИВЭП. Зачастую они являются причиной повышенной нестабильности в нагрузке, причём производитель ИВЭП в этом совсем не виноват. Значения параметров нестабильности, указанные в табл. 3 и 4, измерены непосредственно на выходных контактах ИВЭП, а не на контактах прибора-потребителя. При небольших значениях тока нагрузки импеданс распределительной шины не имеет значения. Но, например, при 5 В и 200 А, используемых для питания логических схем, скачкообразное изменение тока нагрузки на 50 А может привести к выбросам, значительно превышающим предельные допустимые значения этих динамических параметров. Например, всего 1,5 метра провода большого сечения может внести индуктивность 5 мкГн, и это очень много. Предположим далее, что нагрузка изменится на 100 А, скажем, за 10 мкс (что вполне может быть на практике), и, подставив эти значения в формулу  $L(di/dt)$ , получим падение напряжения в 50 В на этих относительно коротких проводах.

Не во всех случаях применение выносной обратной связи (рис. 14) решает эту проблему [9]. Провода, обеспечивающие подключение цепей выносной

обратной связи (ОС), следует прокладывать параллельно и вплотную друг к другу. В идеальном варианте следует применять экранированные провода, что позволяет значительно уменьшать наведённые индуктивные помехи. Применение выносной обратной связи в одноканальных ИВЭП Zicon компенсирует только до 0,5 В падения напряжения на соединительных проводах (примечание 6 к табл. 3). Поэтому в каждом случае необходимо учитывать требования к стабильности питающих напряжений приборов-потребителей. Использование цепей выносной ОС в многоканальных ИВЭП возможно только для основного канала (компенсируется падение напряжения 0,25 В), но при этом может наблюдаться эффект перекрёстного влияния на дополнительные каналы. При больших значениях динамических изменений токов нагрузки выносная обратная связь не способна устранить этих потерь. При больших токах нагрузки применяют параллельное соединение проводников кабеля и контактов соединителя (для этого на соединителях блоков предусмотрены контакты). Если параллельное соединение проводников обеспечивает некоторое



**Рис. 14. Подключение цепей выносной обратной связи, нагрузки, развязывающих конденсаторов в точках подключения выносной обратной связи на нагрузке для одноканальных блоков**

снижение итогового сопротивления питающей линии, то параллельное соединение контактов соединителя не даёт гарантии такого же снижения сопротивления. Это связано с электрохимическими процессами контактирования соприкасающихся металлов при наличии протекающего тока [1].

Провод с оптимальным сечением может быть вычислен по данным, приведённым в табл. 7. Сечение проводов питающей и распределённой сетей системы электропитания выбирается также по условиям нагрева электрическим током [13].

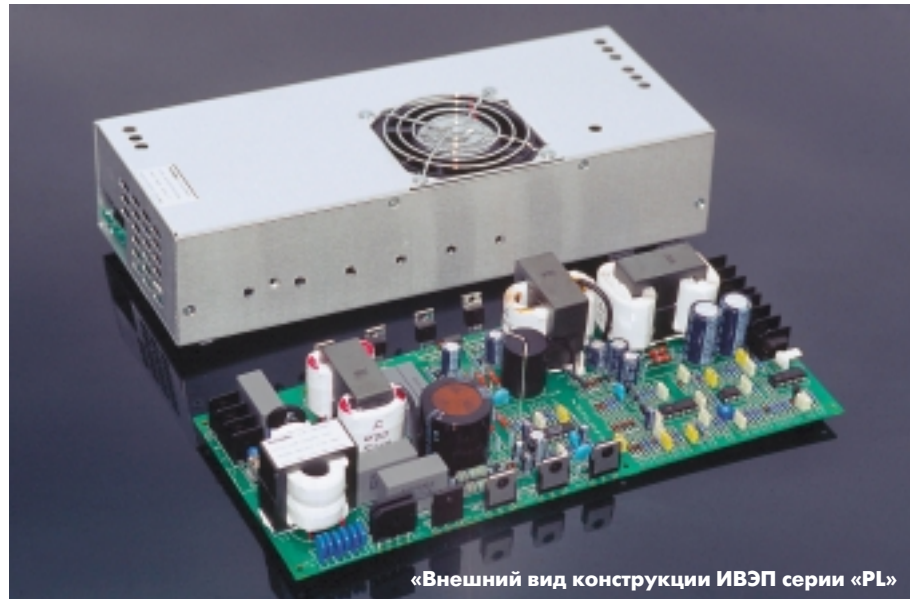
**Таблица 7. Сопротивление проводов с медными жилами (при 20°С)**

AWG (Американский Сортамент проводов)	Сечение токопроводящего провода, мм <sup>2</sup>	Погонное сопротивление, мОм/м
2	34	0,46
4	21	0,64
6	13	1,0
8	8,4	2
10	5,5	3
12	3	5,5
14	2,1	8,5
16	1,3	12
18	0,83	20
20	0,56	27
22	0,34	49
24	0,21	85
26	0,13	110
28	0,085	250

Применение параллельного соединения проводников в большей степени диктуется требованиями по ЭМИ (появляется возможность для дополнительного экранирования и компенсационного взаимовлияния проводников), необходимостью обеспечить нейтральный (без перегревов) температурный режим и конструкторскими ограничениями, начиная от веса и габаритов необходимых соединителей, заканчивая проблемами разводки питания при нескольких потребителях. Из всего сказанного следует, что подбор ИВЭП требует пристального внимания к различным деталям и учета требований конкретного приложения [8]. В некоторых случаях может потребоваться коренной пересмотр концепции построения системы вторичного электропитания.

### ИВЭП СЕРИИ «PL»

ИВЭП серии PL300/PL600 были представлены фирмой Zicon в 1998 году и являются модификацией изделий серии «Z». Серия разработана для применений, в которых важна невысокая стоимость, но не за счет снижения показателей качества. Конструктивно ИВЭП выполнены в виде U-образного шасси и приспособлены для монтажа на направляющую типа DIN (Deutsche Industrie Norm) TS32/15, что делает их идеальными для применения в распределённых системах электропитания, системах управления технологическими процессами. ИВЭП серии «PL» могут быть установлены на стене, двери конструктива или распределительном щите, что обеспечивает простоту монтажа и технического обслуживания. Основные технические характеристики ИВЭП приведены в таблицах 1, 2, 3.



«Внешний вид конструкции ИВЭП серии «PL»

Корректор КМ обеспечивает значение КМ >0,98. Поставляются изделия с выходными мощностями 300 и 600 Вт.

### ИВЭП СЕРИИ «M»

Изделия большой мощности серии «M» поставляются фирмой Zicon с выходными мощностями от 1,1 до 10 кВт. Основные технические характеристики приведены в таблицах 1, 2, 3. Габаритные размеры ИВЭП зависят от комбинации выходной мощности, параметров питающей сети и номинального значения выходного питающего напряжения (от 360·250·150 мм до 360·250·900 мм). Поставляются только одноканальные блоки.

### ЗАРЯДНЫЕ УСТРОЙСТВА АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ СЕРИИ «С»

Импульсные ИВЭП могут обеспечивать питание при прерывании подачи входной энергии в течение 12...28 мс (табл. 1), однако более длительные перебои в подаче электроэнергии могут привести к потере данных, прерыванию выполнения некоторых жизненно важных функций и возможному повреждению оборудования. В некоторых системах электропитания аккумуляторные батареи (АБ) служат в качестве буферных накопителей энергии, например, в системах, в которых в качестве первичного источника энергии применяется энергия ветра.

Для организации аварийного питания применяется батарейное аварийное питание, источники бесперебойного электропитания (ИБП), резервирование ИВЭП (рассматривается в разделе «Дополнительные сервисные функции»).

Зарядные устройства серии «С» разработаны фирмой Zicon для обеспечения процессов заряда-разряда АБ и коммутации источников питания в системах бесперебойного питания.

Технические параметры зарядных устройств серии «С» приведены в таблице 8.

На рис. 15 показана функциональная схема зарядного устройства серии «С».

Далее приводятся комментарии по применению зарядного устройства в режиме заряда АБ и при организации системы бесперебойного питания.

#### Режим заряда АБ

1. При подключении отрицательного полюсного штыря АБ к общей клемме «0V» зарядного устройства и положительного полюсного штыря АБ к клемме «BATT» зарядного устройства необходимо применять защитные устройства. Рекомендуется подключать АБ через плавкие предохранители, автоматические выключатели или другие защитные устройства для ограничения значения тока в случае обратного подключения АБ. При отсутствии устройств защиты и неправильном подключении АБ происходит короткое замыкание и, как результат, выход из строя выходного выпрямителя зарядного устройства, выходной катушки индуктивности и блокирующего диода, обеспечивающего подключение по схеме ИЛИ.

2. В случае когда ИВЭП находится во включённом состоянии, он обеспечивает подачу на батарею зарядного напряжения, равного напряжению холостого хода АБ. Если АБ разряжена, ток заряда ограничивается до заданного значения, и зарядное напряжение холостого хода не установится до тех пор,

**Таблица 8. Технические параметры зарядных устройств серии «С»**

Код параметров выходного канала) <sup>1</sup>	Значение напряжения АБ				Код модели, номинальная мощность (Вт)				
	Напряжение разряжаемой АБ (1,75 В/аккумулятор)	Номинальное значение напряжения АБ (2 В/аккумулятор)	Номинальное значение напряжения ненагруженной АБ (2,25 В/аккумулятор)	Повышенное значение напряжения АБ (2,4 В/аккумулятор)	200	300	350	550	750
					Максимальное значение тока заряда, А				
6	5,25	6	6,75	7,2	31	46	52	82,5	N/A
12	10,5	12	13,5	14,4	18,5	26,6	31	46	62,2
14	12,25	14	15,75	16,8	15,8	22,8	26,6	40	53
24	21,0	24	27,0	28,8	9,2	13,3	15,6	23	31
36	31,5	36	40,5	43,2	6,1	8,9	10,4	15,3	20,7
48	42,0	48	54,0	57,6	4,6	6,6	7,8	11,5	15,6
60	52,5	60	67,5	72,0	3,7	5,3	6,2	9,2	12,4
96	84,0	96	108,0	115,0	2,3	3,3	3,9	5,7	7,8
11	94,5	108	121,5	129,6	2	3	3,5	5,1	7

Примечания.

1. Смотри общую систему кодирования изделий Zicon.
2. Желтым цветом выделены случаи, когда пониженное напряжение не способно отключить полную нагрузку.

пока АБ будет находиться в разряженном состоянии.

3. Для обеспечения оптимального режима заряда АБ и продления срока службы кислотных АБ используется термокомпенсация напряжения холостого хода заряженной АБ (номинальное значение 2,25 В/аккумулятор). Выходное напряжение изменяется на -3 мВ/°С/аккумулятор. Это значит, что напряжение на выходе зарядного устройства для соединённых последовательно 12 аккумуляторов (напряжение холостого хода 27 В) будет изменяться на -36 мВ/°С без применения термокомпенсации.

4. Реле AC FAIL срабатывает в случае, когда значение напряжения пита-

ющей сети становится на 20% ниже номинального значения.

5. Выходной блокирующий диод (OR-диод) установлен таким образом, чтобы исключить утечки тока в АБ, отличных от тока для реле BATT FAIL.

6. Реле BATT FAIL срабатывает, когда напряжение на полюсных штырях АБ становится меньше 1,75 В/аккумулятор. Обратное переключение реле BATT FAIL происходит, когда напряжение АБ становится больше 2 В/аккумулятор.

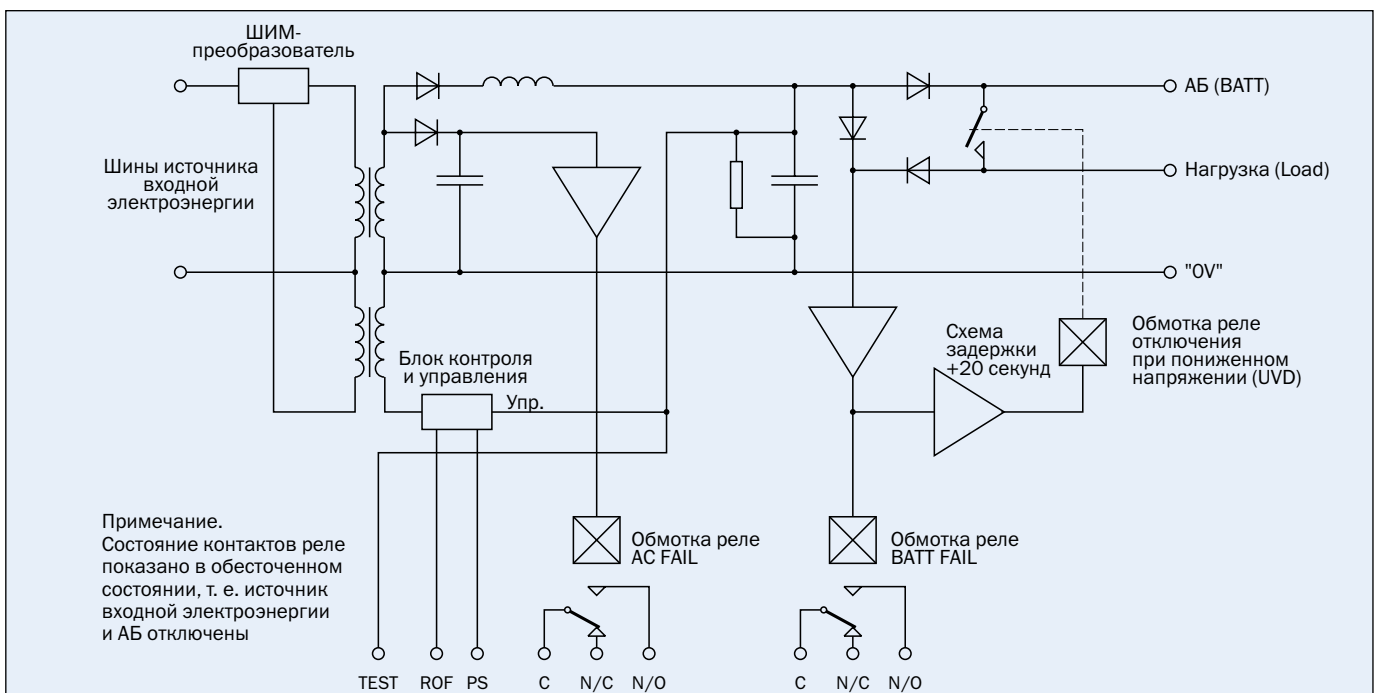
7. Режим автоматического повышения напряжения может быть специфицирован при заказе; форсирующее напряжение прикладывается автоматически, ускоряя процесс заряда.

8. Параллельное соединение: несколько устройств могут работать параллельно в применениях, требующих больших значений зарядного тока. Рекомендуется использовать зажимы PS (Power Share), для равномерного распределения зарядного тока.

**Источник бесперебойного питания (ИБП)**

С помощью устройств фирмы Zicon разработчик системы электропитания может реализовать систему бесперебойного питания с аккумуляторной поддержкой (рис. 16)

1. Зарядное устройство подключается, как указано в ранее приведенных рекомендациях.
2. Положительный зажим подключается к зажиму «Load» ИВЭП, отрицательный зажим нагрузки подключа-



**Рис. 15. Функциональная схема зарядного устройства серии «С»**



ется к зажиму «0V». Ток нагрузки не протекает даже при полностью заряженной батарее, до тех пор пока зарядное устройство не будет включено.

3. В случае когда зарядное устройство включается и напряжение на штырях АБ больше 2 В/аккумулятор, реле BATT FAIL переключается, в результате срабатывает реле отключения при пониженном напряжении (UVD), подключая АБ и зарядное устройство к зажиму «Load» (нагрузка).
4. В случае когда прекращается поступление энергии, АБ будет продолжать питать нагрузку до тех пор, пока АБ не разрядится до значения ниже 1,75 В/аккумулятор; не позже, чем через 20 с после этого АБ будет отключена от нагрузки реле UVD. Значение времени отключения АБ при пропадании входной энергии зависит от тока нагрузки и значения номинальной ёмкости АБ (А·ч).
5. Контакты реле UVD рассчитаны на 750 Вт, и поэтому имеет место ограничение на число нагрузочных зажимов, через которые могут быть параллельно подключены устройства. Полное значение потребляемой мощности соединённых нагрузок не должно превышать 750 Вт при параллельном соединении устройств.

В качестве зарядных устройств можно применять ИВЭП серий «Z» и «PL», так как они обеспечивают постоянное значение напряжения/тока на выходе. При заказе этих изделий для использования в качестве зарядных устройств необходимо указать требуемое значение напряжения.

**Дополнительные сервисные функции**

Для обеспечения дополнительных режимов работы в составе комплексов радиоэлектронной аппаратуры и системах электропитания средств автоматизации технологических процессов ИВЭП фирмы Zicon могут комплектоваться дополнительными сервисными системами.

Для обеспечения модульного принципа резервирования с целью повышения надёжности системы вторичного электропитания и уменьшения номенклатуры используемых ИВЭП в системе применяется параллельное соединение ИВЭП. Оно предполагает

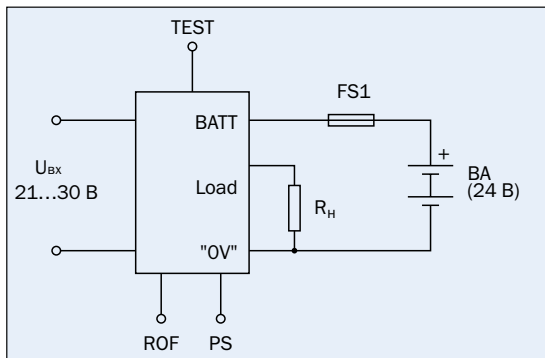


Рис. 16. Схема ИВЭП, реализованная на зарядном устройстве серии «С»

ет соединение зажимов «PS» (Power Share — распределение мощности). Сигналы PS и PM (Power Monitor) формируются дополнительной платой, устанавливаемой при заказе ИВЭП с любым набором сигналов, о которых будет сказано далее. Эта плата сравнивает значение тока отдельного блока со значением системного тока, делённого на число блоков; если значение тока блока недостаточно высокое, значение его напряжения увеличивается до тех пор, пока значение его тока не достигнет средней величины. Для правильного функционирования схемы распределения энергии значения выходных напряжений каждого ИВЭП должны быть установлены в пределах ±5% относительно друг друга. Значение сигнала PM пропорционально мощности при номинальном значении напряжения:

- 200 Вт, 300 Вт — 20 мВ/Вт;
- 350 Вт, 550 Вт — 10 мВ/Вт;
- 750 Вт, 1,1 кВт — 5 мВ/Вт.

При параллельном соединении ИВЭП необходимо обеспечивать одинаковые температурные условия для функционирования соединяемых блоков и использовать радиальную схему разводки парами проводов от

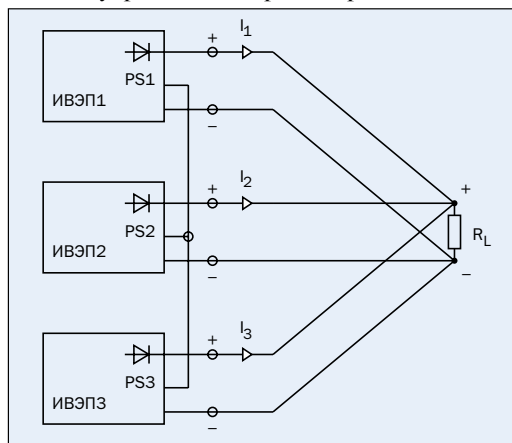


Рис. 17. Схема параллельного соединения ИВЭП с блокирующими диодами для реализации «горячей» замены ИВЭП и «горячего» резервирования

нагрузки. Ограничений на число параллельно соединяемых ИВЭП не существует.

**Блокирующий выходной диод (OR-диод)**

Встроенные по схеме ИЛИ блокирующие диоды могут быть установлены по заказу (вариант для заказа «D») для реализации режима «горячей замены» (hot-swap) блоков питания, резервирования и заряда АБ (рис. 17). Данная схема параллельного соединения является более надёжной по сравнению со схемой простого соединения выходов. Но установка блокирующих диодов снижает значение КПД ИВЭП в целом. Снижение КПД при установке диодов на выходных каналах с различными значениями напряжений иллюстрирует таблица 9.

Таблица 9. Влияние блокирующих диодов на кпд ИВЭП

Номинальное значение выходного напряжения, В	Снижение кпд, %
5	5
12	3
24	2
48	1
100	0,5

**(N+1) резервирование**

Возможность «горячего» резервирования ИВЭП обеспечивается блокирующими диодами и приводит к существенному повышению надёжности системы питания.

**Защита от перегрева (OTP — Over temperature protection)**

Защита от чрезмерного внутреннего нагрева, является стандартной для 300, 550, 600, 750 Вт и 1,1 кВт ИВЭП и для других изделий Zicon (вариант для заказа «Т»). Защита осуществляется терморегулятором, установленным на трансформаторе основного преобразователя. В случае когда температура достигнет значения 100°С, ИВЭП отключается терморегулятором. Перезапуск ИВЭП может быть осуществлён отключением напряжения питающей сети минимум на 3 минуты для понижения температуры.

**Формирование аварийных и сервисных сигналов**

**S-сигналы уровня TTL**

Сигналы формируются с помощью дополнительной платы. Они служат признаком аварийного режима в цепи входной электроэнергии (ACF

или  $\overline{OPF}$ ) или выходного канала ( $\overline{DCF}$  или  $\overline{OPF}$ ) и обеспечивают системный перезапуск ( $\overline{SRS}$ ).

Сигнал  $\overline{ACF}$  или  $\overline{IPF}$  (AC FAIL/ Input FAIL) формируется, когда значение входного напряжения падает ниже минимального значения напряжения.

Сигнал  $\overline{DCF}$  или  $\overline{OPF}$  (DC FAIL/Output FAIL) формируется в том случае, когда значение выходного напряжения падает ниже 90% номинального значения.

Сигнал  $\overline{SRS}$  (System Reset) формируется как NAND (функция И-НЕ) сигналов  $\overline{ACF}$  и  $\overline{DCF}$  с задержкой 200 мс в соответствии с протоколом стандарта VME.

### R — релейные сигналы состояния системы

Те же, что S-сигналы, но сигнал системного сброса выполнен в виде сигнала «сухих» контактов реле, что удобно при дистанционном управлении.

### V-сигналы

Ими устанавливаются реле, обеспечивающие регулирование процессов заряда-разряда АБ (см. «Зарядные устройства аккумуляторных батарей серии «С»). Дополнительно формируются сигналы PS и PM. Рекомендуется закрывать совместно с OR-диодом.

### F-сигналы

Это сигналы реле аварийных режимов в питающей сети и выходных каналах. Дополнительно обеспечиваются функции PS и PM.

### Формирование сигналов магистрально-модульного стандарта VME (VERSAmodule Eurocard)

Эти сигналы формируются только при установке дополнительной платы формирования S-сигналов.

ACF или IPF: переход из состояния логической 1 в состояние логического 0 указывает на опасность аварии в выходном канале вследствие аварийного режима в питающей сети. Минимальное время предупреждения составляет 10 мс до падения выходного напряжения ниже 90...95% номинального значения.

DCF или OPF: состояние логического 0 свидетельствует о том, что уровень выходного напряжения ниже 90...95% номинального значения.

SRS: состояние логической 1 свидетельствует о нормальном функционировании системы (рис. 18).

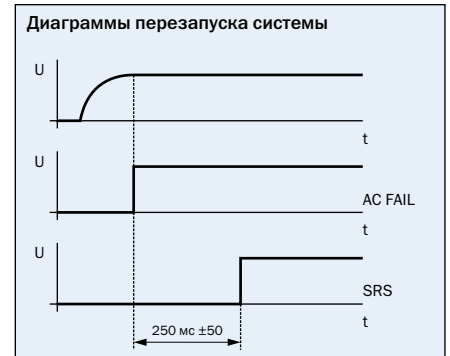
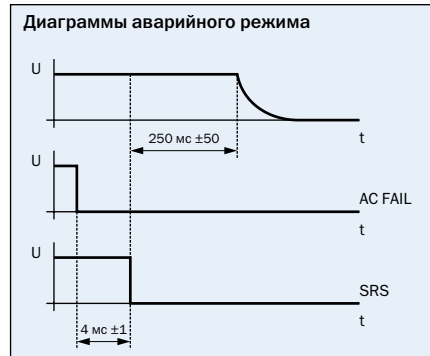


Рис. 18. Временные диаграммы формирования сервисных сигналов магистрально-модульного стандарта VME

### Вспомогательные принадлежности

Для решения различных проблем, возникающих при разработке систем вторичного электропитания, фирма Zicon поставляет вспомогательные принадлежности (рис. 19). Для монтажа ИВЭП на направляющую типа DIN поставляются монтажные хомуты, для настенного монтажа поставляются универсальная монтажная плата. Для устройств в формате Евромодуль поставляются ответные соединители.

Для термокомпенсации напряжения на АБ, удалённой от зарядного устройства, поставляется датчик с двухметровыми проводами.

### Эксплуатационные характеристики изделий ZICON ELECTRONICS

- Диапазон рабочих температур: -20...+70°C.
- Диапазон температур при хранении: -25...+85°C.
- Относительная влажность воздуха (без конденсации влаги): 0...90%.
- Допустимая высота подъема над земной поверхностью: 3000 м.
- Вибрация (по трём осям): изделия сохраняют работоспособность при воздействии случайной вибрации в диапазоне частот от 5 до 500 Гц при среднеквадратическом значении виброускорения 2g в течение 10 мин
- Устойчивы к воздействию синусоидальной вибрации в диапазоне частот от 5 до 50 Гц при двойной амплитуде виброперемещения 0,05 мм и в диапазоне частот от 50 до 100 Гц при двойной амплитуде виброперемещения 0,025 мм.
- Удар: в нерабочем состоянии выдерживают ударное воздействие при падении с высоты 100 мм лицевой поверхностью шасси (для ИВЭП серий ZX200 и ZX550).



Рис. 19. Вспомогательные принадлежности для изделий фирмы Zicon

Для обеспечения работоспособности в условиях повышенной вибрации (вариант для заказа «М») возможно повышение устойчивости к воздействию вибраций путём применения специальных способов монтажа компонентов (например, использование электролитических конденсаторов с крепёжным хомутом или с усиленными выводами).

Для применения на борту подвижных транспортных средств обеспечиваются следующие показатели устойчивости к механическим воздействиям:

вибрация (по трём осям) в диапазоне частот от 5 до 500 Гц при среднеквадратическом значении виброускорения 3g и пиковом виброускорении 10g.

Покрытие печатных плат прозрачным эластичным кремнийорганическим компаундом (вариант для заказа «Е») обеспечивает отличную устойчивость к воздействию химикатов и растворителей, а также обеспечивает работу при повышенной влажности.

### РАЗНООБРАЗИЕ ПРИМЕНЕНИЙ

Широкая номенклатура и хорошие энергетические, массо-габаритные, точностные характеристики, а также показатели надёжности и электромагнитной совместимости позволяют

строить системы и устройства электропитания с применением изделий Zicon Electronics в таких различных отраслях, как

- железнодорожный транспорт,
- нефтехимическая промышленность, нефтегазодобывающая отрасль,
- автоматизация технологических и сборочных процессов,
- станкостроение,
- авиационная и оборонная электроника,
- электросвязь,
- вычислительные системы и сети,
- морской флот,
- радиовещание,
- медицина,
- метрология,
- научные исследования,
- индустрия развлечений.

В качестве промышленных источников питания они используются в

- электроприводах,
- системах управления турбинами,
- мобильной аппаратуре связи,
- печатающих устройствах,
- торговых автоматах,
- оборудовании внешней рекламы.

Изделия Zicon также используются в системах контроля за состоянием окружающей среды, промышленного и аварийного освещения, противопожарной защиты и безопасности и во многих других применениях. ●

## ЛИТЕРАТУРА

1. Сергеев Б.С. Схемотехника функциональных узлов источников вторичного электропитания: Справочник.— М.: Радио и связь, 1992.— 224 с.

2. Бас А. А. и др. Источники вторичного электропитания с бестрансформаторным входом/ А. А. Бас, В. П. Миловзоров, А. К. Мусолин.— М.: Радио и связь, 1987.— 160 с.
3. Гончаров А. Ю. Серийно выпускаемые транзисторные преобразователи электроэнергии // Электроника: наука, технология, бизнес.—1998.— № 2.— С. 50-52.— № 3-4.— С. 80-82.
4. Прянишников В. А. Электроника: Курс лекций. — СПб.: КОРОНА принт, 1998. — 400 с.
5. Гудинаф Фрэнк. Интегральные схемы управления импульсными источниками питания// Электроника. — 1989. — № 23. — С. 62-74.
6. Источники вторичного электропитания/ С. С. Букреев, В. А. Головацкий, Г. Н. Гулякович и др.; Под ред. Ю. И. Конева. — М.: Радио и связь, 1983.— 280 с.
7. Микроэлектронные электросистемы. Применения в радиоэлектронике/ Ю. И. Конев, Г. Н. Гулякович, К. П. Полянин и др.; Под ред. Ю. И. Конева. — М.: Радио и связь, 1987. — 240 с.
8. Правильный выбор источника питания// Электроника.— 1981. — № 12. — С. 103-120.
9. Жданкин В.К. Рекомендации по применению преобразователей постоянного напряжения средней мощности серий ВХА15, ВХА30 и ВХА40// Современные технологии автоматизации. — 1999.— № 4.— С. 72-80.
10. Бернанд К. Коэл. Решение проблемы коррекции коэффициента мощно-

сти// Электроника: — 1989.— № 13.— С. 48-50.

11. Патрик Хангер. Улучшение характеристик импульсных источников питания путём коррекции коэффициента мощности // Электроника. — 1992.— № 11-12.— С. 60-67.
12. Жданкин В. К. Коррекция гармоник входного тока в маломощных сетевых источниках питания// Современные технологии автоматизации. - 1998.— № 1.— С. 110-112.
13. Проектирование систем автоматизации технологических процессов: Справочное пособие/ А. С. Клюев, Б. В. Глазов, А. Х. Дубровский, А. А. Клюев; Под ред. А. С. Клюева.- М.: Энергоатомиздат, 1990.— 464 с.
14. Жданкин В. К. Надёжность преобразователей напряжения и её количественная оценка// Современные технологии автоматизации. — 1997.— № 4.— С. 116-119.
15. Лукин А.В. Распределённые системы электропитания// Электронные компоненты.— 1997.— № 7.— С. 28-32.— 1998.— № 2. С. 20.— № 3. — С. 33.

**В. К. Жданкин — сотрудник  
фирмы ПРОСОФТ  
117313, Москва, а/я 81  
Телефон: (095) 234-0636  
Факс: (095) 234-0640  
E-mail: root@prosoft.ru**