

Как выбрать ограничитель пусковых токов и прерыватель цепи для импульсных источников питания

У. Ву¹

УДК 621.316.91 | ВАК 05.27.01

В схемах импульсных источников питания для снижения пульсаций выходного напряжения на удвоенной частоте сети и повышения стабильности выходного напряжения при колебаниях сетевого напряжения обычно применяют конденсаторы большой емкости. Однако таким конденсаторам требуются большие токи заряда при начальном включении питания, что влечет за собой высокие пусковые токи. Чтобы минимизировать переходные токи, большинство разработчиков используют термисторы с отрицательным температурным коэффициентом сопротивления (ТКС). Недостаток такого подхода состоит в том, что этот компонент в рабочем режиме непрерывно потребляет ток, что не только генерирует тепло, но и оказывает влияние на эффективность источника питания. Невозможность выбора достаточно большого номинала сопротивления термистора ограничивает диапазон подавления пусковых токов. Более эффективное решение – применение ограничителя пусковых токов в сочетании с прерывателем цепи, благодаря чему уменьшается выделяемое тепло и улучшаются характеристики подавления пусковых токов.

Включение в систему ограничителя пусковых токов после прерывателя цепи переменного тока может эффективно снизить вероятность случайного отключения прерывателя цепи при подключении нагрузки переменного тока и повысить общую надежность системы. В качестве примера ограничителя пусковых токов, используемого для снижения кратковременных пиковых токов, вызванных такими емкостными нагрузками, как источники питания, рассмотрим устройства серии ICL-16 компании MEAN WELL.

Ограничитель пусковых токов ICL-16, рассчитанный на ток 16 А, состоит из трех частей (рис. 1): 1) цементного резистора R, лишенного недостатка термистора с отрицательным ТКС, сопротивление которого снижается по мере повышения температуры, что позволяет стабилизировать пусковой ток при более высоких температурах; 2) обходного реле, которое накоротко замыкает резистор R как только гасятся переходные токи; 3) схемы управления обходным реле. Благодаря такому схемному решению значительно уменьшается тепло, выделяемое во время работы, и улучшаются характеристики подавления, тем самым устраняются недостатки термистора с отрицательным ТКС.

В серии ICL-16 предлагаются два типа устройств для разных приложений: ICL-16R – с монтажом на DIN-рейку и ICL-16L – линейного типа (рис. 2). Детальная информация

о характеристиках этих изделий доступна на сайте компании MEAN WELL – www.meanwell.com. На рис. 3 представлена схема включения этих устройств.

При расчете количества источников питания, которые можно подключить к ICL-16, следует учитывать две ключевые характеристики ограничителя пусковых токов – номинальный непрерывный переменный ток и допустимую

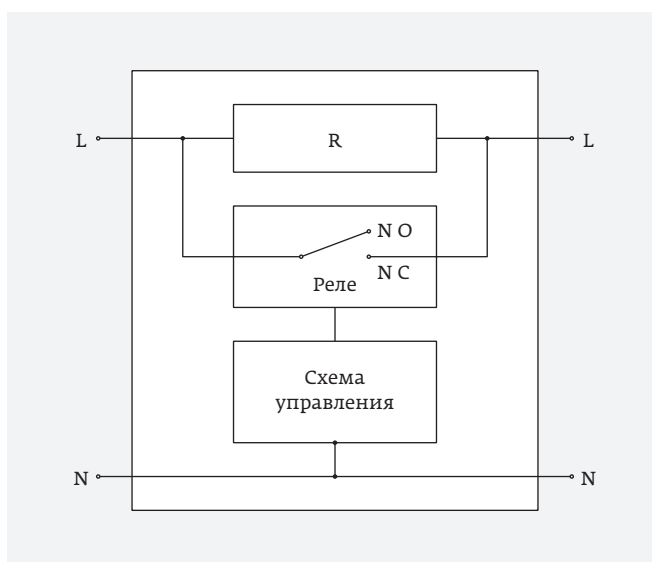


Рис. 1. Блок-схема ограничителя пускового тока ICL-16

¹ Компания MEAN WELL, willard@meanwell.com.



Рис. 2. Ограничитель пусковых токов серии ICL-16: слева – с монтажом на DIN-рейку ICL-16R; справа – линейного типа ICL-16L

емкостную нагрузку. Для примера рассмотрим порядок расчета для ICL-16R и блока питания SDR-120-24.

Шаг 1. Согласно технической документации номинальное значение непрерывного переменного тока для ICL-16R составляет 16 А, а допустимая емкостная нагрузка – 2500 мкФ (рис. 4).

Шаг 2. Для блока питания SDR-120 типовое значение входного переменного тока при полной нагрузке составляет 0,7 А при 230 В AC (рис. 5). Для расчета количества блоков источников питания нужно разделить непрерывный номинальный ток ICL-16 на входной переменный ток SDR-120:

$$16 \text{ А} / 0,7 \text{ А} = 22,8, \text{ или, округляя до целых чисел, } 22 \text{ блока.}$$

Шаг 3. Согласно данным по испытаниям источников питания серии SDR-120 емкость конденсатора C5 составляет 100 мкФ (см. рис. 5). Если разделить допустимую емкостную нагрузку ICL-16 на входную емкость источника питания, получим $2500 \text{ мкФ} / 100 \text{ мкФ} = 25$ блоков.

Шаг 4. Выберем меньшее число блоков, сравнив результаты расчета, полученные в шагах 2 и 3, и умножив на коэффициент 0,9:

$$22 \cdot 0,9 = 19,8 \text{ или, округляя, } 19.$$

Таким образом, к ограничителю пусковых токов ICL-16R можно подключить 19 блоков питания SDR-120-24.

Рассмотрим, как выбрать подходящий прерыватель цепи. Этот автоматический ключ используется преимущественно в качестве устройства

защиты электронного оборудования от сверхтоков, вызванных перегрузкой или коротким замыканием. Его применяют в различных областях, в частности в промышленном производстве, где эти устройства обычно служат защитой электродвигателей.

Один из наиболее распространенных типов прерывателей цепи с низким номинальным током (до 125 А) – автоматический микропрерыватель (Miniature Circuit Breaker – MCB), или, как его называют в Японии, автоматический выключатель без плавкого предохранителя. Автоматические микро-

прерыватели можно разделить на четыре типа в зависимости от характеристики отключения: А, В, С и D. Устройства типа А применяются для защиты очень чувствительных цепей, например схем на полупроводниковых компонентах. Их мгновенный ток отключения находится в диапазоне от $2 \cdot I_n$ до $3 \cdot I_n$ (где I_n – номинальный ток микропрерывателя). Устройства типа В подходят для компьютеров, электронного оборудования и защиты электроцепей жилых помещений. Мгновенный ток отключения этих устройств – от $3 \cdot I_n$ до $5 \cdot I_n$. Микропрерыватели типа С применяют в качестве устройств общей защиты в схемах управления, осветительных системах с высоким пусковым током и других

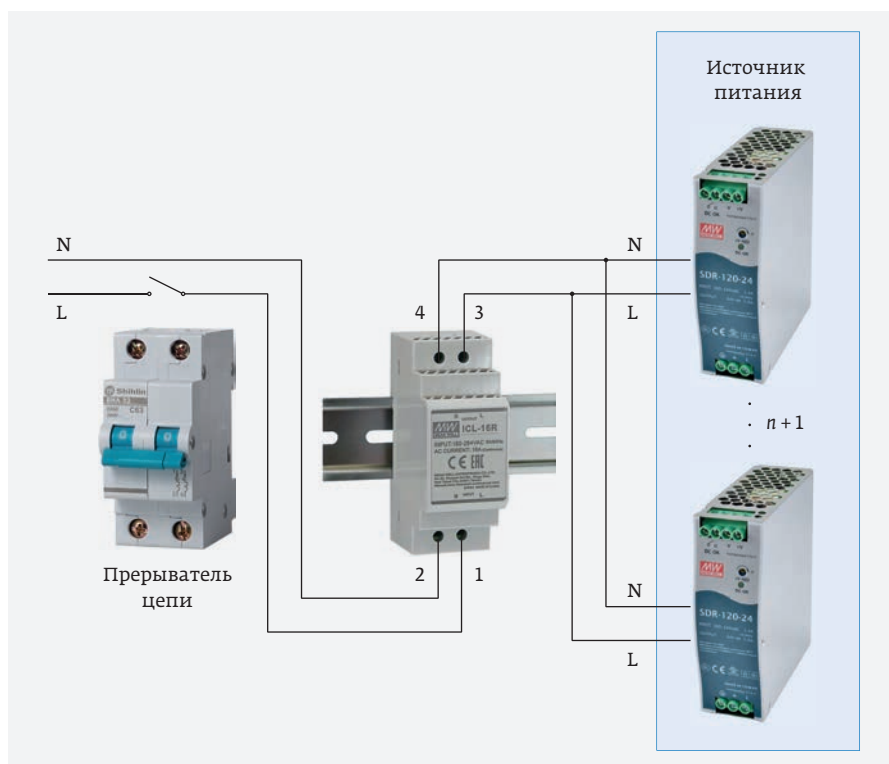


Рис. 3. Схема включения устройств серии ICL-16

SPECIFICATION

MODEL	ICL-16R	ICL-16L		
AC INPUT VOLTAGE	180 ~ 264VAC			
AC LINE FREQUENCY	47 ~ 63Hz			
INRUSH CURRENT LIMITING	23A			
AC CONTINUOUS RATED CURRENT	16A continuous			
AC INPUT POWER	3680VA (16A x 230VAC)			
AC INPUT CONSUMPTION	<1.5W at 264VAC, 50Hz input			
INTERNAL RELAY LIMITING TIME (TON POWER ON)	300±50ms			
INTERNAL RELAY	LIMITING CYCLES	PSU Set up time<250ms 1 cycle / 5 min	PSU Set up time 250 ~ 350ms 1 cycle / 1 min	PSU Set up time >350ms 5 cycle / 1 min (>1500ms per cycle)
	RELEASE TIME	500±50ms		
INTERNAL PROTECTION	Thermal fuse protects overload and fire			
ALLOWED CAPACITIVE LOAD	2500 μF max.			
AC PEAK CURRENT	165A for 20ms / 800A for 200 μs (even while switching internal bypass relay)			
WORKING TEMP.	-30 ~ +70℃			
WORKING HUMIDITY	20 ~ 90% RH non-condensing			
STORAGE TEMP.	-40 ~ +85℃			
TEMP. COEFFICIENT	±0.03%/℃ (0 ~ 50℃) RH non-condensing			

Рис. 4. Выбор характеристик ICL-16R из технической документации

SPECIFICATION

MODEL		SDR-120-12	SDR-120-24	SDR-120-48
OUTPUT	DC VOLTAGE	12V	24V	48V
	RATED CURRENT	10A	5A	2.5A
	CURRENT RANGE	0 ~ 10A	0 ~ 5A	0 ~ 2.5A
	RATED POWER	120W	120W	120W
	PEAK CURRENT	15A	7.5A	3.75A
	PEAK POWER <small>Note.6</small>	180W (3 sec.)		
	RIPPLE & NOISE (max.) <small>Note.2</small>	100mVp-p	100mVp-p	120mVp-p
	VOLTAGE ADJ. RANGE	12 ~ 14V	24 ~ 28V	48 ~ 55V
	VOLTAGE TOLERANCE <small>Note.3</small>	±1.0%	±1.0%	±1.0%
	LINE REGULATION	±0.5%	±0.5%	±0.5%
LOAD REGULATION	±1.0%	±1.0%	±1.0%	
SETUP, RISE TIME	1500ms, 60ms/230VAC 3000ms, 60ms/115VAC at full load			
HOLD UP TIME (Typ.)	20ms/230VAC 20ms/115VAC at full load			
INPUT	VOLTAGE RANGE <small>Note.7</small>	88 ~ 264VAC	124 ~ 370VDC	
	FREQUENCY RANGE	47 ~ 63Hz		
	POWER FACTOR (Typ.)	0.93/230VAC	0.96/115VAC at full load	
	EFFICIENCY (Typ.)	89%	91%	90.5%
	AC CURRENT (Typ.)	1.4A/115VAC	0.7A/230VAC	
	INRUSH CURRENT (Typ.)	35A/115VAC	70A/230VAC	



120W Single Output Industrial DIN RAIL with PFC Function

SDR-120 series

ENVIRONMENT TEST

NO	TEST ITEM	SPECIFICATION	TEST CONDITION	RESULT	VERDICT	
1	TEMPERATURE RISE TEST	<p>MODEL : SDR-120-24</p> <p>1. ROOM AMBIENT BURN-IN : 1 HRS I/P: 230VAC O/P: FULL LOAD Ta= 27.6 °C</p> <p>2. HIGH AMBIENT BURN-IN : 3.5 HRS I/P: 230VAC O/P: FULL LOAD Ta=59.7 °C</p>				
		NO	Position	P/N	ROOM AMBIENT Ta= 27.6 °C	HIGH AMBIENT Ta= 59.7 °C
		1	L2	TR909	41.6°C	72.5°C
		2	LF1	TR790-R1	47.9°C	79.1°C
		3	LF2	TR910	44.8°C	76.4°C
		4	BD1	BD 4A/800V GBU408	53.6°C	83.8°C
		5	D1	BYV29X-600 7A/600V	47.9°C	79.4°C
		6	C5	100u/400V 105°C 18*25 KMG	56.8°C	85.8°C
		7	D3	3A/600V 1N5406	69.3°C	100.6°C

Рис. 5. Выбор характеристик SDR-120 из технической документации



Power Expert
MEAN WELL
Энергетические решения для транспорта

- Высоконадежная, устойчивая к вибрации конструкция
- Соответствует международному железнодорожному стандарту EN50155
- Различные типы установки на выбор
- 200+ стандартных решений «с полки»

ПРЕДСТАВИТЕЛЬСТВО MEAN WELL В РОССИИ

🏠 www.meanwell.com

☎ +7-812-946-0097

✉ info@meanwellrussia.com

MEAN WELL ENTERPRISES CO., LTD.

🏠 www.meanwell.com

☎ +886-2-2299-6100

✉ info@meanwell.com



CATALOG



WEBSITE

вспомогательных цепях. Мгновенный ток отключения этих устройств – от $5 \cdot I_n$ до $10 \cdot I_n$. Микропрерыватели типа D с мгновенным током отключения от $10 \cdot I_n$ до $20 \cdot I_n$ подходят для защиты нагрузок с высоким пусковым током, таких как трансформаторы, электромагнитные клапаны и т.д. Для работы с источниками питания от MEAN WELL рекомендует использовать устройства типа C или D.

Обычно в спецификациях на микропрерыватели устанавливают следующие характеристики.

1. **Номинальное напряжение.** Входное напряжение прерывателя, работающего в нормальных условиях, например 240 или 120 В переменного тока.
2. **Количество полюсов.** Количество цепей, которые прерыватель может обслуживать одновременно. Например, 2-полюсный (2P) прерыватель может замкнуть или разомкнуть две цепи. Производители предлагают 1-полюсные (1P), 2-полюсные (2P), 3-полюсные (3P) или 4-полюсные (4P) прерыватели цепи. 3- и 4-полюсные устройства часто применяют в 3-фазных сетях.
3. **Номинальный ток (I_n).** Максимальная величина тока, который прерыватель может бесконечно долго проводить при определенной температуре окружающей среды.
4. **Размер рамки (I_{rms}).** Максимальные значения токов, на которые рассчитан прерыватель. I_{rms} также определяет физические размеры устройства.
5. **Максимальная отключающая способность при коротком замыкании (I_{sc}).** Максимальный ток короткого замыкания, который прерыватель способен разомкнуть в заданных режимах, например 380 В – 30 кА.
6. **Номинальная отключающая способность при коротком замыкании (I_{cs}).** Способность прерывателя обеспечивать нормальную работу после разрыва тока короткого замыкания в заданных режимах, например 380 В – 15 кА. I_{cs} устанавливается в процентах от I_{sc} .

Если какой-либо из перечисленных параметров не указан в спецификации на прерыватель, считается, что устройство не отвечает требованиям стандартов.

При выборе микропрерывателя для конкретных источников питания нужно следовать двум правилам.

1. Номинальный ток (I_n) прерывателя должен быть выше суммарного входного тока источников питания. В общем случае номинальный ток не должен быть меньше суммарного входного тока, умноженного на 1,25.
2. Номинальная отключающая способность при коротком замыкании (I_{cs}) микропрерывателя должна быть выше суммарного пускового тока источников питания, возникающего при начальном включении устройств. Обычно длительность импульса пускового тока очень мала, всего несколько мс, и им можно пренебречь. Пока суммарный пусковой ток не превысит I_{cs} , микропрерыватель будет работать корректно и не выйдет из строя.

В качестве примера рассмотрим систему, в которой используются микропрерыватель BHA32C16 производства компании SHINLIN ELECTRIC и блоки питания светодиодов HLP-80H от MEAN WELL. Характеристика отключения микропрерывателя BHA32C16 – типа C ($5 \cdot I_n$), номинальное напряжение – 380 В AC, номинальный ток – 16 А, номинальная отключающая способность при коротком замыкании (I_{cs}) – 6 кА при 380 В AC. Основные характеристики HLP-80H: пусковой ток – 70 А при 230 В AC, входной ток – 0,425 А при 230 В AC. Рассчитаем, сколько блоков питания этого типа можно подключить к микропрерывателю, чтобы сохранить его в замкнутом состоянии:

$$16 \text{ A} / 1,25 = 12,8 \text{ A}; 12,8 \text{ A} / 0,425 \text{ A} = 30 \text{ блоков}, \\ 70 \text{ A} \cdot 30 = 2100 \text{ A} < 6 \text{ кА}.$$

Итак, согласно расчету в систему можно установить 30 блоков HLP-80H. Такая система была собрана и протестирована – микропрерыватель оставался в замкнутом состоянии после подачи питания. Если в расчете не учитывать коэффициент 1,25, то количество блоков в системе увеличится до 37. Однако при тестировании выяснилось, что микропрерыватель отключался при подключении к системе 36 блоков HLP-80H. Кроме того, параметры, на основе которых производился расчет, соответствовали температуре окружающей среды 25 °C. Если систему планируется эксплуатировать при более высоких температурах, следует учитывать корректировочную температурную кривую микропрерывателя, чтобы снизить его номинальный ток.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При подключении источников питания MEAN WELL к системе необходимо использовать подходящий автоматический микропрерыватель, который не позволит системе мгновенно отключиться при подаче питания. В случае затруднений с выбором одного микропрерывателя для системы с высоким входным током рекомендуется ее разделить на несколько подсистем с более низким входным током и использовать доступный микропрерыватель для каждой подсистемы.

Приведенный расчет основан на общем методе без учета пускового тока. Чтобы рассчитать пусковой ток, нужно знать длительность импульса пускового тока на уровне 50% от пикового тока I_{peak} и коэффициент безопасности (K) – отношение длительности импульса к амплитуде броска тока. Не все производители прерывателей цепи приводят данные о коэффициенте безопасности в технической документации, поэтому в данную статью расчет пускового тока не включен.

Пусковой ток – неизбежный эффект, сопровождающий запуск импульсного источника питания. Если в системе есть вероятность ложного срабатывания прерывателя цепи включите в систему ограничитель пусковых токов ICL-16. ●

КБТЭМ-ОМО

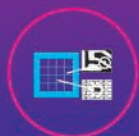
ОБОРУДОВАНИЕ
ДЛЯ МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ



ПРОЕКТИРОВАНИЕ



ГЕНЕРАЦИЯ
ИЗОБРАЖЕНИЙ



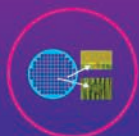
КОНТРОЛЬ
ФОТОШАБЛОНОВ



РЕМОНТ
ФОТОШАБЛОНОВ



ФОТОЛИТОГРАФИЯ



КОНТРОЛЬ
ПЛАСТИН

БЕЗМАСОЧНАЯ ЛИТОГРАФИЯ

- Многоканальные лазерные генераторы изображений
- Проектная норма 0.35, 0.6 μm
- Высокая точность совмещения
- $\varnothing 200, 150, 100 \text{ мм}$



ГЕНЕРАТОРЫ ИЗОБРАЖЕНИЙ

- Диапазон UV, DUV
- Проектная норма 90, 130 нм
- 16/32-лучевая архитектура
- Фазосдвигающие шаблоны
- Быстрая переналадка пластина — шаблон



КОНТРОЛЬ ФОТОШАБЛОНОВ

- Проектная норма 90, 130, 250 нм
- Твердотельный лазер
- Контроль методом Die-to-DB, Die-to-Die
- Высокая производительность
- Контроль неплоскостности



РЕМОНТ ФОТОШАБЛОНОВ

- Фемтосекундный лазер
- 0.15/ 0.3/ 0.5 μm min элемент
- Размер шаблона до 9"x9"
- Ремонт копированием
- Ремонт через пелликл
- Прозрачные / непрозрачные дефекты



КОНТАКТНАЯ ЛИТОГРАФИЯ

- Ручная и автоматизированная загрузка
- Двусторонняя литография
- Высокая точность совмещения
- Низкий уровень генерации дефектов
- Высокая энергоэффективность



СТЕППЕРЫ

- Проектная норма 0.35, 0.8 μm
- Автоматический масштаб
- Двустороннее совмещение
- $\varnothing 100, 150, 200 \text{ мм}$
- Твердотельный источник света



КОНТРОЛЬ ТОПОЛОГИИ

- Контроль привносимых дефектов пластин без топологии
- Автоматический микро и макро контроль дефектов пластин с топологией
- Высокая производительность



АВТОМАТИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ И ИЗМЕРЕНИЕ

- Контроль микроразмеров
- Контроль неплоскостности
- Контроль координат
- Контроль толщин
- Контроль рассовмещения



Создаем традиции будущего!

- Единое таможенное пространство
- 58 лет опыта в разработке и производстве прецизионного оптико-механического оборудования
- Высокий уровень применяемых технологий и современного оборудования
- Полный цикл разработки и производства
- Высококвалифицированный персонал
- Высокое качество изделий подтверждено национальными и международными стандартами
- Возможность комплексной поставки оборудования, адаптированного для Российского рынка, программного обеспечения для поддержки процессов изготовления фотошаблонов и 3D-моделирования для фотолитографии компании GenSys (Германия)

Республика Беларусь
220033, г. Минск
Партизанский пр-т, 2

тел: (+375 17) 226 09 82
(+375 17) 223 71 28
факс: (+375 17) 226 12 05

office@kbtem-omo.by
kbtem.omo@gmail.com
www.kb-omo.by

