

Термисторы PTC для ограничения пускового тока

TDK Electronics, 2016

Термисторы NTC не всегда являются предпочтительным решением в качестве ограничителей пускового тока (inrush current limiters, ICL) в источниках питания. В некоторых случаях, особенно с высокими температурными и энергетическими условиями термисторы PTC могут предложить более надёжную защиту. Дополнительное преимущество: ICL EPCOS PTC также обеспечивают защиту в случае коротких замыканий.

Сильные токи возникают при включении электрического оборудования, такого как приводные системы, инверторы или источники питания. Поскольку чрезмерные пусковые токи могут повредить или разрушить чувствительные компоненты, такие как выпрямитель в источнике питания, или, например, сжечь предохранитель, необходимы меры защиты (рис. 1). Доступны два основных подхода к ограничению пускового тока: простая установка защитного устройства в качестве ограничителя пускового тока (ICL) в силовую цепь и использование активной цепи байпаса, которая активируется после спада пика пускового тока. Их также называют пассивными и активными цепями ICL соответственно. Выбор метода подавления пускового тока, который подходит для конкретного применения, зависит от многих переменных. Наиболее важными являются номинальная мощность, частота, при которой оборудование может подвергаться воздействию пусковых токов, диапазон рабочих температур и требования к стоимости системы.

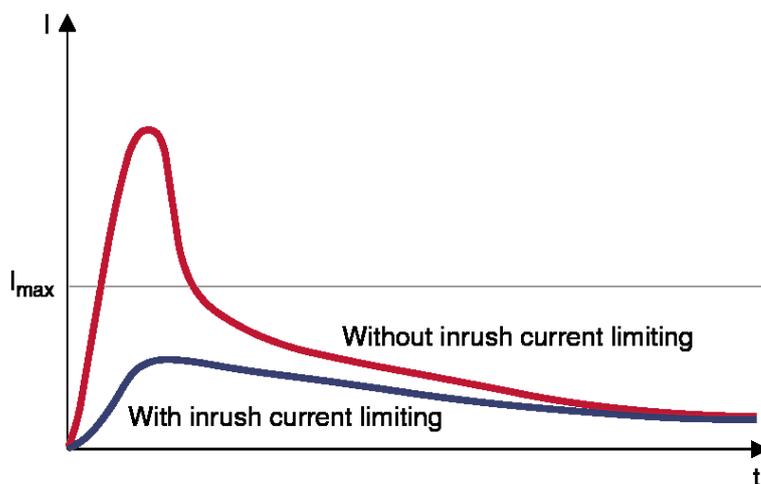


Рис. 1 Пусковой ток с ICL и без него.

Ограничение пускового тока необходимо для предотвращения превышения током критического уровня и предотвращения перегорания предохранителей или выхода из строя выпрямителя

Пассивное ограничение пускового тока

Для очень небольших источников питания с номинальной мощностью до нескольких Ватт самым простым и практичным решением для ограничения пускового тока является простое добавление омического резистора последовательно с нагрузкой. Однако в источниках питания с более высокой номинальной мощностью потеря мощности на фиксированном сопротивлении значительно снизит общую эффективность. В этих случаях термисторы NTC являются признанным стандартным решением ICL для пассивного ограничения тока (рис. 2).

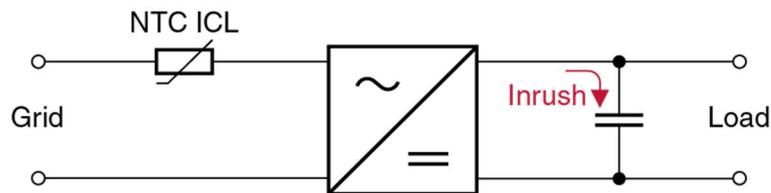


Рис. 2 Пассивное ограничение пускового тока с помощью NTC ICL.

Тот факт, что изначально высокое сопротивление термистора NTC падает до незначительного уровня, когда он нагревается, делает NTC ICL стандартным решением ICL для источников питания с номинальной мощностью примерно до 500 Вт

Термисторы NTC имеют высокое сопротивление в холодном состоянии и низкое сопротивление в горячем состоянии. В холодном состоянии высокое начальное сопротивление NTC ICL эффективно поглощает пиковые пусковые токи. В результате действия тока нагрузки и последующего самонагрева сопротивление ICL падает до нескольких процентов от его значения при комнатной температуре. Эта особенность снижает энергопотребление ограничителя пускового тока в непрерывном режиме и, следовательно, является причиной того, что NTC ICL могут оставаться в цепи даже после того, как конденсатор полностью заряжен. Наконец, их стоимость невысока, а решение просто реализовать.

Сосредоточьтесь на решениях с низкими потерями для более высоких уровней мощности

Все чаще при проектировании источников питания делается упор на устранение потерь мощности везде, где это возможно. Когда номинальная мощность превышает уровень ~500 Вт, недостатки решения с пассивной схемой становятся очевидными. Если ICL всегда включён последовательно с нагрузкой, потери мощности, которые он вызывает, становятся слишком высокими. Чем выше номинальная мощность устройства и чем дольше его обычное время работы, тем значительнее становятся паразитные потери мощности. Например, если предположить, что NTC ICL генерирует потери мощности в размере 1% от общей мощности устройства, а блок питания имеет КПД 92 процента, около 12,5% общих потерь связано с NTC.

Активное ограничение пускового тока

Поэтому на более высоких уровнях мощности стандартной практикой является обход ICL после спада пика пускового тока с помощью реле или симисторов. В зависимости от требований приложения, эта активная схема ограничения пускового тока может использовать силовой резистор, термистор NTC или термистор PTC (рис. 3) в качестве компонента ICL. Например, термисторы PTC обычно используются в бортовых зарядных устройствах подключаемых гибридов или электромобилей, номинальная мощность которых обычно составляет несколько киловатт. Хотя преимущества активного ограничения пускового тока наиболее очевидны для номинальной мощности выше 500 Вт, этот подход может быть необходим для достижения улучшенных характеристик даже для приложений с более низкими уровнями мощности. Хотя стоимость системы активного ограничения пускового тока несколько выше, этот подход снижает потери мощности и позволяет использовать менее дорогие переключатели и полупроводники с более низким номиналом.

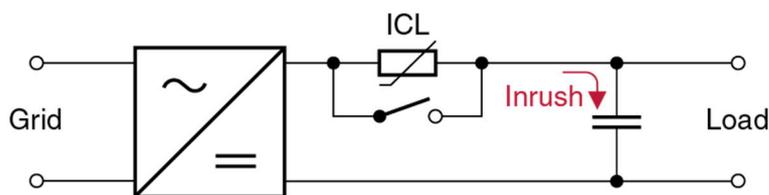


Рис. 3 Активное ограничение пускового тока.

При активном ограничении пускового тока в качестве компонента ICL можно использовать омический резистор, термистор NTC или термистор PTC

Когда использовать термисторы PTC в качестве ICL

В некоторых приложениях термисторы с положительным температурным коэффициентом обладают более высокими характеристиками, чем ICL. Сопротивление NTC ICL при включении питания зависит от температуры окружающей среды. При очень низких температурах окружающей среды сопротивление термистора NTC выше, что приводит к снижению зарядных токов и увеличению времени зарядки. С другой стороны, высокие температуры окружающей среды могут ограничивать способность NTC ICL подавлять броски тока, поскольку NTC уже находится в низкоомном состоянии. Эта температурная зависимость может представлять проблему, особенно для приложений с широким диапазоном рабочих температур. Например, источник питания, используемый на улице зимой на севере, может никогда не прогреться настолько, чтобы сопротивление NTC снизилось.

И наоборот, циркуляционный насос для горячей воды может быть очень горячим во время запуска, из-за чего термистор NTC не может ограничить пусковой ток. Время охлаждения термистора NTC обычно варьируется от 30 до 120 с после выключения системы, в зависимости от конкретного устройства, способа его установки и температуры окружающей среды. Только после того, как он полностью остынет, NTC ICL снова готов к ограничению зарядного тока. Во многих случаях период охлаждения проходит достаточно быстро; однако иногда требуется эффективное ограничение пускового тока, прежде чем NTC достаточно остынет. Это имеет место в приложениях, где возможен быстрый активный разряд конденсатора промежуточного контура, например, в бытовых приборах с инверторным приводом, таких как современные стиральные машины и сушилки. Необходимое время охлаждения также может иметь решающее значение после кратковременных отключений электроэнергии. Следовательно, конструкции активного ограничения пускового тока должны всегда учитывать все возможные ситуации, когда пик броска тока может возникнуть, пока NTC ICL все ещё находится в низкоомном состоянии. В обоих случаях термисторы PTC EPCOS предлагают эффективное решение для ограничения пускового тока.

Встроенная самозащита

В нормальных условиях работы PTC ICL работает как омический резистор. Когда питание включено и температура компонента такая же, как температура окружающей среды, резисторы PTC ICL имеют сопротивление от 20 до 500 Ом, в зависимости от типа. Этого достаточно, чтобы ограничить пик пускового тока. Когда конденсаторы промежуточного контура достаточно заряжены, PTC ICL замыкается.

В случае неисправности в цепи зарядки специальные свойства термистора PTC служат для защиты цепи. Когда через компонент протекает ток, он нагревается, и его сопротивление

значительно увеличивается. Таким образом, благодаря своим свойствам самозащиты, термисторы PTC имеют встроенное преимущество при следующих режимах отказа:

- Короткое замыкание конденсатора
- Не шунтируется токоограничивающий элемент после заряда конденсатора промежуточного контура (отказ переключающего элемента)

У всех этих режимов отказа есть одна общая черта: тепловая нагрузка на устройство ограничения тока. Есть два способа эффективно гарантировать, что компонент ICL не будет разрушен такими событиями: использование силового резистора с достаточной номинальной мощностью или использование термистора PTC. ICL PTC EPCOS спроектированы так, чтобы выдерживать прямое подключение к источнику питания даже при их максимальном номинальном напряжении. Никакого дополнительного ограничения тока не требуется, потому что эти ICL PTC являются самозащищёнными. В случае чрезмерных токов, таких как короткое замыкание, температура PTC увеличивается, что, в свою очередь, приводит к значительному увеличению сопротивления устройства. Следовательно, сам термистор PTC ограничивает ток до некритических уровней (рис. 4).

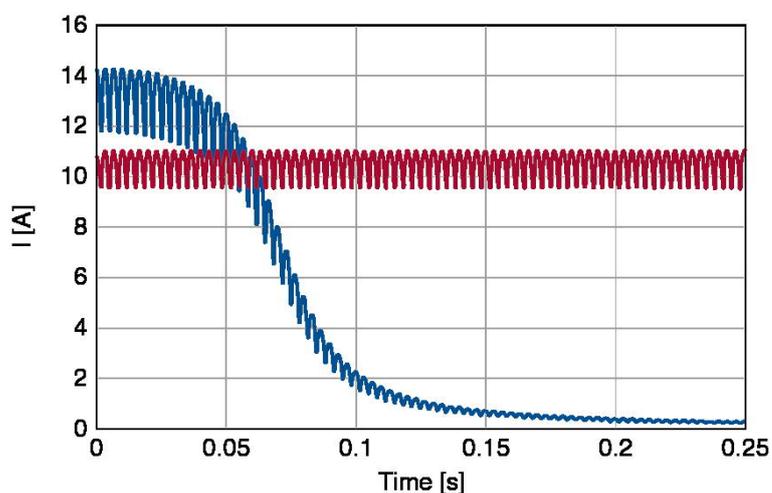


Рис. 4 Кривая тока с закороченным конденсатором.

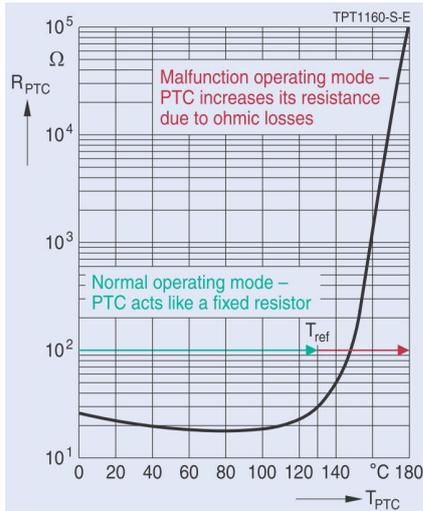
При закороченном конденсаторе ток, протекающий через керамику PTC, очень быстро падает до некритических значений (синий цвет). Однако с омическим резистором ток остаётся постоянным при высоких значениях (красный)

Таким образом, термисторы PTC EPCOS предлагают ключевые преимущества при использовании в качестве компонентов ICL для активного ограничения пускового тока в определенных приложениях:

- Функциональность ICL не зависит от экстремальных рабочих температур.
- Эффективное ограничение пускового тока при отключении нагрузки, охлаждение происходит уже во время нормальной работы.
- Они обладают самозащитой от токовых перегрузок, вызванных неисправностями цепи.

Благодаря широкому ассортименту PTC ICLs EPCOS источники питания можно надёжно защитить от высоких пусковых токов и коротких замыканий в жёстких температурных условиях. В таблице показан типичный выбор ICL PTC.

Основные технические данные PTC ICL EPCOS



Тип	Код для заказа	V_{max}, V_{AC}	$V_{link,max}, V_{DC}$	R_R, Ω	$C_{th}, J/K$	τ_{th} (тип.)	Схема
В пластиковом футляре							
J213	B59213J0130A020	280	400	33	1,1	140	2
J215	B59215J0130A020	280	400	22	2,3	150	2
J217	B59217J0130A020	400	620	56	2,3	150	1,2,3
J219	B59219J0130A020	560	800	100	2,3	150	1,2,3
J105	B59105J0130A020	280	400	22	2,3	150	2
J107	B59107J0130A020	440	620	56	2,3	150	1,2,3
J109	B59109J0130A020	560	800	100	2,3	150	1,2,3
Дисковые с выводами, с покрытием							
C770	B59770C0120A070	260	370	70	0,4	70	2
C771	B59771C0120A070	260	370	120	0,6	80	2
C772	B59772C0120A070	260	370	150	0,6	80	2
C750	B59750C0120A070	280	400	25	1,0	100	2
C751	B59751C0120A070	280	400	50	1,4	120	2
C752	B59752C0120A070	280	400	80	1,4	120	2
C1451	B59451C1130B070	440	620	56	2,1	100	1,2,3
C753	B59753C0120A070	440	620	120	1,4	120	1,2,3
C754	B59754C0120A070	440	620	150	1,4	120	1,2,3
C773	B59773C0120A070	440	620	500	0,6	80	1,2,3
C774	B59774C0115A070	440	620	1100	0,6	80	1,2,3
C1412	B59412C1130B070	480	680	120	2,1	100	1,2,3
C755	B59755C0115A070	560	800	500	1,4	120	1,2,3

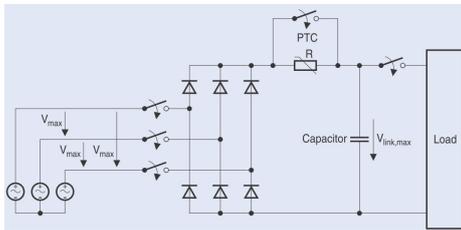


Схема 1

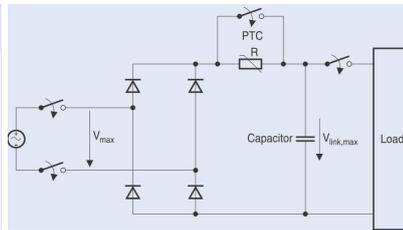


Схема 2

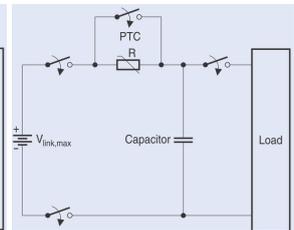


Схема 3

Источник: [PTC thermistors for inrush current limiting](#)