

НОВЫЕ СПОСОБЫ ОГРАНИЧЕНИЯ ПУСКОВОГО ТОКА В АС/DC-МОДУЛЯХ

СЕРГЕЙ ЗАТУЛОВ, ИГОРЬ ТВЕРДОВ, ООО «АЛЕКСАНДЕР ЭЛЕКТРИК источники электропитания»

Со стороны сети АС/DC-модуль начинается с моста с ёмкостным фильтром. Чтобы ограничить ток заряда конденсатора фильтра, применяется терморезистор с отрицательным температурным коэффициентом. К недостаткам этого решения можно отнести сравнительно высокие потери мощности в цепи терморезистора при работе модуля в установившемся режиме и их значительную зависимость от температуры окружающей среды.

Вместо терморезистора может применяться цепь из ограничивающего резистора, шунтируемого тиристором, который включается после заряда конденсатора. При таком решении потери мощности происходят только при запуске и близки к нулю в установившемся режиме работы. К недостаткам этой цепи относится низкая надёжность схемы токоограничения во время перегрузки или короткого замыкания на выходе модуля. При этом выходное напряжение не достигает значения, необходимого для открывания ключа, и токоограничивающий резистор не шунтируется, перегревается протекающим через него длительное время относительно большим входным током и выходит из строя.

В модуле на рисунке 1 эти недостатки устранены [1].

Узел управления (УУ) анализирует мгновенное значение напряжения на выходе входного выпрямителя и открывает регулирующий элемент РЭ (ключ) в тот момент, когда напряжение переходит через нуль. Напряжение на выходе выпрямителя изменяется по синусоидальному закону $U_{вх} = U_{max} \cdot \sin(\omega t)$, а входной ток заряда конденсатора (он же — пусковой ток) определяется из выражения:

$$I_c = C \cdot dU_c/dt,$$

где U_{max} — максимальное мгновенное значение входного напряжения; ω — круговая частота сети.

Напряжение на конденсаторе при запуске совпадает с $U_{вх} = U_{max} \cdot \sin(\omega t)$. Через регулирующий элемент и конденсатор протекает ток $I_c = C \cdot U_{max} \cdot \omega \cdot \cos(\omega t)$, максимальное значение которого равно $I_{cmax} = C \cdot U_{max} \cdot \omega$. Например, для преобразователя напряжения АС/DC мощностью 25 Вт, работающего от входной сети 220 В 50 Гц с $U_{max} = 340$ В и имеющего на входе конденсатор ёмкостью 22 мкФ, максимальный пусковой ток $I_{пуск} = I_{cmax} = 22 \cdot 10^{-6} \cdot 340 \cdot 314 = 2,35$ А без дополнительных элементов токоограничения. Причём, заряд конденсатора, а с ним и запуск пре-

образователя происходят максимум за половину периода сетевого напряжения (см. рис. 2). Мощность потерь при этом близка к нулю. Для ограничения пускового тока на том же уровне, как у схемы с резистором, шунтированным тиристором, необходимо установить токоограничивающий резистор $R_{огр} = 145$ Ом. При этом на нём станет выделяться мгновенная мощность $P_{max} = U_{max}^2/R_{огр} = 340^2/145 = 797$ Вт, что требует установки резистора большой мощности, размеров и веса.

Дальнейшее совершенствование цепи ограничения пускового тока, проходящего через конденсатор фильтра, показано на рисунке 3 [2].

На рисунке 4 приведены временные диаграммы работы модуля. На рисунке 4а показаны напряжения на выходе выпрямителя (тонкая линия) и входе преобразователя (толстая линия), на диаграмме 4б — ток на выходе выпрямителя.

Узел управления (УУ) анализирует сигнал с сумматора, на который с датчика тока (ДТ) и датчика напряжения (ДН) поступают сигналы, пропорциональные мгновенным значениям тока через регулирующий элемент (РЭ) и падению напряжения на нём. В момент времени t_1 падение напряжения на регулирующем элементе РЭ становится ниже установленного порогового значения $U_{рэ.пор}$. По сигналу с ДН узел управления открывает РЭ, через который протекает ток (см. рис. 4), заряжающий входную ёмкость (условно считаем, что преобразователь выключен вплоть до полного заряда его входной ёмкости). В момент времени t_2 ток, измеряемый ДТ, достигает порога ограничения $I_{огр}$, и УУ начина-

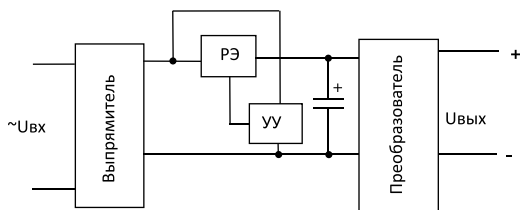


Рис. 1. Модуль, обеспечивающий надёжную работу при перегрузках

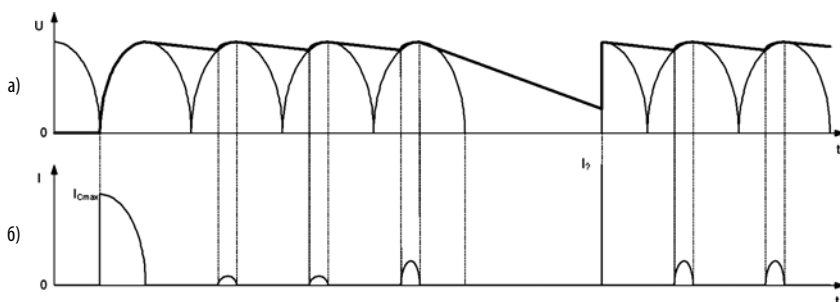


Рис. 2. Временные диаграммы: а) напряжения на выходе выпрямителя (тонкая линия) и входе преобразователя (толстая линия); б) ток на выходе выпрямителя

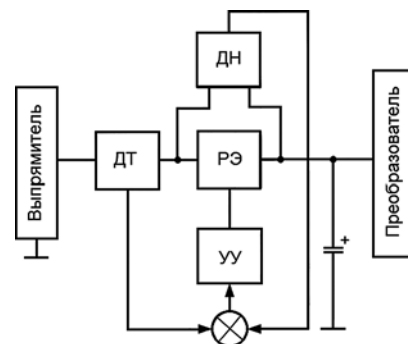


Рис. 3. Модуль, обеспечивающий надёжную работу при перегрузках и пропадающих сети

ет плавно закрывать РЭ, поддерживая ток на уровне порога ограничения. В момент времени t_3 напряжение на выходе выпрямителя сравнивается по значению с напряжением на входе преобразователя и до момента t_4 ток через РЭ прекращается. В момент t_4 напряжение на выходе выпрямителя снова достигает значения, равного напряжению на входе преобразователя, и через регулирующий элемент протекает ток $I_{огр}$. В момент t_5 падение напряжения на регулирующем элементе становится больше установленного порога $U_{рз.пор}$ и по сигналу с датчика напряжения узел управления закрывает РЭ. Далее процесс повторяется. По мере заряда входной ёмкости падение напряжения на регулирующем элементе РЭ уменьшается, и управление им осуществляется только по сигналу с ДТ (интервалы t_6-t_7 , t_8-t_9). В установившемся режиме, когда входная ёмкость преобразователя заряжена (интервал $t_{10}-t_{11}$), регулирующий элемент полностью открыт.

При пропадании напряжения сети (момент времени t_{12}) входная ёмкость преобразователя разряжается, и напряжение на его входе уменьшается. Когда в момент t_{13} напряжение на входе выпрямителя вновь появляется, процесс запуска повторяется, как это описано выше. Таким образом, в случае пропадания напряжения сети входной

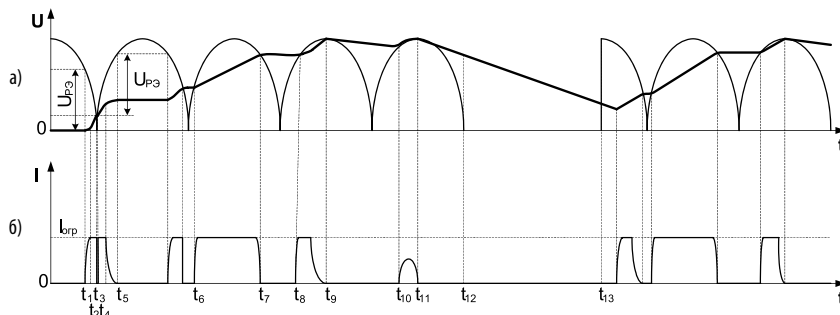


Рис. 4. **Временные диаграммы:** а) напряжения на выходе выпрямителя (тонкая линия) и на входе преобразователя (толстая линия); б) ток на выходе выпрямителя

Таблица 1. **Основные параметры AC/DC-модулей в диапазоне мощностей 20–75 Вт**

Тип преобразователя	МАА20	МАА40	МАА50	МАА75
Выходная мощность, Вт	20	40	50	75
Максимальный выходной ток, А	8	8	10	10
Входные напряжения, В	~220 (187...242)/~115 (80...138)			
Выходные напряжения, В	3...80			
КПД, %	85			
Диапазон рабочих температур, °С	-50...85			
Габаритные размеры, мм	107×56×17/102×51×17		129×61×22/126×57×22	

ток при повторном включении не превышает уровня ограничения $I_{огр}$, тогда как в модуле (см. рис. 1) входной ток не ограничен.

В модуле анализируется мгновенное значение входного тока, позволяя ограничить его на заранее выбранном уровне. Поскольку токоограничение происходит с рассеиванием мощности на регулирующем элементе, уровень токоограничения связан с областью безопасной работы регулирующего элемента, и мгновенная мощность не должна превышать значений, указанных в паспортных данных. При этом максимальная мощность рассеивается лишь одновременно при включении преобразователя в сеть, когда разряжена его входная ёмкость.

При расчете преобразователя, исходя из возможностей отвода тепла, места

установки и т.д., можно подобрать регулирующий элемент в наиболее удобном корпусе с запасом по значению мгновенной рассеиваемой мощности $P(t)$, чтобы удержать рабочую точку в области безопасной работы или, наоборот, исходя из заданных ограничений конструкции и элементной базы, определить уровень токоограничения.

В 2013 г. на предприятии ООО «АЛЕКСАНДЕР ЭЛЕКТРИК источники электропитания» выполнена модернизация AC/DC-модулей в диапазоне мощностей 20–75 Вт (см. табл. 1). За счет новой элементной базы и материалов удельная мощность модулей увеличилась в 1,5–2 раза. По заказу в модулях могут быть установлены ограничители пускового тока на рассмотренных решениях.

Более подробную информацию можно получить на сайте компании www.aeip.ru или по почте alecsan@aeip.ru.

ООО «АЛЕКСАНДЕР ЭЛЕКТРИК источники электропитания»
Тел.: (909) 156-54-97, (964) 798-16-85,
(499) 181-19-20, (499) 181-26-04
Факс: (499) 181-05-22, (916) 950-87-53,
(919) 960-91-97

ЛИТЕРАТУРА

1. Миронов А.А. Преобразователь напряжения AC-DC с ограничением пускового тока. Патент №53829 на полезную модель.
2. Миронов А.А., Затулов С.Л. Преобразователь напряжения AC-DC с ограничением пускового тока. Патент №109352 на полезную модель.

АЛЕКСАНДЕР ЭЛЕКТРИК
источники электропитания

Серия МДМ-ЕП

Модули электропитания

Диапазон входного напряжения
9 В...36 В, 18 В...72 В

Диапазон рабочих температур минус 60°С...+115°С

Мощность 3, 5, 8, 10, 20, 40, 80, 160, 240 Вт

Подстройка выходного напряжения

Защита от КЗ и перенапряжения, тепловая защита

Дистанционное вкл/выкл

Приемка "5", МОП 44 001.18

ООО «АЛЕКСАНДЕР ЭЛЕКТРИК источники электропитания»
129226, Москва, пр-т Мира, 125, тел: (909)156-54-97, (499)181-19-20, (499)181-26-04
авт. факс: (916)960-91-97, (916)950-87-53, тел/факс: (499)181-05-22
e-mail: alecsan@aeip.ru www.aeip.ru