

# ЗАЩИТЫ DC/DC ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ

## Введение

Большинство преобразователей содержит набор функций, защищающих от повреждения и выхода из строя, в случаях возникновения аварийных режимов или некорректного использования. С развитием силовой электроники требования к отказоустойчивости для всей системы возросли и, на сегодня, современный преобразователь в равной степени защищает себя, подключенное оборудование и обеспечивает электрическую безопасную устройства.

## Классификация защит

Защиты можно разделить на несколько категорий.

### По принципу реализации.

**Встроенные защиты:** полностью интегрированы в преобразователь и для работы не требуют дополнительных внешних компонентов.

**Внешние защиты:** реализуются с использованием дополнительных компонентов и применяются при особых требованиях к системе.

### По области защиты.

**Входные защиты:** предотвращают повреждения преобразователя из-за проблем с первичным источником, например, скачки и просадки напряжения, чувствительность к высокому пусковому току или неправильная полярность подключения.

В системах питания, построенных на базе DC/DC преобразователей, можно встретить следующие защиты:

- Защита от напряжения обратной полярности;
- Защита от пониженного входного напряжения;
- Защита от повышенного входного напряжения;
- Защита от короткого замыкания на входе модуля;
- Защита от высокого пускового тока.

В модулях МДМ большинство этих защит не встроены и реализуются за счет внешних компонентов.

**Выходные защиты:** защищают нагрузку (оборудование, подключенное к выходу) от неисправностей, как в самой нагрузке, так и в преобразователе.

В модулях МДМ можно встретить следующие встроенные выходные защиты:

- Защита от КЗ и перегрузки по току на выходе;
- Защита от превышения напряжения на выходе;
- Защита от перегрева.

При разработке преобразователей производитель подбирает набор защит, который обеспечивает баланс между эффективностью, габаритными размерами, надежностью и стоимостью. Также учитываются требования к электробезопасности, поэтому каждая защита должна быть оправдана с учетом этих факторов.

### Важные замечания

*Набор защит может отличаться в зависимости от линейки продукции. Подробная информация о наличии защит и требования по эксплуатации приводится в технической документации – даташитах (ДШ) и технических условиях (ТУ).*

*Если необходимая защита отсутствует, рекомендуем обратиться в службу технической поддержки по телефону +7 (473) 300-300-5 или по электронной почте [mail@aedon.ru](mailto:mail@aedon.ru).*

## Защита от напряжения обратной полярности по входу

Подача напряжения обратной полярности на вход преобразователя (даже кратковременная) может привести к его отказу и повреждению внутренних компонентов.

Несмотря на это, в большинстве DC/DC преобразователей под поверхностный монтаж, такая защита отсутствует из-за низкого шанса ошибки в «заводских» условиях сборки изделия.

Тем не менее, в некоторых приложениях защита от обратной полярности является обязательной, в связи с возможностью возникновения импульсов обратной полярности или повышенных требований к безотказности. Иногда такая защита используется и на выходе для предот-

вращения повреждения нагрузки из-за неправильного подключения, например, с помощью разъемов. В этом случае рекомендуется использовать разъемы с защитой от неправильного соединения.

Для обеспечения безотказной работы используются различные методы реализации защиты от обратной полярности, например, с помощью предохранителей и обратных диодов, а также схем на основе MOSFET-транзисторов. Далее рассмотрим подробнее.

#### Последовательное включение защитного диода

Одним из простых способов защиты является использование диода, подключенного анодом к «плюсу» первичного источника (как показано на рис. 1). При правильной полярности диод открыт и пропускает ток, а при смене полярности закрывается, предотвращая протекание тока в обратном направлении. Ограничением данного метода является падение напряжения на диоде, что особенно критично в низковольтных линиях питания, например 5 В или 9 В, где падение напряжения на диоде 0,5...0,7 В является значительным.

Также ограничением, при высоких токах, являются большие габариты самого диода и необходимость применения дополнительного радиатора для рассеивания части тепловой мощности. Другим, более эффективным вариантом, является использование параллельного диода с предохранителем.

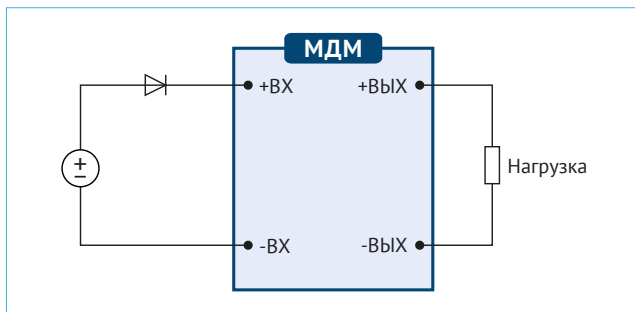


Рис. 1. Защита от обратной полярности с помощью последовательного диода.

#### Параллельный диод и предохранитель

Данный способ является таким же простым в реализации, как и способ с последовательным включением диода. При правильной полярности параллельно включенный диод, относительно питающей сети, не проводит ток и остается закрытым, поэтому данный способ лишен недостатка в виде падения напряжения на диоде (рис. 2).

При подаче обратной полярности диод открывается, приводит к резкому росту тока через предохранитель, вызывая его перегорание и разрыв цепи, защищая преобразователь.

Ограничением данной схемы является необходимость замены предохранителя после срабатывания, подбор параметров диода и предохранителя относительно первичного источника, а также учет требований к скорости срабатывания предохранителя.

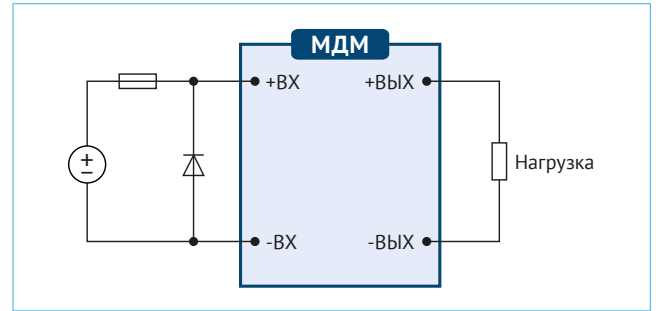


Рис. 2. Защита от обратной полярности с помощью параллельного диода с предохранителем.

#### Схемы защиты от обратной полярности на MOSFET-транзисторах

Наиболее эффективной мерой защиты от обратной полярности является применение схем на MOSFET-транзисторах. Преимуществом данных схем заключается в низком сопротивлении канала транзистора (порядка десятков долей Ом), что приводит к снижению потерь тепловой мощности (рис. 3).

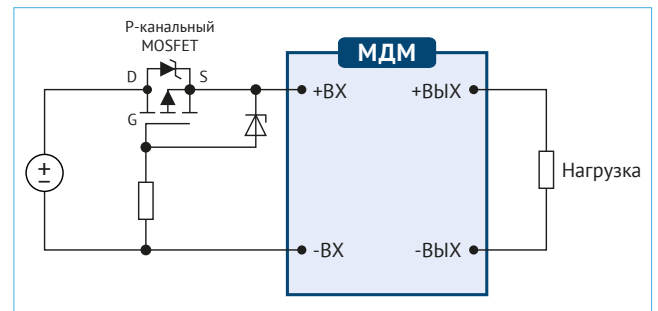


Рис. 3. Защита от обратной полярности с помощью MOSFET.

Данный способ по принципу действия аналогичен последовательному диоду. В зависимости от характеристик транзистора, в данной схеме может потребоваться резистор для ограничения тока затвора и стабилитрон для ограничения напряжения затвор-исток ( $V_{GS}$ ).

Также можно использовать N-канальный MOSFET с включением в цепь «минус». N-канальные MOSFET могут быть предпочтительнее при выборе конкретных параметров.

Стоит отметить, что существует множество готовых микросхем и микросборок, которые снижают недостатки базовых решений.

## Защита от пониженного входного напряжения

Данная защита предотвращает повреждения DC/DC преобразователя и подключенной нагрузки, когда входное напряжение выходит за нижний предел допустимого диапазона. Низкое входное напряжение может вызвать некорректную работу преобразователя, приводя к нестабильному или прерывистому выходному напряжению, а также повышенному току потребления, что в свою очередь может вызвать перегрев компонентов преобразователя.

Принцип работы данной защиты заключается в следующем. Преобразователь не запустится, если входное напряжение ниже установленного порогового значения. Запуск произойдет только при достижении допустимого напряжения.

Во время работы преобразователя при падении входного напряжения ниже критического уровня, преобразователь немедленно отключит выходное напряжение. Пример алгоритма работы данной защиты с отключением преобразователя можно увидеть на рисунке 4.



Рис. 4. Пример алгоритма работы защиты от пониженного напряжения.

После восстановления входного нормального напряжения преобразователь автоматически возобновит свою работу. В некоторых моделях преобразователей пороги срабатывания защиты могут быть настраиваемыми.

Данная защита в преобразователе реализуется путем сопоставления входного напряжения с опорным при помощи внутренней схемы сравнения. Если же такая защита отсутствует в преобразователе, то можно реализовать внешнюю схему сравнения, состоящей из:

- операционного усилителя (работающего как компаратор);
- Р-канального MOSFET (для отключения питания);
- опорного напряжения (ОН).
- Резисторов R1 и R2 для задания порога отключения.

Пример внешней схемы защиты представлен на рис.5.

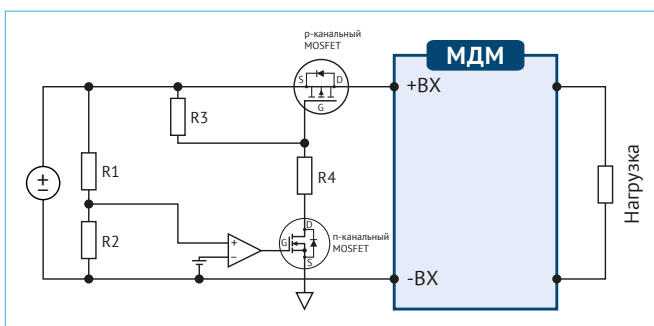


Рис. 5. Пример внешней схемы защиты от пониженного напряжения.

## Защита от повышенного входного напряжения

Защита от повышенного входного напряжения бывает двух типов: длительная и кратковременная (импульсная).

**Защита от длительного превышения** (от 50 мс до 10 с) может реализовываться аналогичным образом, что и от пониженного напряжения. А если при этом требуется сохранение работы системы питания, то необходимо подбирать преобразователь, способный работать кратковременно при повышенном **переходном отклонении входного напряжения**.

**Защита от кратковременного превышения** используется для защиты DC/DC преобразователя от скачков напряжения на входе. Такие скачки могут возникать из-за переходных процессов в сети, грозовых разрядов, коммутационных явлений от мощных индуктивных нагрузок и других источников.

В отличие от AC/DC преобразователей, которые часто имеют встроенную защиту от импульсных перенапряжений, которые в составе имеют большие емкостные накопители и работают на высоких напряжениях, DC/DC преобразователи, особенно предназначенные для питания от стабильных источников или аккумуляторов, обычно не требуют такую встроенную защиту.

Необходимость защиты от перенапряжений по входу для DC/DC преобразователей определяется вероятностью возникновения риска повреждения самого преобразователя. Например, преобразователи, работающие в условиях нестабильной сети, вблизи мощных промышленных установок, с контактными устройствами, допускающими дрейбзг или с протяженными силовыми линиями могут потребовать наличия защиты, и решение о применении принимается индивидуально, исходя из условий и опыта эксплуатации, а также требований к надежности конкретной системы. Как правило, защита от кратковременных случайных перенапряжений реализуется внешними элементами с использованием многоуровневой защиты.

Рассмотрим наиболее распространенные и доступные методы защиты от входных перенапряжений с помощью варистора и TVS-диода.

### Варистор

Обеспечивает защиту от кратковременных скачков напряжения как положительной, так и отрицательной полярности. Варисторы наиболее эффективны для защиты от кратковременных импульсов высокой энергии, например, от грозовых разрядов, а также в качестве «грубой» защиты. Следует отметить, что варисторы имеют ограниченный ресурс работы, а также имеют относительно медленное время отклика и могут не успеть защитить от очень быстрых импульсов.

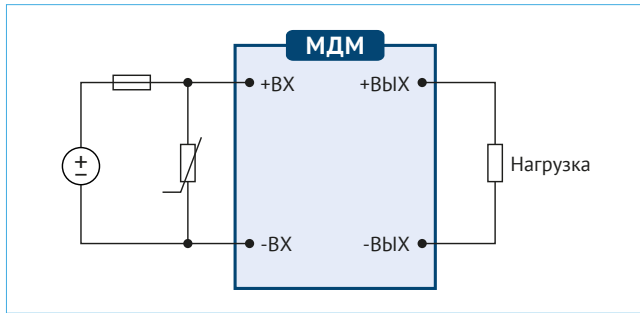


Рис. 6. Схема защиты от перенапряжения с помощью варистора.

### TVS-диод (Супрессор)

TVS-диод оптимален для защиты от быстрых переходных процессов и высокоамплитудных всплесков с низкой энергией. В нормальном режиме TVS-диод не влияет на работу защищаемой цепи. При возникновении импульса перенапряжения TVS-диод быстро ограничивает выброс напряжения до безопасного уровня, отводя опасный ток через себя на землю, тем самым защищая остальную цепь. Схема включения TVS-диода показана на рисунке ниже.

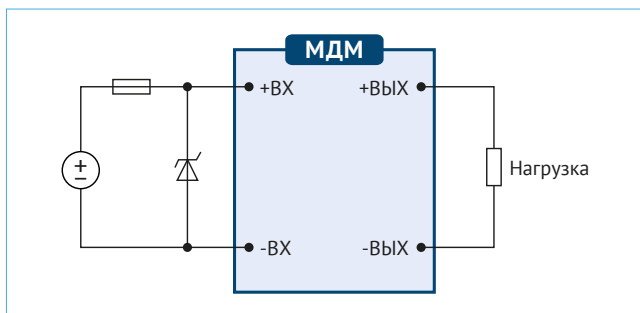


Рис. 7. Схема защиты от перенапряжения с помощью TVS-диода

## Защита от короткого замыкания на входе модуля

Большинство DC/DC преобразователей для монтажа на печатную плату не имеют встроенной защиты от короткого замыкания **по входу**. Поэтому, если требуется защита входной сети (первичного источника) от КЗ, перегрузки по входу или отключение неисправного преобразователя, необходимо устанавливать отдельный входной предохранитель или автоматический выключатель. При выборе предохранителя важно учитывать следующие особенности:

- Номинальный ток срабатывания должен превышать в два-три раза максимальный рабочий входной ток преобразователя в установленном режиме (при минимальном входном напряжении и номинальной нагрузке).
- Рекомендуется использовать медленные предохранители, учитывающие пусковые токи входных емкостей и самого DC/DC преобразователя. Пусковые токи могут быть значительно выше рабочих

и вызвать ложные срабатывания чувствительных предохранителей и автоматических выключателей.

- Номинальный ток должен выбираться с учетом рабочей температуры - чем выше температура, тем выше должен быть номинал предохранителя.
- Ток разрыва должен превышать ток короткого замыкания, чтобы предохранитель мог безопасно разорвать цепь при КЗ.
- Предохранитель должен устанавливаться непосредственно на входе, то есть как можно ближе к входным клеммам, и вдали от других цепей и нагрузки. Это необходимо для минимизации риска повреждения других компонентов в случае короткого замыкания и защиты как можно большей области схемы.

## Защита от высокого пускового тока

*Пусковой ток – это величина потребляемого тока при появлении напряжения и включении нагрузки. Пусковой ток имеет большую амплитуду и может значительно превышать (до десятков раз) ток в установленном режиме, его высокая величина обусловлена наличием ёмкостных или индуктивных нагрузок, которые на начальном этапе представляют собой низкое сопротивление, эквивалентное «короткому замыканию».*

Высокий пусковой ток DC/DC преобразователей обычно возникает при большой внешней входной емкости, максимальном входном напряжении и высокой номинальной мощности (т.к. входной фильтр внутри преобразователя будет содержать большее значение фильтрующих конденсаторов). Воздействие высокого пускового тока может привести к перегреву компонентов, перегрузке первичного источника питания и ложным срабатываниям предохранителей и автоматических выключателей. При одинаковой энергии заряда форма пускового тока будет меняться в зависимости от внутреннего сопротивления первичного источника и сопротивления соединителей. Встроенная защита от пускового тока в DC/DC преобразователе, как правило, не требуется, поскольку основной пусковой ток связан с зарядом внешних емкостей, а не с самим преобразователем.

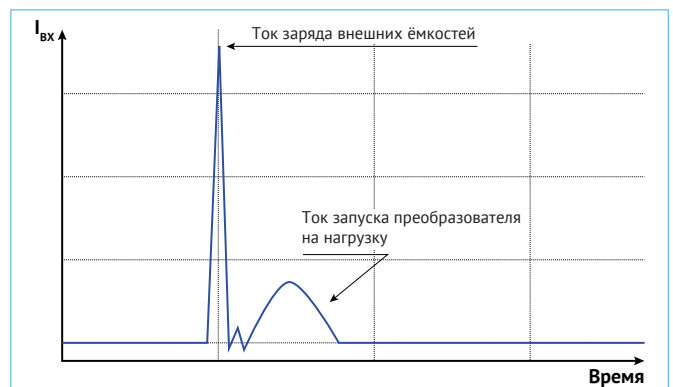


Рис. 8. Возможная форма пускового тока в схеме питания.

Однако, если используются большие емкостные накопители и есть необходимость защиты первичного источника питания, то применяются дополнительные схемы пассивного или активного ограничения тока, например термисторы с отрицательным температурным коэффициентом сопротивления (ТКС), которые являются отличным решением для одиночного ограничения пускового тока.

Максимальные значения пускового тока для модулей МДМ обычно указываются в технической документации и измеряются при включении модуля с помощью сервисной функции дистанционного управления (уже после подачи входного напряжения и зарядки внешних емкостей) при номинальном выходном напряжении и максимальном выходном токе.

Данный способ измерения показывает, какая величина пускового тока возникает при запуске преобразователя на нагрузку без учета внешних элементов. Как правило, для большинства преобразователей МДМ пусковой ток, указанный в документации, приводится с некоторым запасом.

*Итак, мы рассмотрели основные виды входных защит, которые, как правило, реализуются внешними компонентами, теперь же перейдем к рассмотрению встроенных выходных защит, которыми оснащены модули МДМ.*

## Защита от КЗ и перегрузки по выходному току

Превышение номинального выходного тока DC/DC преобразователя является режимом перегрузки, который может вызвать локальный перегрев компонентов и нестабильность выходного напряжения. Длительная перегрузка, как правило, приводит к повреждению как самого преобразователя, так и подключенной нагрузки. В общем случае выделяют два основных типа перегрузки.

**Небольшая перегрузка:** возникает, когда выходной ток превышает номинальное значение в 1,5-2 раза. В таких случаях мерой защиты является ограничение выходной мощности.

**Короткое замыкание:** возникает при существенном превышении тока, например, при прямом замыкании выходных контактов или при низковольтном замыкании из-за поврежденных компонентов или ошибок монтажа.

Для защиты от перегрузок и КЗ в модулях питания МДМ используются различные режимы работы, зависящие от конкретной серии модулей, детально описанные далее в таблицах 1 и 2.

Для серий МДМ-С, МДМ-Б режим защиты от перегрузки и от КЗ совмещены и срабатывают на одном уровне.

### Режим ограничения выходной мощности при перегрузке по току

При превышении номинального выходного тока, модуль питания стабилизирует и может незначительно снижать выходное напряжение

до уровня  $U_{\text{пор}} \geq 0,95 \cdot U_{\text{ВЫХ}}$ . Данный уровень напряжения является пороговым, при котором принято считать начало срабатывания защиты от перегрузки. При дальнейшем увеличении выходного тока после достижения порогового значения, происходит срабатывание защиты от короткого замыкания.

Достижение выходным током (для некоторых серий выходной мощностью) уровня срабатывания защиты от перегрузки, называется током срабатывания защиты  $I_{\text{СЗ}}$ . В этом режиме происходит ограничение выходной мощности  $P_{\text{ВЫХ}}$  на определенном уровне относительно номинального значения ( $P_{\text{НОМ}}$ ), которое пропорционально снижает выходное напряжение с дальнейшим увеличением тока. Предельное значение тока срабатывания защиты от перегрузки  $I_{\text{СЗ}}$  или соответствующие значения ограничиваемой мощности, указываются в технической документации на конкретные модели преобразователей. Пример работы режима ограничения мощности при перегрузке по току показан на рисунке 9.

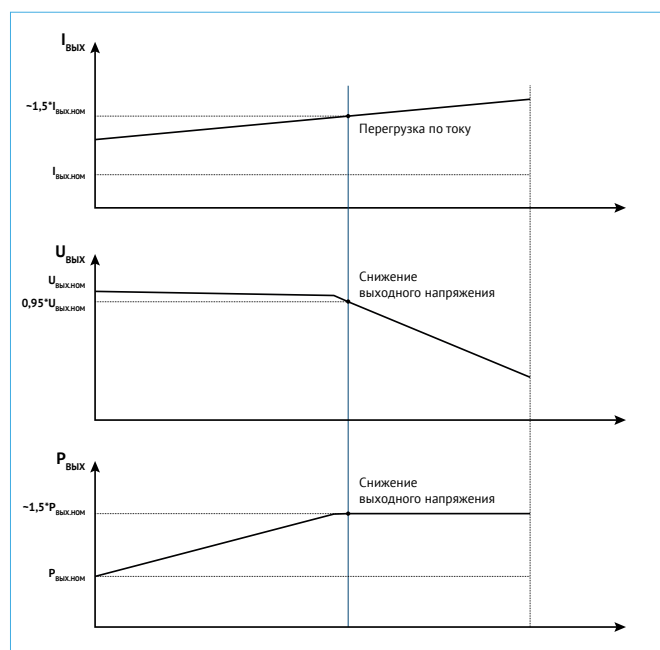


Рис. 9. Режим ограничения мощности при перегрузке по току.

Уровень срабатывания защиты от перегрузки устанавливается через коэффициент токовой защиты  $K_{\text{ТЗ}}$ :

$$K_{\text{ТЗ}} = I_{\text{СЗ}} / I_{\text{НОМ}}$$

где:  $I_{\text{СЗ}}$  – ток срабатывания защиты от перегрузки;

$I_{\text{НОМ}}$  – номинальный выходной ток.

Коэффициент токовой защиты  $K_{\text{ТЗ}}$  является множителем (например, 1,1; 1,5; 1,8; 2,2), который определяет допустимый уровень превышения номинального выходного тока ( $I_{\text{НОМ}}$ ) перед срабатыванием защиты от перегрузки и началом снижения выходного напряжения за пределы допустимых отклонений. Кроме того,  $K_{\text{ТЗ}}$  – это важный технологический параметр, применяемый при настройке и производстве модулей.

Важно отметить, что продолжительность работы модуля с выходным током, превышающим номинальное значение, не должна превышать 1 минуты.

Наконец, при дальнейшем увеличении тока (и падении выходного напряжения) может сработать защита от короткого замыкания, после чего модуль питания перейдет в режим икания (циклических включений/выключений) либо в режим стабилизации тока в зависимости от модели модулей питания. Наличие защиты от перегрузки и особенности их работы в модулях питания МДМ приведены в таблице ниже.

Табл. 1. Защита от перегрузки в модулях питания

Серия	Тип защиты при перегрузке	Модель	Порог перехода в защиту
МДМ-П	Ограничение $P_{\text{ВЫХ}}$	На всех	$P_{\text{ВЫХ}} \leq 1,8 \cdot P_{\text{НОМ}}$
МДМ-Р	Ограничение $P_{\text{ВЫХ}}$	Более 25 Вт	$P_{\text{ВЫХ}} \leq 1,8 \cdot P_{\text{НОМ}}$
		Менее 25 Вт	$P_{\text{ВЫХ}} \leq 2,7 \cdot P_{\text{НОМ}}$
МДМ-А	Ограничение $P_{\text{ВЫХ}}$	На всех	$P_{\text{ВЫХ}} \leq 1,5 \cdot P_{\text{НОМ}}$
МДМ-Н	Ограничение $I_{\text{ВЫХ}}$	2 Вт	$I_{\text{ВЫХ}} \leq 2,5 \cdot I_{\text{НОМ}}$
		5 Вт	$I_{\text{ВЫХ}} \leq 3 \cdot I_{\text{НОМ}}$
МДМ-Б	Режим икания	На всех	$I_{\text{ВЫХ}} \leq 2 \cdot I_{\text{НОМ}}$
МДМ-С	Режим икания	25 и 50 Вт	$I_{\text{ВЫХ}} \leq 2 \cdot I_{\text{НОМ}}$
		120 и 200 Вт	$I_{\text{ВЫХ}} \leq 2,5 \cdot I_{\text{НОМ}}$
МНМ	Режим икания	МНМ1,2	$I_{\text{ВЫХ}} = 2,7 \text{ А}$
	Ограничение $I_{\text{ВЫХ}}$	МНМ4	$I_{\text{ВЫХ}} = 12 \text{ А}$
		МНМ8	$I_{\text{ВЫХ}} = 16 \text{ А}$
		МНМ15	$I_{\text{ВЫХ}} = 31 \text{ А}$

### Режим «икания» (hiccup mode)

Данный режим активируется в случае значительной перегрузки по выходному току или в случае короткого замыкания на выходе модуля питания. Этот режим характеризуется циклическим включением и выключением преобразователя через короткие промежутки времени, пока КЗ или перегрузка на выходе не будут устранены.

Режим икания позволяет ограничить средний выходной ток, защищая модуль, соединители и нагрузку от перегрева, а также входную сеть от перегрузки. В данном режиме ток, потребляемый модулем, должен быть в разы меньше тока, потребляемого модулем в номинальном режиме ( $U_{\text{ВЫХ,МИН}}$ ,  $I_{\text{ВЫХ,НОМ}}$ ). Графическое изображение зависимостей электрических характеристик при переходе в режим икания приведено на рис.10.

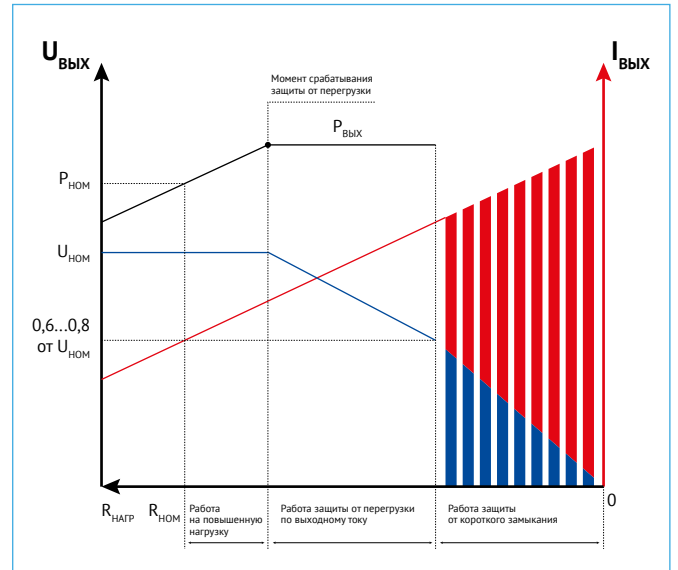


Рис. 10. Режим икания.

### Режим стабилизации тока

В режиме стабилизации тока, при увеличении нагрузки (снижении сопротивления), выходной ток модуля питания ограничивается и остается постоянным на заданном уровне. При этом выходное напряжение снижается пропорционально снижению сопротивления нагрузки.

Величина выходного тока в режиме стабилизации указана в технической документации на конкретный модуль. После устранения КЗ или перегрузки модуль автоматически восстанавливает свою работу в штатном режиме, возвращаясь к заданным параметрам выходного напряжения.

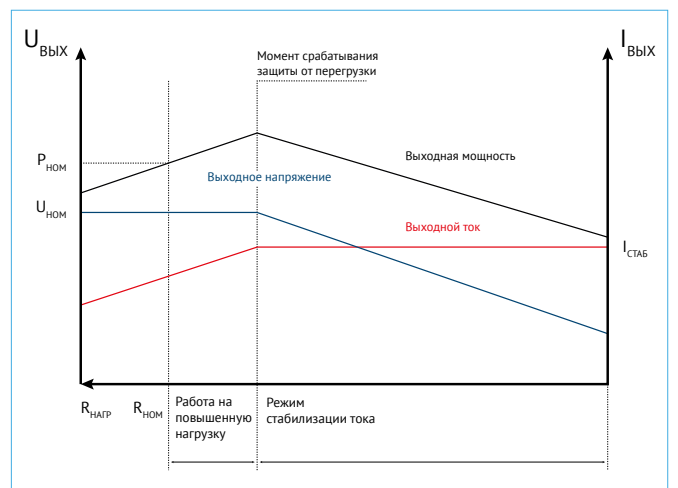


Рис. 11. График ограничения тока.

Наличие защиты от КЗ и особенности их работы в модулях питания МДМ приведены в таблице ниже.

Табл. 2. Защита от КЗ в модулях питания.

Серия	Тип защиты при КЗ	Модель	Порог перехода в защиту
МДМ-П	Режим икания	На всех	не норм.
МДМ-Р	Режим икания	На всех	не норм.
МДМ-А	Режим икания	На всех	не норм.
МДМ-Н	Ограничение $I_{\text{ВЫХ}}$	2 Вт	$I_{\text{ВЫХ}} \leq 2,5 \cdot I_{\text{НОМ}}$
		5 Вт	$I_{\text{ВЫХ}} \leq 3 \cdot I_{\text{НОМ}}$
МДМ-Б	Режим икания	На всех	$I_{\text{ВЫХ}} \leq 2 \cdot I_{\text{НОМ}}$
МДМ-С	Режим икания	25 и 50 Вт	$I_{\text{ВЫХ}} \leq 2 \cdot I_{\text{НОМ}}$
		120 и 200 Вт	$I_{\text{ВЫХ}} \leq 2,5 \cdot I_{\text{НОМ}}$
МНМ	Ограничение $I_{\text{ВЫХ}}$	МНМ1,2	$I_{\text{ВЫХ}} = 2,7 \text{ А}$
		МНМ4	$I_{\text{ВЫХ}} = 12 \text{ А}$
		МНМ8	$I_{\text{ВЫХ}} = 16 \text{ А}$
		МНМ15	$I_{\text{ВЫХ}} = 31 \text{ А}$

## Защита от перенапряжения на выходе

Защита от перенапряжения на выходе преобразователя предназначена для предотвращения повреждений подключенной нагрузки и самого преобразователя в случае превышения выходного напряжения выше допустимого уровня. Это может произойти вследствие неисправности в самом преобразователе или из-за появления повышенного напряжения в выходных цепях от другого источника.

В модулях питания применяются схемы с мониторингом выходного напряжения. При обнаружении повышенного напряжения преобразователь отключается. Восстановление работы происходит автоматически после нормализации выходного напряжения.

Для большинства модулей порог срабатывания защиты от перенапряжения устанавливается на уровне  $1,5 \cdot U_{\text{ВЫХ}}$ . Наличие защиты от перенапряжения и особенности их работы в модулях питания МДМ приведены в таблице ниже.

Табл. 3. Защита от перенапряжения в модулях питания.

Серия	Модель	Порог перехода в защиту
МДМ-П	На всех	$U_{\text{ВЫХ}} \leq 1,5 \cdot U_{\text{НОМ}}$
МДМ-Р	На всех	$U_{\text{ВЫХ}} \leq 1,5 \cdot U_{\text{НОМ}}$
МДМ-А	На всех	$U_{\text{ВЫХ}} \leq 1,5 \cdot U_{\text{НОМ}}$
МДМ-Б	На всех	$U_{\text{ВЫХ}} \leq 1,3 \cdot U_{\text{НОМ}}^*$
МДМ-С	На всех	$U_{\text{ВЫХ}} \leq 1,3 \cdot U_{\text{НОМ}}^*$

\* измеряется при  $U_{\text{ВХ}} = U_{\text{НОМ}}$ ,  $I_{\text{НАГР}} = 50\%$ . При  $I_{\text{НАГР}} = 50...100\%$ , с превышением выходного напряжения, мощность будет увеличена и возможно срабатывание защиты от перегрузки по току при напряжениях ниже значения  $1,3 \cdot U_{\text{НОМ}}$ .

## Защита от перегрева

Данная защита предназначена для предотвращения повреждения компонентов DC/DC преобразователя из-за чрезмерного нагрева, вызванного недостаточным охлаждением.

При достижении установленного значения, измеренного датчиком температуры, модуль питания отключается. Датчик, как правило, располагается рядом с наиболее термонагруженными элементами (силовыми транзисторами, микросхемами, выпрямительными диодами и т.п.). Порогом срабатывания обычно является максимальная температура корпуса преобразователя, например,  $+125^\circ\text{C}$  (с допустимым отклонением  $+0...+10^\circ\text{C}$ ). Работа модуля будет восстановлена после снижения температуры до допустимого значения. В таблице ниже приведены значения максимальной температуры корпуса для каждой серии модулей МДМ.

Табл. 4. Значения температуры корпуса для модулей МДМ

Серия	Минимальные и максимальные значения температур корпуса, $^\circ\text{C}^*$
МДМ-П	$-60...+125$
МДМ-Р	$-60...+125$
МДМ-Н	$-60...+105$
МДМ-А	$-60...+125$
МДМ-Б	$-60...+125$
МДМ-С	$-55...+105$
МНМ	$-60...+125$

\*температурные диапазоны для каждой серии могут отличаться в зависимости от исполнения. Полная информация о температурных исполнениях каждой серии приведены в технической информации на продукцию.

### Примечания и уточнения по работе защиты от перегрева модулей МДМ

1. Для предотвращения перегрева и срабатывания защиты необходимо соблюдать условия эксплуатации, указанные в технической документации, и использовать радиаторы охлаждения, обеспечивающие эффективный отвод тепла. При использовании преобразователей без радиатора, из-за тонкой стенки корпуса, возможно образование локальных перегревов (рис. 11). Для исключения локальных перегревов рекомендуется использовать дополнительные теплораспределяющие основания, которые выравняют температуру на теплоотводящей поверхности модуля.

При эксплуатации преобразователей с алюминиевым корпусом мощностью от 60 Вт рекомендуется использовать радиаторы с толщиной основания от 2 мм.

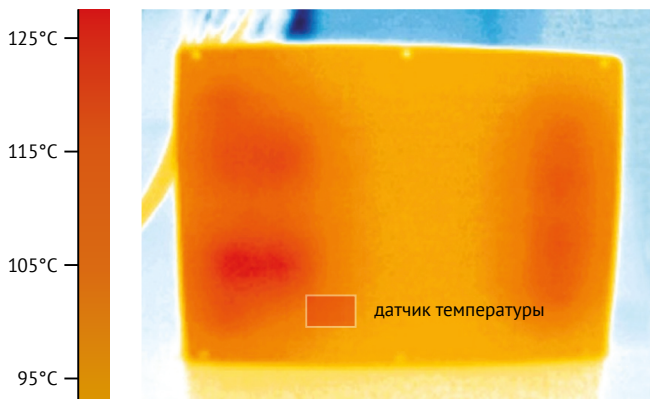


Рис. 12. Пример неравномерности нагрева модуля питания.

2. Температура срабатывания защиты от перегрева может отличаться для разных серий модулей питания из-за особенностей теплового режима и технологического разброса параметров датчика, даже при одинаковом температурном диапазоне их работы.
3. В некоторых маломощных сериях модулей защита от перегрева может отсутствовать. Характеристики и наличие защиты следует уточнять в технической документации.
4. Наличие защиты не является гарантией от выхода из строя при превышении допустимого температурного диапазона. Даже при наличии такой защиты возможны локальные перегревы в точках, удаленных от датчика.





[www.aedon.ru](http://www.aedon.ru)

[mail@aedon.ru](mailto:mail@aedon.ru)

Компания «АЕДОН» – ведущий российский разработчик и производитель DC/DC преобразователей и систем электропитания для ответственных сфер применения.

Россия, 394026, Воронеж, ул. Дружинников, 5б

+7 (473) 300-300-5, 8 800 333-81-43

**По всем вопросам и с предложениями Вы можете  
обращаться напрямую к составителям данного руководства:**

Чувенков Александр    [achuvenkov@aedon.ru](mailto:achuvenkov@aedon.ru)    +7 (473) 300-300-5 #262

Туровский Алексей    [aturovskii@aedon.ru](mailto:aturovskii@aedon.ru)    +7 (473) 300-300-5 #195