

СЕРВИСНЫЕ ФУНКЦИИ DC/DC ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ

Содержание

Введение.....	1
Регулировка выходного напряжения.....	1
Выносная обратная связь.....	3
Параллельная работа.....	3
Синхронизация.....	4
Дистанционное управление	6
Диагностика выходного напряжения.....	8

Введение

Большинство современных DC/DC преобразователей оснащены дополнительными элементами управления, называемыми сервисными функциями. Они значительно расширяют область их применения и предоставляют гибкие инструменты для контроля и организации системы электропитания. Сервисные функции являются встроенными и оптимизированными под специфику использования преобразователей напряжения, как правило, характеризуются относительно простыми способами подключения. Однако, для обеспечения надежной и корректной работы, необходимо соблюдать рекомендованные параметры и порядок подключения.

В модулях электропитания (далее - модули) МДМ предусмотрены следующие сервисные функции:

- **Регулировка выходного напряжения:** позволяет изменить выходное напряжение.
- **Дистанционное управление:** используется для выключения/включения преобразователя по сигналу.
- **Выносная обратная связь:** используется для компенсации падения напряжения на линиях связи при удаленном подключении нагрузки.
- **Диагностика:** используется для контроля наличия выходного напряжения в пределах допуска.
- **Параллельная работа:** для увеличения общей мощности системы и обеспечения резервирования.
- **Синхронизация:** для согласования или изменения частот преобразования модулей.

Регулировка выходного напряжения

При работе с DC/DC преобразователями часто возникает необходимость изменения стандартных выходных напряжений для получения нестандартных, компенсации или обеспечения большего запаса по напряжению. Для решения этих задач предусмотрена функция регулировки выходного напряжения (далее — регулировка).

Регулировка в модулях МДМ

Модули МДМ поддерживают функцию регулировки выходного напряжения $U_{\text{ВЫХ}}$ с помощью воздействия на «РЕГ».

В общем случае упрощенная схема регулировки в модулях МДМ представляет собой сравнение между средней точкой на резистивном делителе с референсным опорным напряжением ($U_{\text{РЕФ}}$). При использовании функции РЕГ появляется разница в этих напряжениях, сигнал усиливается и передается (в ОС) меняя скважность ШИМ сигнала, что в итоге меняет значение выходного напряжения.

Пример упрощенной схемы регулировки в модулях МДМ приведен на рисунке ниже.

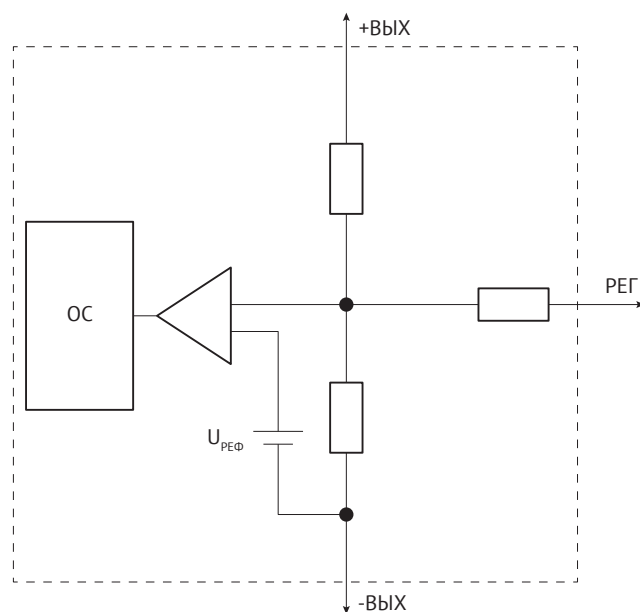


Рис. 1. Упрощенная внутренняя схемотехника функции регулировки.

В модулях МДМ регулировка доступна только в одноканальных исполнениях и осуществляется в следующих диапазонах в зависимости от серии модулей:

- $\pm 5\%$ - модули серий МДМ-П, МДМ-Р, МДМ-А;
- $-20\%...+10\%$ - модули серий МДМ-С, МДМ-Б.

Осуществлять регулировку возможно двумя способами:

- подключение на вывод «РЕГ» внешнего резистора;
- подача внешнего напряжения или тока (не является стандартным).

Рассмотрим данные способы подробнее.

Подключение внешнего резистора

Данный способ осуществляется следующим образом:

- Увеличение $U_{\text{ВЫХ}}$ – подключение R2 между выводами «РЕГ» и «-ВЫХ» (рисунок 2а);
- Уменьшение $U_{\text{ВЫХ}}$ – подключение R1 между выводами «РЕГ» и «+ВЫХ» (рисунок 2б).

Номиналы резисторов (R1, R2) указаны в даташитах (ДШ) для каждой модели модулей МДМ с шагом $0,01 \cdot U_{\text{ВЫХ}}$. На практике значения могут незначительно отличаться.

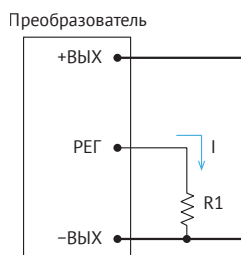


Рис. 2. а) Регулировка $U_{\text{ВЫХ}}$ с помощью резисторов. Увеличение $U_{\text{ВЫХ}}$.

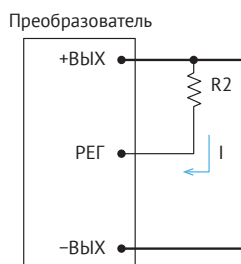


Рис. 2. б) Регулировка $U_{\text{ВЫХ}}$ с помощью резисторов. Уменьшение $U_{\text{ВЫХ}}$.

Регулировка выходного напряжения с помощью внешнего источника

Данный вид регулировки осуществляется с использованием внешнего источника тока или напряжения. Для регулировки выходного напряжения с помощью внешнего источника тока или напряжения необходимо подать управляющий ток $I_{\text{УПР}}$ или управляющее напряжение $U_{\text{УПР}}$ на вывод «РЕГ» относительно вывода «-ВЫХ» согласно рисунка ниже. Значения $U_{\text{УПР}}$ и $I_{\text{УПР}}$ необходимо определять экспериментально для каждого модуля, при этом они должны обеспечивать допустимый диапазон регулировки.

Регулировка осуществляется следующим образом.

1. Регулировка источником напряжения (рисунок 3а):

- повышение $U_{\text{ВЫХ}}$ – необходимо понизить $U_{\text{УПР}}$;
- понижение $U_{\text{ВЫХ}}$ – необходимо повысить $U_{\text{УПР}}$.

2. Регулировка источником тока (рисунок 3б):

- повышение $U_{\text{ВЫХ}}$ – положительное значение $I_{\text{УПР}}$, т.е. необходимо обеспечить вытекание тока от вывода «РЕГ» к земле;
- понижение $U_{\text{ВЫХ}}$ – отрицательное значение $I_{\text{УПР}}$, т.е. необходимо обеспечить втекание тока от земли в вывод «РЕГ».

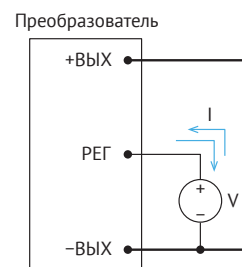


Рис. 3. а) Регулировка источником напряжения.

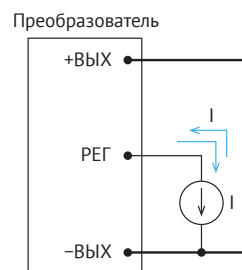


Рис. 3. б) Регулировка источником тока.

Особенности и рекомендации при использовании регулировки в модулях МДМ

1. Ток на выводе «РЕГ» обычно не превышает нескольких мА.
2. Превышение допустимого диапазона регулировки возможно, но при этом не гарантируются все заявленные характеристики. Значительное увеличение $U_{\text{ВЫХ}}$ может вызвать срабатывание защиты от перенапряжения. Значительное уменьшение $U_{\text{ВЫХ}}$ приведет к повышенной неустойчивости. В данном случае следует:

- номинал резистора подбирать эмпирически;
- необходимо снизить мощность преобразователя (на аналогичный процент, что и регулировка).

3. Регулировка выходного напряжения при параллельной работе не рекомендуется, кроме точной подстройки для равномерного распределения тока.
4. При неиспользовании регулировки вывод «РЕГ» можно удалить.

Выносная обратная связь

Одной из важнейших функция системы электропитания является, поддержание точного и стабильного напряжения питания на нагрузке. Поэтому в условиях высоких выходных токов, низковольтном напряжении питания, удаленном расположении нагрузки рекомендуется использовать выносную обратную связь, которая компенсирует падение напряжения на линиях связи между силовыми выходными контактами модуля и точками подключения дополнительных выводов соответствующих цепей «±ОС» к нагрузке.

Выносная обратная связь в модулях МДМ

Принцип работы данной функции следующий. Выводы « $\pm$ ОС» модуля подключаются непосредственно к клеммам « $\pm$ » нагрузки, обязательно соблюдая полярность. Цепь обратной связи выводов « $\pm$ ОС» модуля обладает высоким сопротивлением, поэтому «измеряет» фактическое напряжение в точке подключения (на нагрузке). При снижении напряжения относительно номинального значения (или значения установленного с помощью регулировки), модуль автоматически компенсирует его, поднимает $U_{\text{ВНХ}}$ модуля.

Выносная ОС позволяет компенсировать падение напряжения до 5% от номинального выходного напряжения.

Данная функция доступна в сериях: МДМ-П (от 60 Вт), МДМ-Р (от 250 Вт), МДМ-Б (от 50 Вт) и МДМ-С (от 200 Вт).

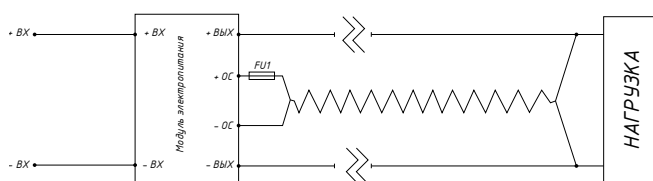


Рис. 4. Схема включения выносной ОС для системы электропитания с «длинными» линиями питания.

Особенности и рекомендации при использовании выносной обратной связи в модулях МДМ

- В случае, когда функция выносной ОС не используется, необходимо напрямую соединить вывод «+ОС» с выводом «+ВЫХ», вывод «±ОС» с выводом «-ВЫХ». **Не допускается оставлять неподключёнными выводы «±ОС».** *Если не подключить выводы «±ОС», модуль ошибочно будет поднимать выходное напряжения, возможно срабатывание защиты от перенапряжения и переход в режим «релаксации».*
- Для подключения выводов «±ОС» рекомендуется использовать витую пару сечением не менее 0,1 мм² и прокладывать путь проводника так, чтобы минимизировать воздействие электромагнитных помех.
- Установите предохранители номиналом 0,1 А в цепи ОС для защиты внутренней схемы при обрыве (размыкании) силовой линии

и протекании силового тока через тонкие провода ОС. Для некоторых модулей ток в цепи выносной ОС ограничен и предохранители могут не требоваться.

- Не рекомендуется использовать функцию выносной ОС при использовании функции регулировки выходного напряжения в сторону его увеличения.

Параллельная работа

Сервисная функция позволяет подключать несколько модулей параллельно для работы на общую нагрузку, что увеличивает суммарную мощность системы. Она обеспечивает автоматическое выравнивание выходных напряжений с высокой точностью (до десятых вольт), а соответственно и выходных токов каждого преобразователя, предотвращая перегрузку отдельных преобразователей.

Крайне не рекомендуется подключение нескольких преобразователей без функции «Параллельная работа» на общую нагрузку, так как возникает высокая вероятность неравномерного распределения токов из-за разброса параметров каждого из модулей, переход части модулей в долговременную перегрузку и соответственно перегрев и снижение надежности всей системы в целом.

Параллельная работа в модулях МДМ

В модулях МДМ параллельное включение осуществляется соединением выходных цепей модулей на сборные шины и объединением выводов параллельной работы «ПАРАЛ» согласно рисунку ниже.

Данная функция реализована в сериях МДМ-П (от 60 Вт), МДМ-Р (от 120 Вт) и МДМ-С (400 Вт).

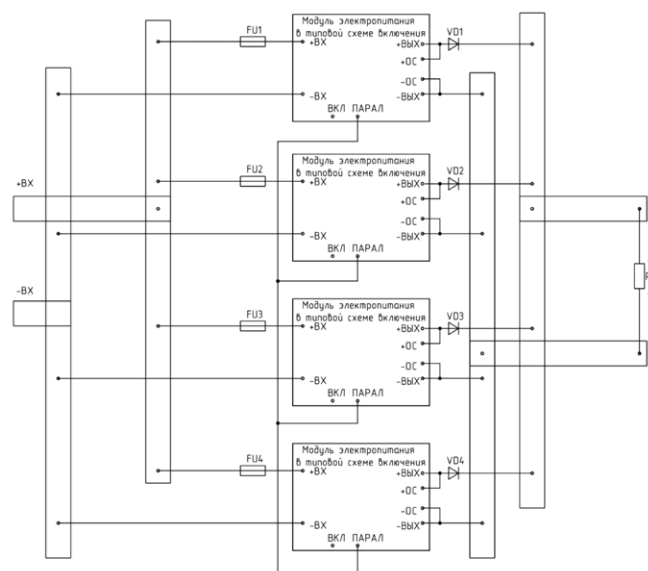


Рис. 5. Пример параллельного включения модулей МДМ.

Возможность параллельного соединения выходов модулей электропитания для работы на общую нагрузку, позволяет увеличить суммарную выходную мощность модулей до значения:

$$P_{\text{СУММ.}} = 0,7 \times N \times P_{\text{МАКС.}}$$

где 0,7 – рекомендуемый коэффициент загрузки модулей;

N – количество модулей, включаемых параллельно;

$P_{\text{МАКС.}}$ – максимальная выходная мощность модуля, Вт.

Модули:

- Подключение возможно только одинаковых модулей (одинаковой номенклатуры).
- Модули должны располагаться в непосредственной близости друг от друга.
- Электропитание модулей производится от одного источника (за исключением подключения с целью резервирования).
- Для каждого модуля рекомендуется использовать отдельные элементы обвязки схемы включения.

Диоды:

- Подключение модулей без диодов не рекомендуется (если в технической документации не указано иначе), т.к. это может вызвать «икание» выходного напряжения из-за разницы во времени запуска и взаимного влияния выходных напряжений.
- Наличие диодов предотвращает обратный ток между модулями, изолируя вышедший из строя модуль (для повышения надежности системы и подключения с целью резервирования).
- Запрещено устанавливать диоды в минусовые цепи.
- В качестве диодов рекомендуется применять диоды Шоттки, имеющие минимальное падение напряжения. Их максимальное обратное напряжение должно быть в 1,5-2 раза больше, чем $U_{\text{ВЫХ.НОМ}}$ модулей. Максимальный прямой ток диодов должен минимум в два раза превосходить $I_{\text{ВЫХ.НОМ}}$ одного модуля.

Входные предохранители:

- Должны быть рассчитаны на ток не менее $2 \times I_{\text{ВХ.МАКС}}$

Выносная обратная связь:

- Если выносная обратная связь не используется, необходимо закончить выводы «ОС» на соответствующие выводы «±ВЫХ».
- Для компенсации падения напряжения на диоде или на проводниках выводы «±ОС» рекомендуется подключать к нагрузке витой парой. Использовать ОС только одного модуля.

Провода и шины:

- Выводы «ПАРАЛ» должны быть соединены проводниками одинаковой длины и сечения, с минимальной длиной.
- Проводники, соединяющие выходные выводы модулей со сборными шинами, должны быть одинаковыми, минимальной длины и увеличенного сечения.

- Сечение шин должно быть в N раз больше сечения проводов, соединяющих модули с шиной (где N – количество модулей). Нагрузку необходимо подключать в средней части шин.

Дополнительно:

- Категорически запрещается коммутировать выходные цепи модулей во включенном состоянии.
- Подключение в «минусовые» выходные цепи токоизмерительных резисторов не допускается.
- Для контроля распределения тока рекомендуется использовать амперметры во входных цепях. Также можно использовать токовые клещи.
- При параллельной включении рекомендуется использовать не более 9 модулей одновременно (если это необходимо, просим связаться с технической поддержкой).

При правильно выполненном подключении отклонение выходных токов каждого из модулей от среднего значения не должно превышать 15%.

Выравнивание мощности каждого из включаемых модулей происходит при токах загрузки близких к номинальным значениям. Т.е. при нагрузках, например, $P_{\text{СУММ}}$ менее 30% возможно неравномерное распределение тока. Один или несколько из модулей могут брать всю нагрузку, а другие могут перейти в режим ХХ или релаксации (редко). С увеличением общей нагрузки, распределение выравнивается.

Синхронизация

Функция синхронизации может изменять собственную частоту преобразования (частоту работы ШИМ). Использование функции позволяет реализовать:

- Синхронизацию частоты преобразования нескольких работающих модулей.
- Изменить (увеличить) частоту преобразования внешним генератором до нужного значения.

Эти решения могут быть полезны в борьбе с шумами и помехами, за счет создания эффективного узкополосного фильтра или программной фильтрации сигнала в заданной области. Также возможно разнести по разным диапазонам рабочую частотную область питаемой аппаратуры и коммутационных помех преобразователей.

Синхронизация в модулях МДМ

Функция синхронизации реализована в модулях МДМ с некоторым отличием:

- для серий МДМ-А – дифференциальный вход на выводы «СИНХР1» и «СИНХР2»;
- для серий МДМ-Р, МДМ-С и МДМ-Б – двунаправленный сигнал вывода «СИНХР» относительно «-ВХ».

Так же существует два способа реализации функции синхронизации:

Способ 1. Подача внешнего синхросигнала от тактового генератора. Данный способ возможен для серий МДМ-А, МДМ-Р, МДМ-С и МДМ-Б.

Способ 2. Синхронизация между собой при соединении выводов «СИНХР». Данный способ используется в сериях МДМ-Р, МДМ-С и МДМ-Б.

Использование функции синхронизации не является обязательным при эксплуатации и выводы «СИНХР» могут не подключаться.

Особенности синхронизации в модулях МДМ-А

Модули МДМ-А синхронизируются только внешним двухполярным синхросигналом от тактового генератора. Однако, можно использовать и однополярный сигнал. Если «плюс» подключить к выходу «СИНХР1», то модуль будет синхронизироваться по переднему фронту сигнала. Если же к «СИНХР2», то по заднему. Свободный контакт, в таком случае, необходимо соединить с землей.

Выводы «СИНХР1», «СИНХР2» гальванически развязаны от входных и выходных цепей (прочность изоляции 500 В, используется трансформатор).

Частота следования импульсов внешнего синхросигнала должна быть выше, чем исходная собственная частота преобразования синхронизируемых модулей. При использовании функции следует руководствоваться параметрами тактовых импульсов внешнего генератора для синхронизации, указанными в таблице ниже.

Если функция синхронизации не используется, выводы «СИНХР1» и «СИНХР2» могут быть оставлены неподключенными, могут быть замкнуты между собой или подключенными, например, к цепям выводов «-ВХ» или «-ВЫХ».

Особенности синхронизации в модулях МДМ-Р, МДМ-С и МДМ-Б

Модули МДМ-Р (от 40 Вт), МДМ-С (от 200 Вт) и МДМ-Б (все исполнения) для синхронизации используют двунаправленный вывод «СИНХР» относительно «-ВХ», который не имеет гальванической развязки с внутренними входными цепями модуля.

Рассмотрим способы синхронизации в данных модулях подробнее.

1. Синхронизация с внешним генератором.

Для стабильной работы синхронизации модулей МДМ-Р, МДМ-С, МДМ-Б необходимо учитывать соблюдать требования по параметрам синхросигнала, которые приводятся в таблице ниже.

Табл. 1. Типовые значения частот преобразования и параметров синхросигнала.

Серия/ модель	F _{внутр} , кГц	F _{синхр} , кГц	Длительность импульса не менее, нс*	Амплитуда синхросигнала, В ном. (мин.-макс.)	
				низкий	высокий
МДМ-Р					
МДМ40-Р	440	450...505	100	0...0,5	3,5 (2,5...5)
МДМ50-Р					
МДМ75-Р	350	355...400			
МДМ100-Р					
МДМ120-Р	300	305...345			
МДМ160-Р					
МДМ250-Р	400	408...460			
МДМ300-Р					
МДМ400-Р					
МДМ500-Р					
МДМ-Б					
МДМ6-Б	550	550...650	100	0...0,4	4,5...5,5
МДМ15-Б	400	400...600	150	0...0,8	1,5...2
МДМ30-Б	450	450...550	150	0...0,2	4,2...5,5
МДМ50-Б	550	550...650	100	0...0,4	4,5...5,5
МДМ100-Б					
МДМ-С					
МДМ200-С	800	750...900	200	0...0,5	3,5...5,5
МДМ-А					
МДМ500-А	460	500	проверяется экспериментально	3,0	5,5

* для большинства решений рекомендуется использовать синхросигнал со скважностью 2.

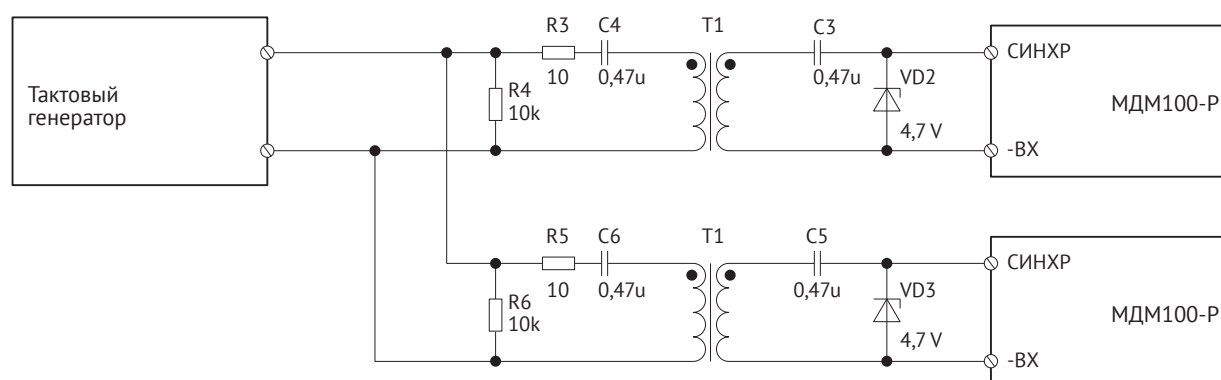


Рис. 6. Пример синхронизации с помощью генератора с реализацией гальванической развязки.

Если требуется дополнить узел синхронизации гальванической развязкой, предлагаем к реализации аналогичный способ, что показан на рисунке 6. Можно использовать как один общий трансформатор, так и на каждый модуль.

2. Синхронизация прямым соединением.

При объединении выводов «СИНХР» нескольких модулей, «ведущим» становится модуль, который имеет наибольшую частоту преобразования. «Ведомые» модули будут синхронизированы в противофазе с ведущим модулем. Синхронизация происходит по переднему фронту сигнала.

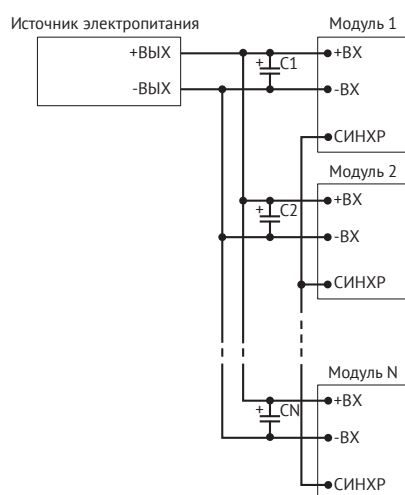


Рис. 7. Синхронизация модулей МДМ-Р, МДМ-С, МДМ-Б напрямую.

Требования и рекомендации по синхронизации модулей МДМ*

- Для снижения влияния помех линия передачи синхросигнала должна быть минимальной длины. Длинные проводники могут способствовать приему и распространению помех.
- Не рекомендуется синхронизация модулей с разными частотами преобразования $F_{\text{внутр}}$ и разными их диапазонами.
- Если вывод «СИНХР» не используется, необходимо соединить его с выводом «-ВХ» проводником минимальной длины.

* Видеоролик на тему синхронизации можно посмотреть по ссылке: dzen.ru/video.

Дистанционное управление

Дистанционное управление (ДУ) – это сервисная функция, позволяющая включать/отключать преобразователь внешним сигналом. ДУ обеспечивает перевод преобразователя в режим пониженного энергопотребления, позволяет организовать последовательность включения/выключения преобразователя и оборудования.

Реализация ДУ в модулях МДМ

В модулях МДМ для ДУ предусмотрен вывод «ВКЛ» с «-ВХ». По умолчанию модули МДМ включены при подаче входного напряжения.

Для их отключения необходимо подать внешний сигнал следующими способами:

1. Замыкание/размыкание внешней цепи вывода «ВКЛ» с помощью электронного или механического ключа.
2. Подача напряжения от внешнего источника.

У разных серий данные способы различаются. Сначала рассмотрим общие особенности ДУ, затем перейдем к рассмотрению данной функции в каждой серии.

Упрощенная внутренняя схематехника ДУ в модулях МДМ в общем виде выглядит следующим образом.

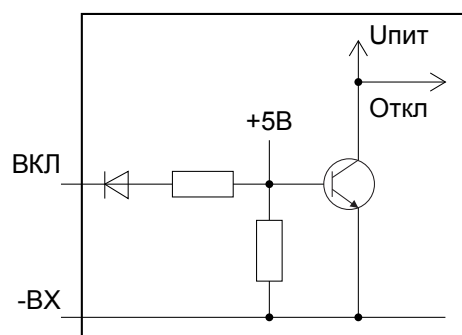


Рис. 8. Упрощенная внутренняя схематехника ДУ в модулях МДМ.

Общие особенности ДУ для серий модулей МДМ.

1. Если функция ДУ не используется, вывод «ВКЛ» можно не подключать или выкусить.
2. Время нахождения в выключенном состоянии с помощью ДУ не ограничено.
3. Допускается объединение выводов «ВКЛ» разных модулей.
4. Необходимо обеспечить отсутствие индуктивных элементов в цепи между «-ВХ» и «ВКЛ», а соединение должно быть минимальной длины. Ограничение длины линии ДУ связано с малой мощностью источника опорного напряжения, что может приводить к несрабатыванию ДУ. Поэтому, при необходимости протяженной линии, рекомендуется удлинить линию управляющего сигнала на ключ, а сам ключ устанавливать вблизи модуля.
5. Время установления выходного напряжения модулей с момента подачи управляющего сигнала на вывод «ВКЛ» измеряется при номинальном входном напряжении, номинальном токе нагрузки и типовой емкости конденсатора нагрузки и составляет:
 - МДМ-П, МДМ-Р, МДМ-Н, МДМ-А – 0,1 с;
 - МДМ-Б – 0,035 с;
 - МДМ-С – 0,05 с.
6. Дистанционное управление в импульсном режиме (быстрое включение-выключение) не поддерживается.
7. Функция ДУ уменьшает пусковой ток.
8. Не допускается устанавливать модуль фильтра или фильтр обвязки в цепь ДУ в разрыв минуса входа. Нарушения этого условия может

вызвать импульс обратного напряжения в цепи ДУ и вывести преобразователь из строя.

9. Нельзя использовать выходное напряжение модулей для управления выключением.

Далее, рассмотрим подробнее способы ДУ в модулях МДМ.

ДУ для МДМ-П, -Р, -Б, -С

- ВКЛючение: разомкнутая цепь «ВКЛ» и «-ВХ».
- ВЫКЛючение: Замкнутая цепь «ВКЛ» и «-ВХ».

Примеры показаны на рис. 9-12.

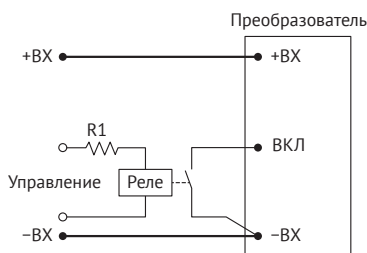


Рис. 9. Пример реализации ДУ с помощью реле.

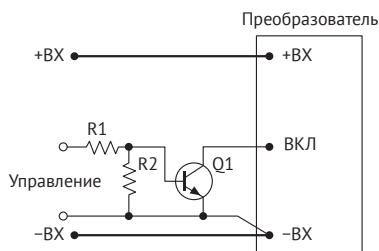


Рис. 10. Пример реализации ДУ с помощью биполярного транзистора.

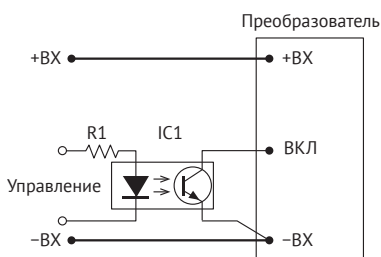


Рис. 11. Пример реализации с помощью оптрона.

Пример реализации ДУ двух модулей через один транзистор приведен на рисунке 12.

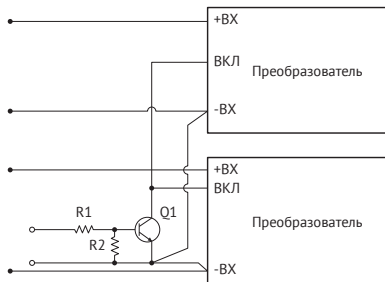


Рис. 12. Пример ДУ двух модулей через один транзистор.

Рассмотрим важные ограничения и особенности, которые необходимо учитывать при использовании данным способом:

- Время размыкания ключа (не более 5 мкс). только для МДМ-П.
- Ограничение напряжения на выводе «ВКЛ» (0...5 В). только для МДМ-П.
- Максимальное падение напряжения на замкнутом ключе не более 1,1 В.
- Максимальный ток через замкнутый ключ (5 мА — МДМ-П, МДМ-Р и 2 мА — МДМ-Б, МДМ-С). Выбранный ключ должен выдерживать этот ток.
- Допустимая утечка тока через ключ не более 50 мкА.
- Когда модуль включен (ключ разомкнут), на ключе может присутствовать напряжение. Максимальное значение этого напряжения зависит от модели модуля: 20 В для МДМ-П, 10 В для МДМ-Р, 8 В для МДМ-С, МДМ-Б. Ключ должен быть рассчитан на это напряжение.
- Сопротивление замкнутой цепи для выключения должно быть не более 500 Ом (МДМ-Б, МДМ-С).

ДУ подачи напряжения от внешнего источника (МДМ-А, -Н, -Б, -С)

Данный вид ДУ применяется в модулях МДМ-А, МДМ-Н, МДМ-Б, МДМ-С. Рассмотрим подробнее относительно каждой из серий.

МДМ-А

На рисунке 13:

- Включение: Подача низкого уровня напряжения (0... 0,4 В) на вывод «ВКЛ» относительно «-ВХ» (или вывод не подключен);

Выключение: Подача высокого уровня напряжения (2,4...5,5 В).

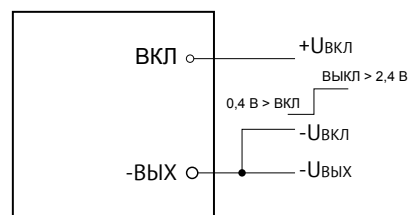


Рис. 13. Подача напряжения от внешнего источника МДМ-А.

МДМ-Н, МДМ-Б, МДМ-С

На рисунке 14:

Для МДМ-Н

- ВКЛючение - подача напряжения низкого уровня 0...0,8 В на вывод «ВКЛ» относительно «-ВХ» (или вывод не подключен).
- ВЫКЛючение - подача напряжения высокого уровня (2,4...5,5 В) на вывод «ВКЛ» относительно «-ВХ».

МДМ-Б, МДМ-С

- ВЫКЛючение - подача напряжения низкого уровня 0...1 В на вывод «ВКЛ» относительно «-ВХ».

- Страница 8 из 9.



www.aedon.ru

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:**

Чуvenков Александр achuvenkov@aedon.ru +7 (473) 300-300-5 #262

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