

## Содержание

Введение	02
Типы конфигураций при резервировании	02
Резервирование модулей серии МДМ	03
Горячее резервирование	03
Холодное резервирование	04

## Введение

Резервирование применяется для обеспечения отказоустойчивости системы и бесперебойного питания нагрузки при выходе из строя одного или нескольких модулей.

При резервировании модули электропитания соединяются параллельно по выходу на нагрузку, аналогично соединению при параллельной работе, предназначенной для увеличения мощности, но здесь целью является обеспечение питания нагрузки при отказе одного из модулей электропитания.

Для систем с высоким уровнем надёжности возможна организация резервирования электропитания, от разных независимых первичных источников.

Различают следующие виды резервирования:

Холодное – резервный модуль выключен. Для его включения требуется подача сигнала.

Горячее – резервный модуль включён постоянно и находится в режиме ожидания.

Выбор типа резервирования зависит от требований к времени переключения, энергопотреблению в режиме ожидания и особенностей конкретного применения, например, необходимость экономии заряда АКБ.

### Типы конфигураций при резервировании

**N+1** представляет собой систему из N активных модулей, работающих параллельно и одного дополнительного (+1) резервного модуля (рисунок 1).

Такая конфигурация позволяет обеспечить бесперебойное питание нагрузки даже при отказе одного из рабочих модулей: оставшиеся N модулей продолжают работу, а резервный подключается (в зависимости от режима) или уже находится в работе.

Например, если мощность нагрузки составляет 1400 Вт, то достаточно пяти модулей мощностью 400 Вт, работающих с коэффициентом загрузки 0,7 (т.е. с запасом по мощности). Шестой модуль той же мощности служит резервным.

При таком способе система сохраняет работоспособность без прерывания питания. Как правило, в схемах N+1 предусмотрена горячая замена (hot swap) – возможность замены неисправного модуля без выключения всей системы.

**1+1.** Это частный случай N+1 резервирования, где один модуль основной, а второй – резервный (рисунок 2).

В данном случае резервный модуль полностью дублирует основной. Такой способ часто применяется в случаях, где недопустимо пропадание напряжения даже кратковременно.

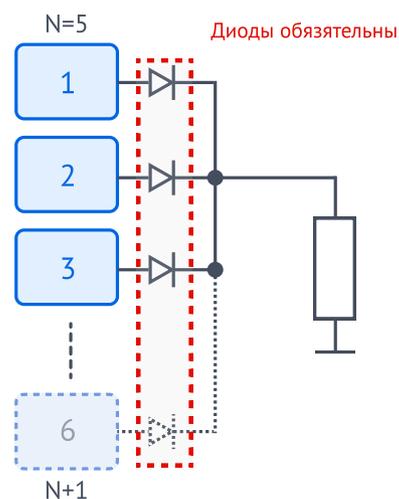


Рисунок 1 – Резервирование N+1

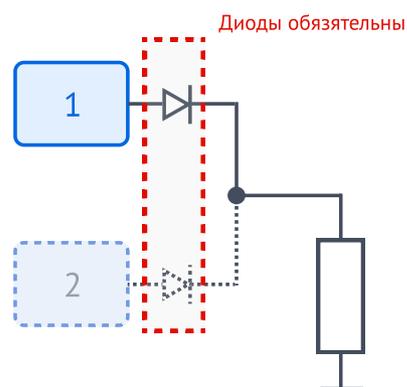


Рисунок 2 – Резервирование 1+1

## Резервирование модулей серии МДМ

В данном разделе приведены общие требования, обязательные для любой схемы резервирования с применением модулей серии МДМ, а также практические примеры реализации горячего и холодного резерва.

### ⚠ Важно!

- Наличие разделительных диодов **обязательно** при любом способе резервирования.
- При резервировании 1+1:
  - Мощность нагрузки должна быть **меньше или равна** мощности единичного модуля.
  - При резервировании использовать выводы ПАРАЛ **не обязательно**.

### Дополнительная информация

- **Диоды предотвращают протекание обратного тока от основного работающего модуля на выход неисправного модуля.** Также, они помогают в согласованном запуске всех модулей.
- **Вывод ПАРАЛ служит для организации параллельной работы с активным выравниванием токов.** когда необходимо равномерно распределить нагрузку между модулями, обеспечив каждому облегченный режим и увеличение времени наработки. В схемах резервирования 1+1 выравнивание токов обычно выравнивание токов не требуется.
- **В схемах 1+1, если мощность нагрузки будет больше мощности одного модуля,** то в случае отказа мощность будет превышать номинальную мощность одного модуля, что приведет к не нормальному режиму работы или срабатыванию защиты.

### ✔ Советы

- **Максимальный прямой ток диодов** должен быть в 1,5–2 раза выше номинального выходного тока модуля, а **обратное напряжение** — в 1,5–2 раза выше номинального выходного напряжения.
- **Для минимизации падения напряжения на нагрузке** рекомендуется применять диоды Шоттки.
- **В случае необходимости выравнивания токов** (объединении выводов ПАРАЛ), важно соблюдать рекомендации по параллельной работе (если она предусмотрена в модуле), приведенные в документе на нашем сайте <https://aedon.ru/recommendations/6>.

Рассмотрим подробнее горячее и холодное резервирование модулей серии МДМ и на примерах.

### Горячее резервирование

Система с двумя независимыми первичными источниками (например, бортовая сеть от генератора и аккумуляторная батарея). В такой схеме входы модулей подключены к разным сетям, а выходы через развязывающие диоды объединены на нагрузку.

На рисунке 3 приведён пример горячего резервирования двух модулей серии МДМ мощностью 60 Вт.

Для перевода резервного модуля в режим холостого хода необходимо установить разницу выходных напряжений с помощью вывода «РЕГ»:

Основной модуль:  $U_{\text{вых}} = U_{\text{ном}} = 12\text{ В}$

Резервный модуль:  $U_{\text{вых}} = 0,95 \times U_{\text{ном}}$  (резистор R1)

В штатном режиме основной модуль обеспечивает около 100% тока нагрузки, а резервный находится в состоянии холостого хода или минимальной подгрузки.

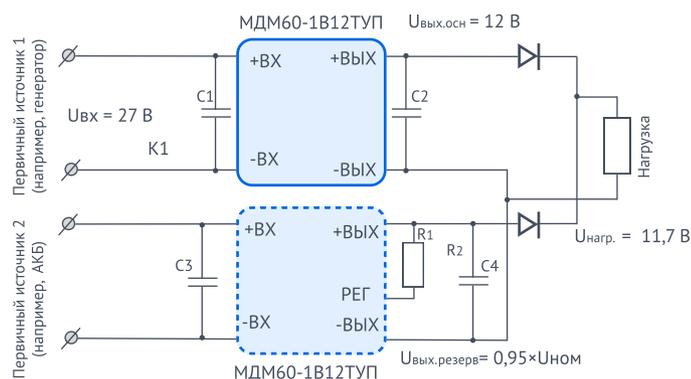


Рисунок 3 – Горячее резервирование

### Дополнительная информация

Подробная информация о способах регулировки выходного напряжения в модулях МДМ приведена на нашем сайте <https://aedon.ru/recommendations/6>.

При отказе основного модуля или просадке его выходного напряжения ниже уровня резервного, последний принимает нагрузку на себя без прерывания электропитания.

Недостатком такой схемы является постоянное потребление мощности холостого хода резервным модулем, что будет постепенно разряжать аккумулятор.

### Холодное резервирование

В режиме холодного резерва один модуль работает постоянно, а резервный модуль, подключённый к АКБ выключен. Это означает, что АКБ не будет разряжаться, пока основная сеть, например, бортовая от генератора исправна.

Включение и выключение модуля осуществляется с помощью сервисной функции «Дистанционное управление» через вывод «ВКЛ» с использованием простейшей логики, например, внешнего реле K1: резервный модуль активируется только при исчезновении напряжения на выходе основного модуля или при пропадании его первичной сети питания.

### Дополнительная информация

Подробная информация о сервисной функции «Дистанционное управление» в модулях МДМ приведена на нашем сайте <https://aedon.ru/recommendations/6>.

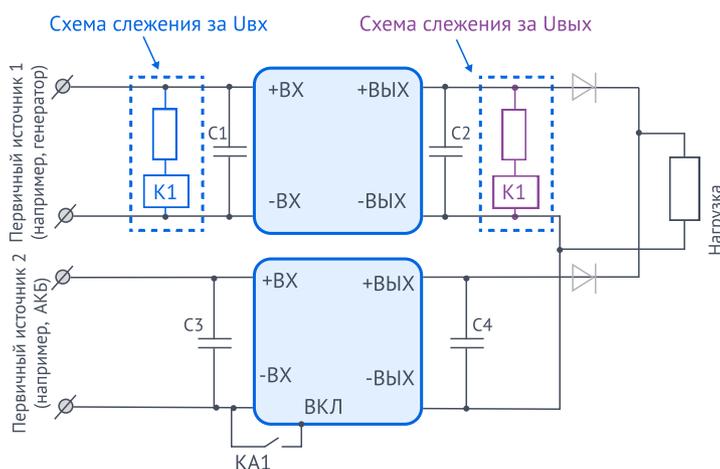


Рисунок 4 – Холодное резервирование

### ⚠ Особенности старта резервного модуля

При «холодном» резервировании возможно прерывание питания нагрузки на время запуска резервного модуля (по ДУ).

В экспериментальной проверке холодного резервирования использовались два модуля МДМ60–1В12ТУП (60 Вт,  $U_{\text{вых}}=12\text{ В}$ ). Измерения показали, что пропадание выходного напряжения на нагрузке при таком переключении составляет около 25 мс (осциллограмма приведена на рисунке 5). Это время складывается из задержки срабатывания реле и времени выхода резервного модуля на режим.



Рисунок 5 – Осциллограммы установления выходного напряжения

### Дополнительная информация

Согласно технической документации, **максимальная** длительность запуска модулей серии МДМ по ДУ составляет:

- 0,035 с – для серии МДМ-Б;
- 0,05 с – для серии МДМ-С;
- 0,1 с – для серий МДМ-П, МДМ-Р и МДМ-А.

### Советы

- Для минимизации общей задержки системы рекомендуется использовать **быстродействующие электронные ключи** (транзисторы, оптроны) вместо механических реле.
- Целесообразно применять схемы **превентивного слежения за входным напряжением**, позволяющие начать запуск резервного модуля до критического падения напряжения на нагрузке.
- Компенсировать время пропадания напряжения конденсаторами (ионисторами) под управлением модуля удержания, например, серии МУ-Б.

### Дополнительные материалы

Подробнее ознакомиться с данным и другими примерами можно по ссылке <https://dzen.ru/aedon>.



[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:**

Чуvenков Александр	<a href="mailto:achuvenkov@aedon.ru">achuvenkov@aedon.ru</a>	+7 (473) 300-300-5 #262
Туровский Алексей	<a href="mailto:aturovskii@aedon.ru">aturovskii@aedon.ru</a>	+7 (473) 300-300-5 #195