

# ВКЛЮЧЕНИЕ DC/DC ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ НА ЕМКОСТНУЮ НАГРУЗКУ. МАКСИМАЛЬНАЯ ВЫХОДНАЯ ЕМКОСТЬ

В системах питания на основе DC-DC преобразователей (далее – преобразователи) часто используются дополнительные внешние выходные емкости. Их применение обусловлено необходимостью фильтрации помех, обеспечением стабильности напряжения при кратковременных просадках питания и сглаживания переходных процессов, в особенности при работе нагрузок с импульсным (резко меняющимся) потреблением тока.

Если суммарное значение выходной емкости имеет большое значение, то встроенные защиты от перегрузки и короткого замыкания (КЗ) по выходу будут срабатывать при запуске и являются основным ограничением. При этом наличие комплекса защит является важным требованием для преобразователя в части обеспечения отказоустойчивости всей системы питания, и одновременно, мерой повышения надежности внутренних компонентов и конструкции преобразователя, так как они не рассчитаны на длительную работу при токе значительно превышающем номинальный, который также возникает при заряде емкостей.

**Допустимое значение максимальной выходной емкости ( $C_{\text{вых.макс}}$ ), обычно указывается в ДШ на преобразователь и представляет собой предельное суммарное значение емкости конденсаторов, допустимое для подключения к выходу в заданных условиях.** Обычно указывается значение на «смешанный» набор конденсаторов разных типов и характеристик (например: керамические и танталовые с разным значением ESR).

Также, в ДШ на типовой схеме включения часто приводятся рекомендуемые значения выходной емкости ( $C_{\text{вых}}$ ), которое гарантирует соответствие заявленным стандартам – максимальному значению пульсаций и переходного отклонения выходного напряжения, **это значение всегда сильно ниже максимального.**

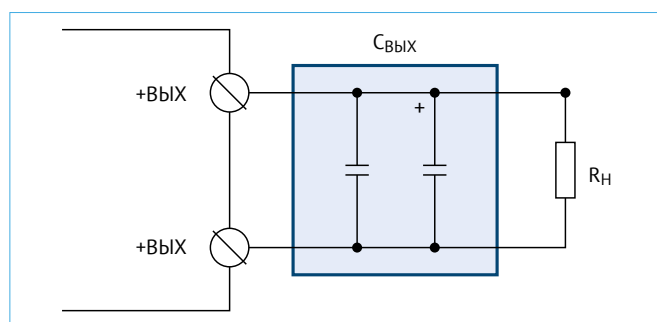


Рис. 1. Выходные конденсаторы.

Превышение  $C_{\text{вых.макс}}$  проявляется в процессе запуска преобразователя, приводя к чрезмерным пусковым токам заряда конденсаторов и запуска нагрузки, что в свою очередь и вызывает срабатывание защиты с последующим отключением (паузой в работе) преобразователя. Таким образом, преобразователь не способен корректно и гарантированно запускаться во всем диапазоне рабочих режимов.

После запуска и перехода в установившийся режим работы превышение  $C_{\text{вых.макс}}$  уже не столь критично. Однако в редких случаях (например, при резких изменениях тока нагрузки) может появиться влияние на работу узла внутренней обратной связи, вызывая колебание (раскачку) выходного напряжения или даже самовозбуждение.

Как правило,  $C_{\text{вых.макс}}$  указанное в ДШ, берется с достаточным запасом и преобразователь способен запускаться на большие значения.

Способность запуска на повышенные значения емкости зависит не только от предустановленного порога защиты, но и от характера тока нагрузки в момент включения. Чем ниже ток нагрузки, тем на большую емкость преобразователь запустится.

**Характер нагрузки можно поделить на:**

- CR (Constant Resistance) – *постоянное сопротивление* – «резистор», позволяет использовать самое большое значение  $C_{\text{вых}}$ , так как ток будет возрастать пропорционально росту напряжения и в начале будет минимален;
- CC (Constant Current) – *постоянный ток* – «датчики, драйверы, некоторые полупроводниковые схемы», ток будет фиксированным и значительно снизит возможности преобразователя запустится на повышенное значение  $C_{\text{вых}}$ ;
- CP (Constant Power) – *постоянная мощность* – «преобразователи напряжения с широким входным диапазоном в роли нагрузки», преобразователь может не запуститься даже с соблюдением  $C_{\text{вых}}$ , так как при низком напряжении в начале запуска потребляемый ток пропорционально вырастет.

Не менее важным фактором является тип используемых конденсаторов, а именно какое эквивалентное последовательное сопротивление и индуктивность (ESR, ESL). Если использовать только, например, многослойные керамические конденсаторы (MLCC) или пленочные, то запуск на большие значения будет затруднен и, наоборот, если использовать алюминиевые электролитические конденсаторы, то емкость может быть увеличена.

На [Рис. 2] представлены три случая возрастания выходного напряжения при включении преобразователя с различными значениями выходной емкости:

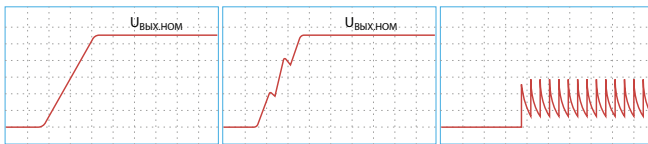


Рис. 2. Примеры формы  $U_{\text{вых}}$  при запуске на разные значения  $C_{\text{вых}}$ .

**1. Допустимое значение  $C_{\text{вых}} < C_{\text{вых.макс}}$** 

Процесс появления выходного напряжения нормальный (монотонный), запуск стабильный.

**2. Превышенное значение  $C_{\text{вых}} > C_{\text{вых.макс}}$** 

Наличие одного или нескольких характерных «ступенчатых» провалов сигнализирует о срабатывании защиты по перегрузке, но при этом запуск все равно происходит. При такой форме запуска существуют риски нестабильных последующих запусков при:

- изменении температуры;
- незначительном возрастании нагрузки;
- изменении входного напряжения;
- применении аналогичного модуля из другой производственной партии.

**3. Значительно превышенное значение  $C_{\text{вых}} \gg C_{\text{вых.макс}}$** 

«Пилообразная» форма или одиночные импульсы выходного напряжения сигнализируют о циклических попытках запуститься, но наличие превышенного значения  $C_{\text{вых}}$  не позволяет запуститься (аналогичная форма будет при КЗ на выходе).

В случаях, когда требуемая выходная емкость превышает допустимые значения, рекомендуем:

- рассмотреть применение другой серии модулей с большим значением  $C_{\text{вых.макс}}$ ;
- снизить или полностью отключить нагрузку на время запуска преобразователя;
- использовать внешние схемотехнические решения для ограничения или стабилизации тока заряда;
- обратиться в службу технической поддержки, где мы уточним возможность внутренней настройки и кастомизации модуля.

## Особенности работы на повышенную емкость разных серий МДМ

Серии преобразователей МДМ (МДМ-П, МДМ-Н, МДМ-А, МДМ-Р, МДМ-Б, МДМ-С) являются разными поколениями модулей и обладают различными схемотехническими решениями. В более современных сериях учитываются требования и тенденции в увеличенных значениях  $C_{\text{вых.макс}}$ , в сочетании с гибкой настройкой защиты от перегрузки.

### МДМ-П

- Серия не оптимизирована для работы с большими значениями  $C_{\text{вых}}$ ;
- Фактическое значение  $C_{\text{вых.макс}}$ , на которое модуль запустится, может меняться при изменении  $U_{\text{вх}}$  (наилучший запуск будет при  $U_{\text{вх.ном}}$ , наихудший при  $U_{\text{вх.мин}}$ ), а также для разных производственных партий;
- В модулях серии МДМ-П нормируются два значения  $C_{\text{вых.макс}}$  [Табл. 1]:
  - $C_{\text{вых.макс}}$  (меньшее значение) – емкость, при которой обеспечивается время запуска;
  - $C_{\text{вых.макс}}$  (большее значение) – максимальная емкость, при которой гарантируется запуск;
- Для двухканальных исполнений, рекомендуется использовать одинаковые значения  $C_{\text{вых}}$  на каждый канал, а  $C_{\text{вых.макс}}$  будет в два раза меньше значения из [Табл. 1]. Аналогично и для трехканального исполнения с учетом распределения мощности по каналам.

Табл. 1. Максимальная суммарная выходная емкость для модулей МДМ-П

Номинальная выходная мощность, Вт	Номинальное выходное напряжение, В									
	3-6 включ., мкФ		6-15 включ., мкФ		15-27 включ., мкФ		27-36 включ., мкФ		36-68 включ., мкФ	
3; 5; 6; 8	250	500	25	50	10	20	4	10	1	3
7,5; 10; 12	385	770	40	80	12	30	5	15	2,2	4
15; 20; 25	450	1300	50	130	15	40	6	20	2,4	4,4
30; 40; 50	900	2700	85	250	20	55	8	27	3	5
60; 80; 100	1275	5100	100	400	25	75	10	35	3,3	6
120; 160; 200	2500	10000	150	600	30	100	13	50	3,6	7
240; 320; 400; 500	-	-	250	1000	38	150	18	70	10	16
1000	-	-	-	-	65	250	25	100	16	33

## МДМ-Н

- Серия адаптирована к большим значениям  $C_{\text{вых}}$  для маломощных исполнений. Это связано с нестандартной работой защиты:
  - на 2 и 5 Вт – при превышении тока осуществляется переход в ограничение;
  - на 10 Вт не имеет полноценной защиты.
- При уменьшении выходного тока нагрузки относительно номинального значения, значение  $C_{\text{вых.макс}}$  может быть пропорционально увеличено;
- При превышении  $C_{\text{вых.макс}}$  время запуска модуля увеличится.

Табл. 2. Максимальная суммарная выходная емкость для модулей МДМ-Н

Тип модуля	Номинальное выходное напряжение, В	Максимальная суммарная емкость на выходе модуля по каждому каналу, мкФ
МДМ2-Н	3,3; 5	3000
	9; 12; 15	700
МДМ5-Н	3,3; 5	7000
	9; 12; 15	1700
МДМ10-Н	3,3; 5	10000
	9; 12; 15	2200

## МДМ-А

- Модули серии специально разработаны для работы с импульсными нагрузками и адаптированы работать с большими значениями  $C_{\text{вых}}$ .
- Допустимые значения  $C_{\text{вых.макс}}$  указаны в [Табл. 3] при номинальном входном напряжении  $U_{\text{вх.ном}}$  и половинном значении тока нагрузки  $I_{\text{вых}} = 0,5 \cdot I_{\text{ном}}$ . При других условиях значения могут немного отличаться.

Табл. 3. Максимальная суммарная выходная емкость для модулей МДМ-А

Номинальная выходная мощность, Вт	Номинальное значение выходного напряжения, В		
	7,5-15 включ., мкФ	15-27 включ., мкФ	свыше 27, мкФ
340; 500	8000	2500	500

## МДМ-Р

- Серия адаптирована к большим значениям  $C_{\text{вых}}$ .
- Допустимые значения  $C_{\text{вых.макс}}$  указаны в [Табл. 4] при номинальном входном напряжении  $U_{\text{вх.ном}}$  и половинном значении тока нагрузки  $I_{\text{вых}} = 0,5 \cdot I_{\text{ном}}$ . При других условиях значения могут немного отличаться.

Табл. 4. Максимальная суммарная выходная емкость для модулей МДМ-Р

Номинальная выходная мощность, Вт	Номинальное значение выходного напряжения, В		
	3-6 включ., мкФ	6-15 включ., мкФ	15-27 включ., мкФ
6	630	100	50
10	1000	160	80
15	1500	240	120
25	2500	400	125
40	4000	640	200
50	5000	800	250
75	7500	1200	370
100	10000	1600	500
120	12000	1900	600
160	16000	2500	800
250	-	3500	1000
300	-	4000	1300
400	-	5800	1800
500	-	7000	2200

## МДМ-С и МДМ-Б

- Серии относятся к новым разработкам, адаптированным к большим значениям  $C_{\text{вых}}$ .
- Допустимые значения  $C_{\text{вых.макс}}$  указаны в [Табл. 5] и [Табл. 6] при номинальном входном напряжении  $U_{\text{вх.ном}}$  и половинном значении тока нагрузки  $I_{\text{вых}} = 0,5 \cdot I_{\text{ном}}$ . При других условиях значения могут немного отличаться.
- Увеличение  $C_{\text{вых.макс}}$  может привести к увеличению времени запуска преобразователя.

Табл. 5. Максимальная суммарная выходная емкость для модулей МДМ-Б

Номинальная выходная мощность, Вт	Номинальное значение выходного напряжения, В							
	3,3	5	12	24	27	48	±5	±12
6	1600	900	500	47	47	20	900	500
15	3200	1800	300	30	30	20	1800	300
30	14000	5600	640	230	230	60	4000	220
50	10000	7000	500	70	70	20	7000	500
100	10000	8000	700	85	85	20	8000	700

Табл. 6. Максимальная суммарная выходная емкость для модулей МДМ-С

Номинальная выходная мощность, Вт	Номинальное значение выходного напряжения, В							
	3,3	5	9	12	15	24	28	48
25	10000	1600	550	230	200	47	42	100
50	4000	3200	1000	600	380	140	140	30
120	18000	9000	-	2700	2360	1000	900	330
200	-	16000	-	4600	3200	1600	1050	370

Дополнительно рекомендуем ознакомиться с видеороликом на тему «Включение DC/DC преобразователя на емкостную нагрузку».

В нем показано влияние значения  $U_{\text{вх}}$  и выходной нагрузки на запуск модуля, а также определено предельное значение  $C_{\text{вых}}$  для модуля серии МДМ-Р на 25 Вт.

<https://aedon.ru/overview/49> или

<https://dzen.ru/video/watch/62861a723e78be4dd604f473>



[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    [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