

Электрические характеристики выходного напряжения. Виды отклонений и методики их измерения.

Содержание

Актуальность	2
Цель документа	3
Виды и причины отклонений выходного напряжения в DC/DC преобразователях	3
Особенности обратной связи в модулях МДМ	3
Характеристики модулей МДМ	5
Схема для измерения электрических параметров	5
Установившееся отклонение ($\Delta U_{уст}$)	6
Нестабильность при изменении входного напряжения (H_U)	6
Нестабильность при изменении выходного тока (H_I)	7
Временная нестабильность (H_T)	7
Температурная нестабильность (H_T)	8
Суммарная нестабильность (H_Σ)	8
Переходное отклонение ($\Delta U_{пер}$) при изменении выходного тока ($\Delta U_{пер}$) и входного напряжения	9

Актуальность

Современные электронные системы критичны к качеству питания и выходу за допустимые границы напряжения. Значительные отклонения выходного напряжения DC/DC преобразователей могут нарушать работоспособность оборудования и снизить надежность системы.

Допустимый диапазон питания нагрузки обозначается характеристиками выходного напряжения DC/DC преобразователя в виде установившихся отклонений и нестабильностей при изменении входного питания и выходного тока, динамических провалов/выбросов, температурного и временного дрейфа.

Эти параметры напрямую связаны с типом нагрузки и могут приводить к различным негативным последствиям:



Цифровые процессоры и ПЛИС

Снижение тактовой частоты, увеличение энергопотребления и тепловыделения



Аналоговые датчики

Погрешность измерения пропорциональна нестабильности питания



Усилители

Искажение аналогового сигнала



Приемо-передающие модули

Дрейф частоты передатчика, искажение фазы сигнала, увеличение уровня побочных излучений



Двигатели

Кратковременное изменение скорости вращения



Индикаторные устройства

Мерцание или снижение яркости

DC/DC преобразователи МДМ предназначены для стабильного питания для различного типа нагрузок



Рис. 1. МДМ-А, источники питания импульсных нагрузок.

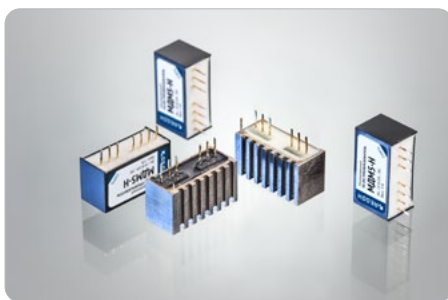


Рис. 2. МДМ-Н, компактные преобразователи в SIP-корпусах.

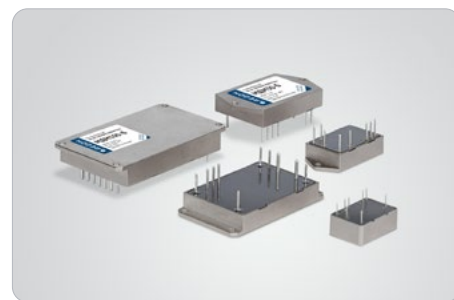


Рис. 3. МДМ-Б, унифицированные преобразователи, предназначены для эксплуатации в бортовой аппаратуре.

Цель документа

Документ предоставляет практическое руководство для выбора и применения DC/DC преобразователей серии МДМ в системах с высокой стабильностью питания и помогает:

- классифицировать виды отклонений выходного напряжения и пояснить причины их возникновения.
- ознакомить с электрическими характеристиками выходного напряжения модулей МДМ и методами их измерения.

Виды и причины отклонений выходного напряжения в DC/DC преобразователях

За компенсацию отклонения выходного напряжения от номинального значения отвечает обратная связь.

Ее основная задача — компенсировать изменения $U_{\text{ВЫХ}}$ при плавных или скачкообразных изменениях условий работы ($U_{\text{ВХ}}$, $I_{\text{ВЫХ}}$, температура).

Пример топологии многоканального преобразователя с магнитной обратной связью обратноходового приведен на рисунке.

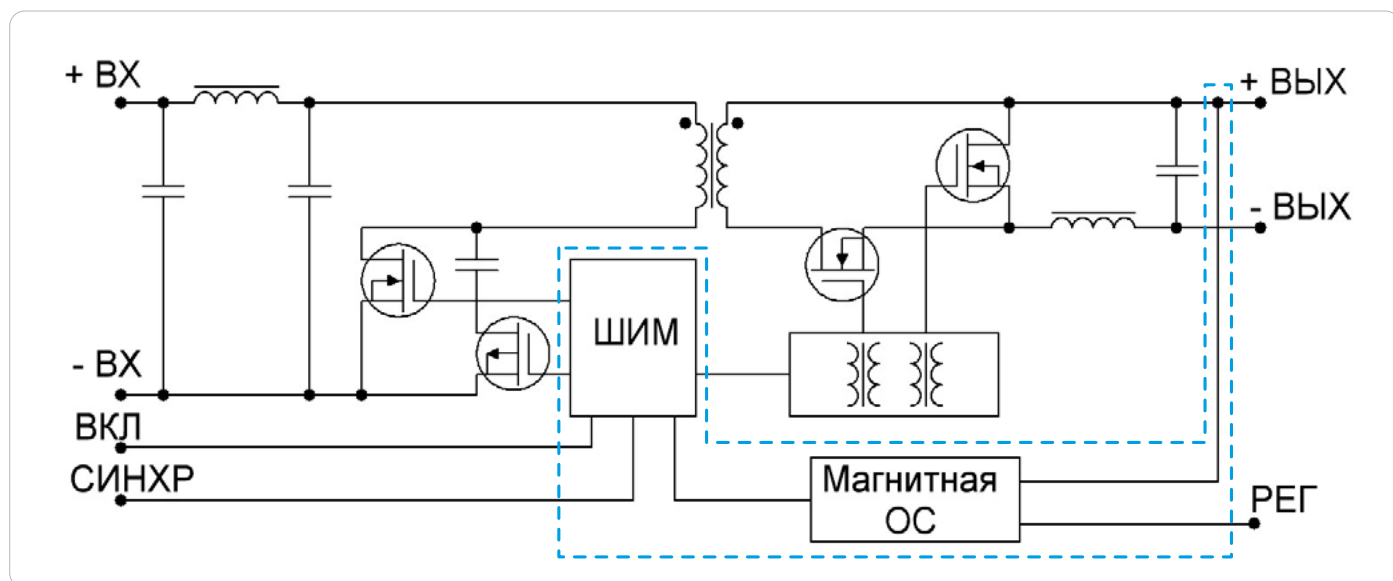


Рис. 4. Пример топологии многоканального преобразователя с магнитной обратной связью обратноходового.

Однако разброс параметров компонентов ОС, нелинейность характеристик и внешние факторы вызывают отклонения выходного напряжения от номинального значения.

Особенности обратной связи в модулях МДМ

Во многоканальных модулях ОС берётся с первого канала, поэтому второй компенсирует отклонения с меньшей точностью и зависит от загрузки первого канала.

При малой нагрузке 10% от номинального тока нестабильность второго/третьего канала может превышать 10%.

Характеристики выходного напряжения DC/DC преобразователя, отражающие данные отклонения, разделяют на:

Статические

$$\Delta U_{уст}$$

Установившееся отклонение

Обусловлены разбросом параметров компонентов ОС (например, резисторов в делителе напряжения), индуктивности трансформатора, микросхемы опорного напряжения

$$H_U/H_I$$

Нестабильность по входному напряжению и току нагрузки

Обусловлены нелинейностью обратной связи по напряжению преобразователя (например, изменение коэффициента усиления при разных режимах работы)

$$H_T, H_t$$

Температурная и временная нестабильность

Обусловлены влиянием внешних факторов: температура, старение конденсаторов, дрейф характеристик датчиков тока

$$H_{\Sigma}$$

Суммарная нестабильность

Складывается из частных нестабильностей и достигает максимального значения только при совокупном воздействии всех факторов

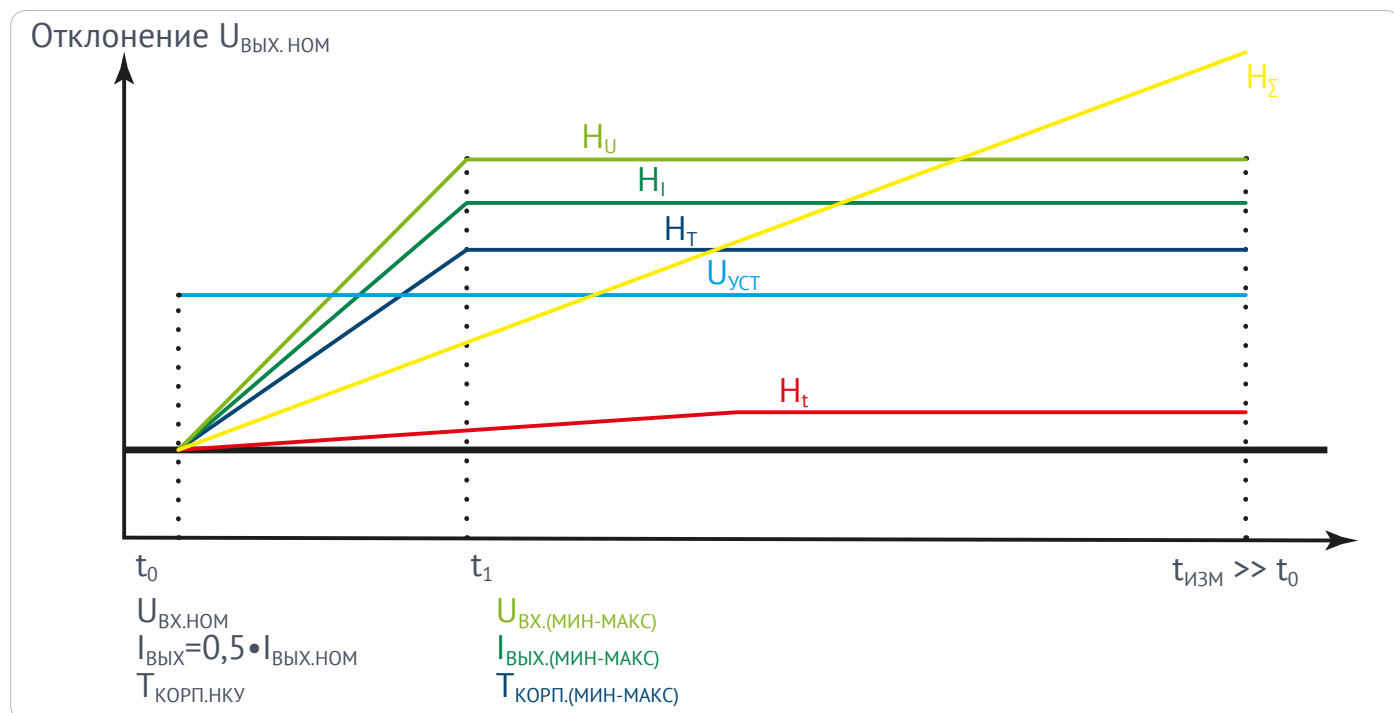


Рис. 5. Пример нестабильностей выходного напряжения.

Динамические

$$\Delta U_{пер}$$

Установившееся отклонение

Кратковременные выбросы/провалы, возникающие при:

- скачкообразном изменении нагрузки;
- резком изменении входного напряжения.

Обусловлено временем (быстродействием), необходимым на получение сигнала обратной связи об изменениях в работе, коррекции ШИМ и формирования напряжения в выходном фильтре.

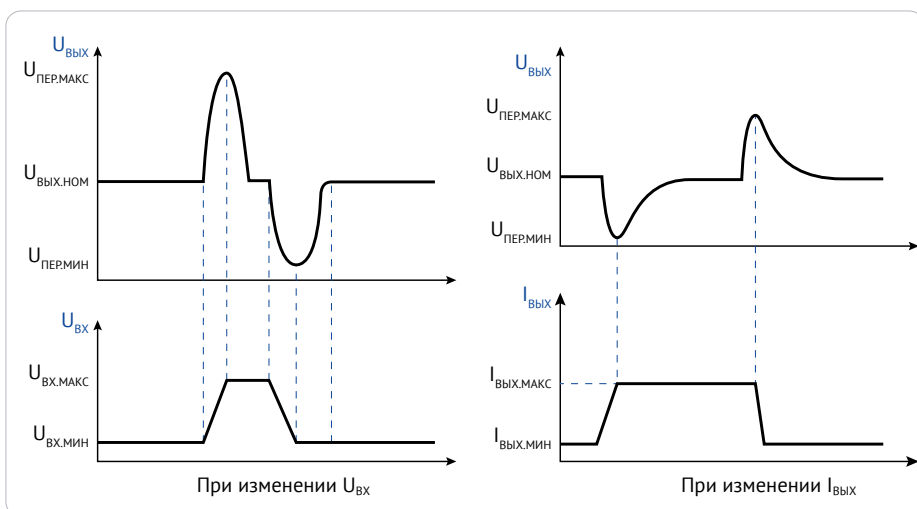


Рис. 6. Пример переходных отклонений.

Характеристики модулей МДМ

В таблице ниже приведены характеристики модулей МДМ

$P_{\text{вых}}$ N канала	МДМ-П		МДМ-Р	МДМ-Н		МДМ-А	МДМ-Б		МДМ-С			
Параметр	1 канал	2; 3 канал	Для всех	2 Вт и 5 Вт	10 Вт	Для всех	1 канал	2 канал	25 Вт и 50 Вт	120 Вт	200 Вт	400 Вт
$\Delta U_{\text{уст}}$	$\pm 2\%$	$\pm 7\% ^1$	$\pm 2\%$	$\pm 2\%$		$\pm 2\%$	$\pm 2\% \pm 3\%^*$	$\pm 5\% \pm 7\%^*$	$\pm 1\%$			
H_U	$\pm 2\%$	$\pm 7\% ^1$	$\pm 2\%$	$\pm 1\%$		$\pm 2\%$	$\pm 0,5\%$		$\pm 0,5\%$			
H_I	$\pm 2\%$	$\pm 7\% ^1$	$\pm 2\%$	$\pm 1\%$ для $U_{\text{вых}} > 5\text{В}$ $\pm 2\%$ для $U_{\text{вых}} < 5\text{В}$		$\pm 2\%$	$\pm 1,5\%$	$\pm 5\%$	$\pm 0,5\%$			
H_T	$\pm 3\%$		$\pm 3\%$	$\pm 2\%$		$\pm 1\%$	$\pm 2\%$		$\pm 1,5\%$			
H_t	$\pm 0,5\%$		$\pm 0,5\%$	$\pm 0,5\%$		$\pm 0,5\%$	$\pm 1\%$		$\pm 0,5\%$			
H_Σ	$\pm 5\%$	$\pm 8\% ^1$	$\pm 6\%$	$\pm 2,5\%$		$\pm 4\%$	$\pm 5\%$	$\pm 8\%$	$\pm 3\%$			
$\Delta U_{\text{пер}}$	$\pm 10\% ^3$		$\pm 10\%^{**}$	$\pm 5\% ^2$ - при изм. $U_{\text{вх}}$ $\pm 10\% ^2$ - при изм. $I_{\text{вх}}$		$\pm 10\% ^3$	$\pm 10\% ^3$		$\pm 6\% ^2$	$\pm 5\% ^2$	$\pm 10\% ^2$	

¹ В случае, если $U_{\text{вых}}$ 2-го или 3-го каналов отличается на 20 % и более от номинального $U_{\text{вых}}$ 1-го канала:

- $H_U + H_I$ должна быть не более $\pm 12\%$;
- H_Σ должна быть не более $\pm 14\%$;

² При длительности фронта $\geq 0,1$ мс

³ При длительности фронта $\geq 0,5$ мс

Схема для измерения электрических параметров

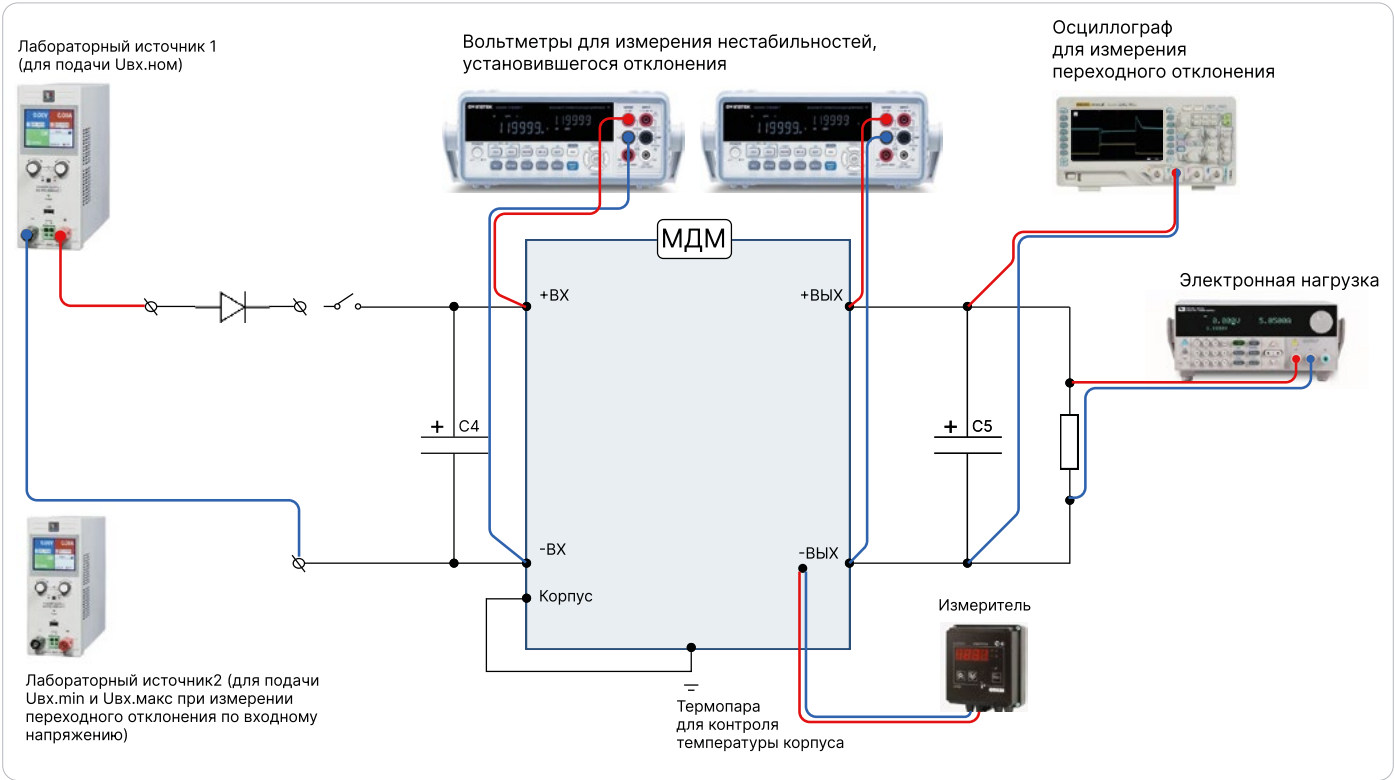


Рис. 7. Схема для измерения электрических параметров.

Установившееся отклонение ($\Delta U_{уст}$)

Что измеряется:

Отклонение выходного напряжения от номинала при максимальной нагрузке.

Методика:

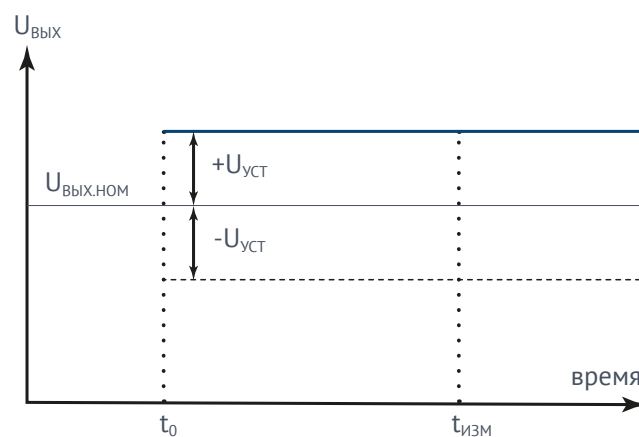
1. Установить номинальное входное напряжение ($U_{вх.ном}$) и максимальный ток нагрузки ($I_{ном}$).
2. Измерить фактическое выходное напряжение ($U_{вых.изм}$).
3. Рассчитать $\Delta U_{уст}$ по формуле.

Формула:

$$\Delta U_{уст} = \frac{U_{вых.ном} - U_{вых.изм}}{U_{вых.ном}} \cdot 100\%$$

Дополнительно:

Измерение проводится после стабилизации напряжения (например, «после 5 минут работы»).



где t_0 — момент появления $U_{вых}$
 $t_{изм}$ — момент изменения $U_{вых}$

Рис. 8. Пример установившегося отклонения.

Нестабильность при изменении входного напряжения (H_U)

Что измеряется:

Отклонение выходного напряжения при изменении входного напряжения.

Методика:

1. Установить $U_{вх.ном}$ и $I_{ном}$, измерить $U_{вых}$.
2. Увеличить $U_{вх}$ до $U_{вх.макс}$, измерить $U_{вых}$.
3. Уменьшить $U_{вх}$ до $U_{вх.мин}$, измерить $U_{вых}$.
4. Рассчитать H_U по формуле.

Формула:

$$H_U = \frac{U_{вых(макс, мин)} - U_{вых.ном}}{U_{вых.ном}} \cdot 100\%$$

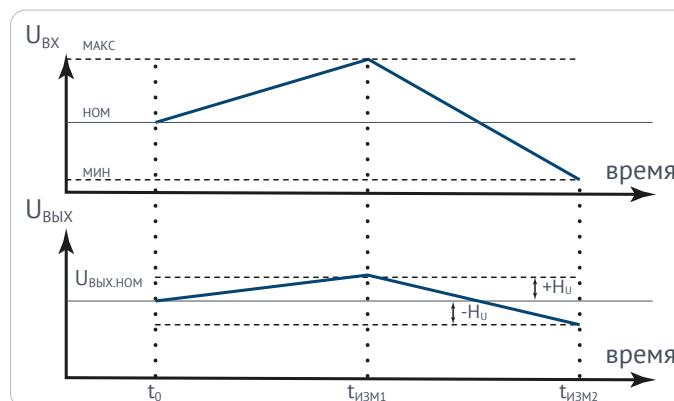


Рис. 9. Пример нестабильности при изменении входного напряжения.

Нестабильность при изменении выходного тока (H_I)

Что измеряется:

Отклонение выходного напряжения при изменении тока нагрузки.

Методика:

1. Установить $I_{\text{ВЫХ}} = 0,5 \times (I_{\text{МАКС}} + I_{\text{МИН}})$, измерить $U_{\text{ВЫХ}}$.
2. Уменьшить ток до $I_{\text{МИН}}$, измерить $U_{\text{ВЫХ}}$.
3. Увеличить ток до $I_{\text{МАКС}}$, измерить $U_{text{ВЫХ}}$.
4. Рассчитать H_I по формуле.

Формула:

$$H_I = \frac{U_{\text{ВЫХ (МАКС, МИН)}} - U_{\text{ВЫХ.НОМ}}}{U_{\text{ВЫХ.НОМ}}} \cdot 100\%$$

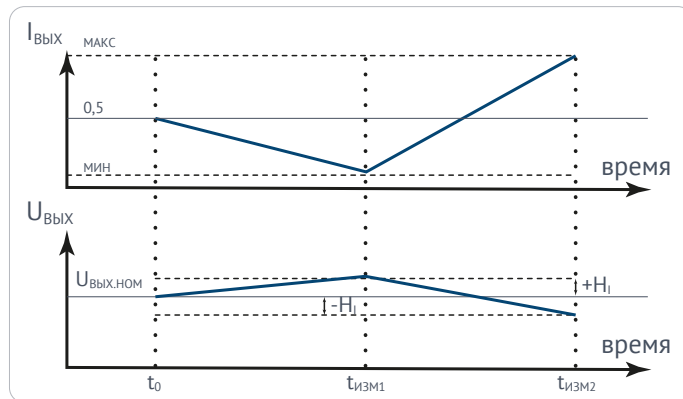


Рис. 10. Пример нестабильности при изменении выходного тока.

Временная нестабильность (H_T)

Что измеряется:

Дрейф выходного напряжения во времени при постоянных условиях.

Методика:

1. Установить $U_{\text{ВХ.НОМ}}$ и $I_{\text{НОМ}}$.
2. Зафиксировать начальное значение $U_{\text{ВЫХ}}$.
3. Оставить преобразователь включенным на 8 часов.
4. Каждые 2 часа измерять $U_{\text{ВЫХ}}$, зафиксировать $U_{\text{МАКС}}$ и $U_{\text{МИН}}$.
5. Рассчитать H_T по формуле.

Формула:

$$H_T = \frac{U_{\text{ВЫХ.МАКС}} - U_{\text{ВЫХ.МИН}}}{U_{\text{ВЫХ}}} \cdot 100\%$$

Дополнительно:

Все измерения проводятся при стабильной температуре и нагрузке. Используется для оценки долгосрочной надёжности.

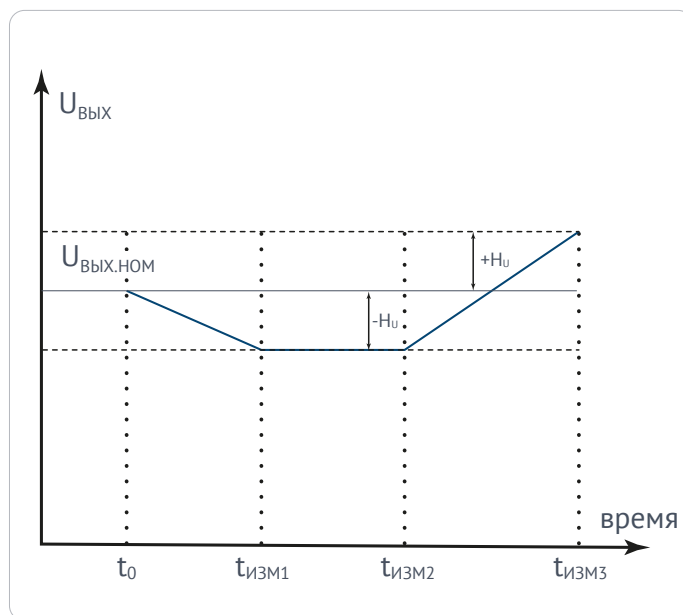


Рис. 11. Пример временной нестабильности.

Температурная нестабильность (H_T)

Что измеряется:

Отклонение выходного напряжения при изменении температуры окружающей среды.

Методика:

1. Установить $U_{ВХ.НОМ}$ и $I_{НОМ}$
2. Снизить температуру до $T_{МИН}$, измерить $U_{ВЫХ.ИЗМ.1}$
3. Повысить температуру до $T_{МАКС}$, измерить $U_{ВЫХ.ИЗМ.2}$
4. Рассчитать H_T по формуле.

Формула:

$$H_T = \frac{U_{ВЫХ}(T_{КОРП.МАКС}, T_{КОРП.МИН}) - U_{ВЫХ.НОМ}}{U_{ВЫХ.НОМ}} \cdot 100\%$$

Дополнительно:

Измерения проводятся в климатической камере или с использованием саморазогрева (см. [Рекомендации по применению Оценка и обеспечение тепловых режимов DC/DC преобразователей](#)).

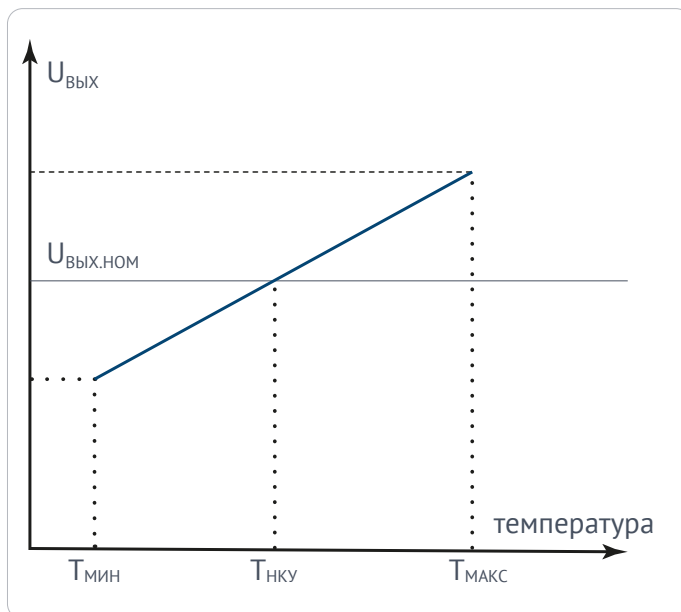


Рис. 12. Пример температурной нестабильности.

Суммарная нестабильность (H_{Σ})

Что измеряется:

Максимально возможное отклонение выходного напряжения в случае одновременного значительного изменения температуры корпуса, при изменении входного напряжения и при изменении выходного тока на длительном промежутке времени.

Методика:

1. Провести измерения для H_U , H_I , H_T , H_T по отдельности.
2. Сложить полученные значения.

Формула:

$$H_{\Sigma} = H_U + H_I + H_T + H_T$$

Дополнительно:

H_{Σ} необходима для комплексной оценки стабильности выходного напряжения. Учитывает совокупное отклонение при воздействии одновременно всех параметров.

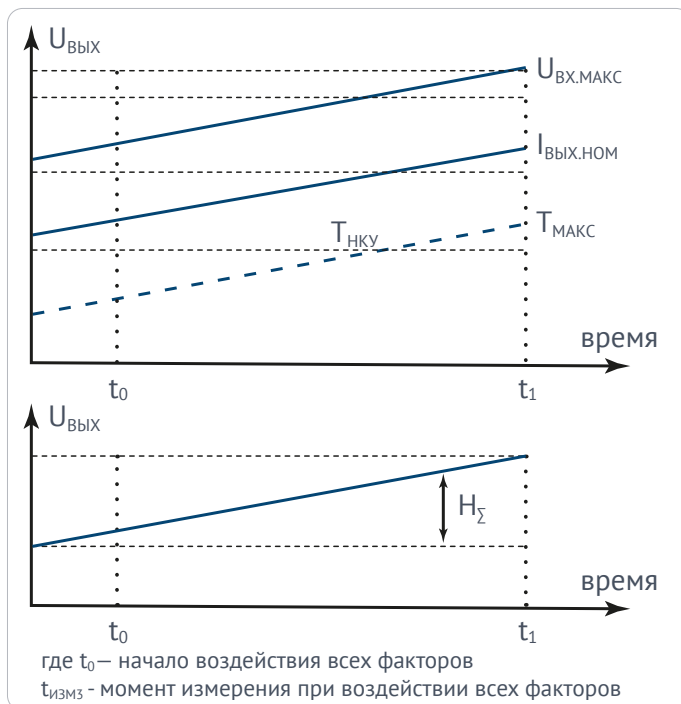


Рис. 13. Пример суммарной нестабильности.

Переходное отклонение ($\Delta U_{\text{ПЕР}}$) при изменении выходного тока ($\Delta U_{\text{ПЕР}}$) и входного напряжения

Что измеряется:

Отклонение выходного напряжения при резком изменении нагрузки (скачкообразное воздействие).

Методика:

- Подготовка оборудования:
 - Подключите программируемую электронную нагрузку к выходу модуля.
 - Установите тумблеры S_1 и S_2 в положение «ВКЛ».
- Проведение испытаний:
 - Шаг 2.1:
 - Установите нагрузку на 50%
 - Шаг 2.2:
 - Переключите нагрузку на 100% $I_{\text{НОМ}}$ > зафиксируйте осциллограмму.
 - Переключите нагрузку обратно на 50% $I_{\text{НОМ}}$ > зафиксируйте осциллограмму.
- Расчёт $\Delta U_{\text{ПЕР}}$
- Определите $U_{\text{ВЫХ.МАКС}}$ и $U_{\text{ВЫХ.МИН}}$ с осциллограммы.
- Рассчитайте $\Delta U_{\text{ПЕР}}$ по формуле.

Что измеряется:

Отклонение выходного напряжения при изменении $U_{\text{ВХ.}}$

Методика:

- Подготовка оборудования:
 - Подключите два лабораторных источника питания через тумблер.
 - Установите модуль согласно схемы включения.
- Настройка режима:
 - Установите номинальное входное напряжение ($U_{\text{ВХ.НОМ}}$) и номинальный ток нагрузки ($I_{\text{НОМ}}$).
- Проведение испытаний:
 - Шаг 3.1:
 - На источнике 1 установите $U_{\text{ВХ.МИН}}$ (отрицательное отклонение).
 - На источнике 2 установите $U_{\text{ВХ.НОМ}}$.
 - Шаг 3.2:
 - Переключите тумблер на источник 1 ($U_{\text{ВХ.МИН}}$) > зафиксируйте осциллограмму.
 - Переключите тумблер на источник 2 ($U_{\text{ВХ.НОМ}}$) > зафиксируйте осциллограмму.
 - Шаг 3.3:
 - Повторите измерения для $U_{\text{ВХ.МАКС}}$ (положительное отклонение).
- Расчёт $\Delta U_{\text{ПЕР}}$:
 - Определите $U_{\text{ВЫХ.МАКС}}$ и $U_{\text{ВЫХ.МИН}}$ с осциллограммы.
 - Рассчитайте $\Delta U_{\text{ПЕР}}$ по формуле.

Формула:

$$\Delta U_{\text{ПЕР}} = \frac{U_{\text{ВЫХ.МАКС/МИН}} - U_{\text{ВЫХ}}}{U_{\text{ВЫХ}}} \cdot 100\%$$

Пояснения:

Длительность фронта импульса должна составлять:

- 0,5 мс - МДМ-П, МДМ-Р, МДМ-А, МДМ-Н (2 и 5 Вт);
- 0,1 мс - для модулей МДМ-Н (10 Вт), МДМ-Б, МДМ-С.

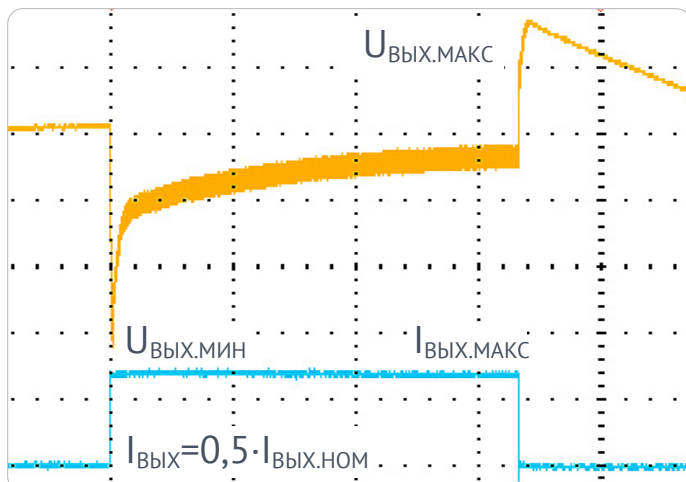


Рис. 14. Переходное отклонение при набросе и сбросе нагрузки.

Луч 1 (желтый) — выходное напряжение.

Луч 2 (голубой) — ток нагрузки.

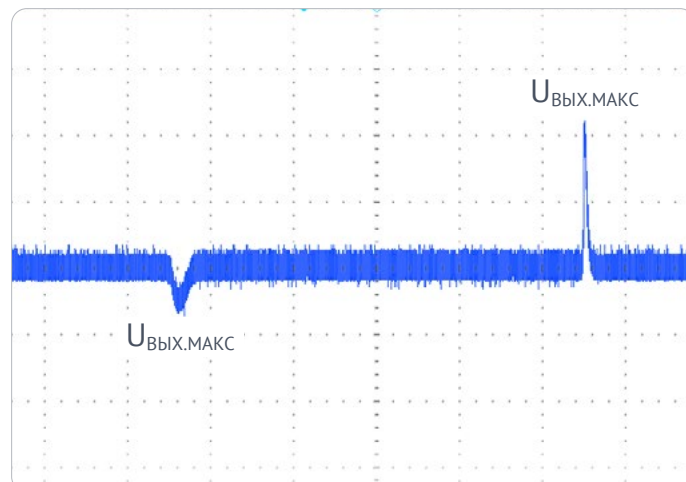


Рис. 15. Переходное отклонение при изменении входного напряжения.



www.aedon.ru

mail@aedon.ru

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

По всем вопросам и с предложениями

Вы можете обращаться по телефону:

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