

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
Установившееся отклонение ($\Delta U_{уст}$)	5
Нестабильность при изменении входного напряжения (H_U)	5
Нестабильность при изменении выходного тока (H_I)	6
Временная нестабильность (H_T)	6
Температурная нестабильность (H_T)	7
Суммарная нестабильность ($H_{сумм}$)	7
Переходное отклонение ($\Delta U_{пер}$) при изменении выходного тока ($\Delta U_{пер}$) и входного напряжения	8

Актуальность

Современные электронные системы критичны к качеству питания и выход за допустимые границы выходного напряжения DC/DC преобразователя могут нарушить работоспособность оборудования и снизить надежность системы.

Допустимый диапазон питания нагрузки характеризуется 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.

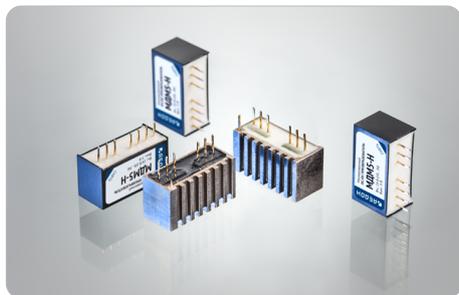


Рис. 2. МДМ-Н, компактные преобразователи в SIP-корпусах.



Рис. 3. MHM, микромодули для организации электропитания низковольтных нагрузок.

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 методиками 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.

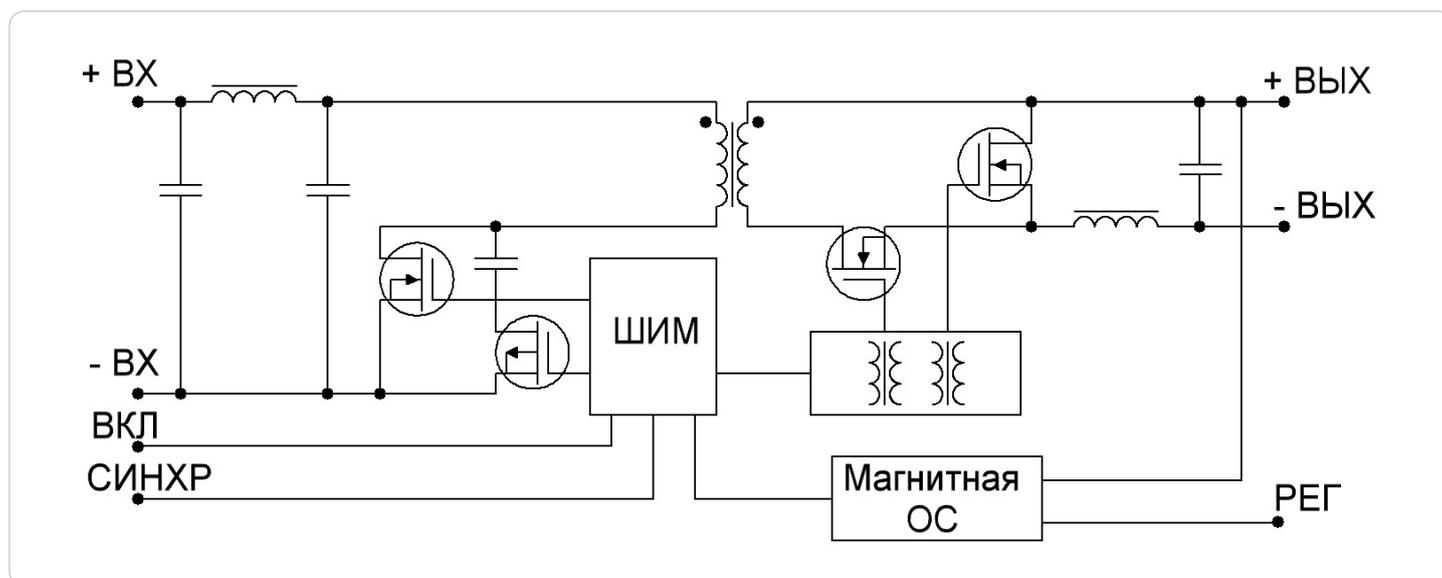


Рис. 4. Пример топологии многоканального преобразователя с магнитной обратной связью обратноходового.

Однако разброс параметров компонентов ОС (резисторы, конденсаторы), 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.

Повышение стабильности второго канала потребовало бы:

- Разделение ОС (увеличение габаритов).
- Добавление отдельных регуляторов (рост стоимости преобразователя).

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:

1. Статические

<p>$\Delta U_{уст}$</p> <p>Установившееся отклонение Обусловлены разбросом параметров компонентов ОС (например, резисторов в делителе напряжения)</p>	<p>H_u / H_i</p> <p>Нестабильность по вх. напряжению и току нагрузки Обусловлены нелинейностью обратной связи по напряжению преобразователя (например, изменение коэффициента усиления при разных режимах работы)</p>	<p>H_T / H_t</p> <p>Температурная и временная нестабильность Обусловлены влиянием внешних факторов: температура, старение конденсаторов, дрейф характеристик датчиков тока</p>	<p>H_Σ</p> <p>Суммарная нестабильность Складывается из частных нестабильностей и достигает максимального значения только при совокупном воздействии всех факторов</p>
--	--	---	---

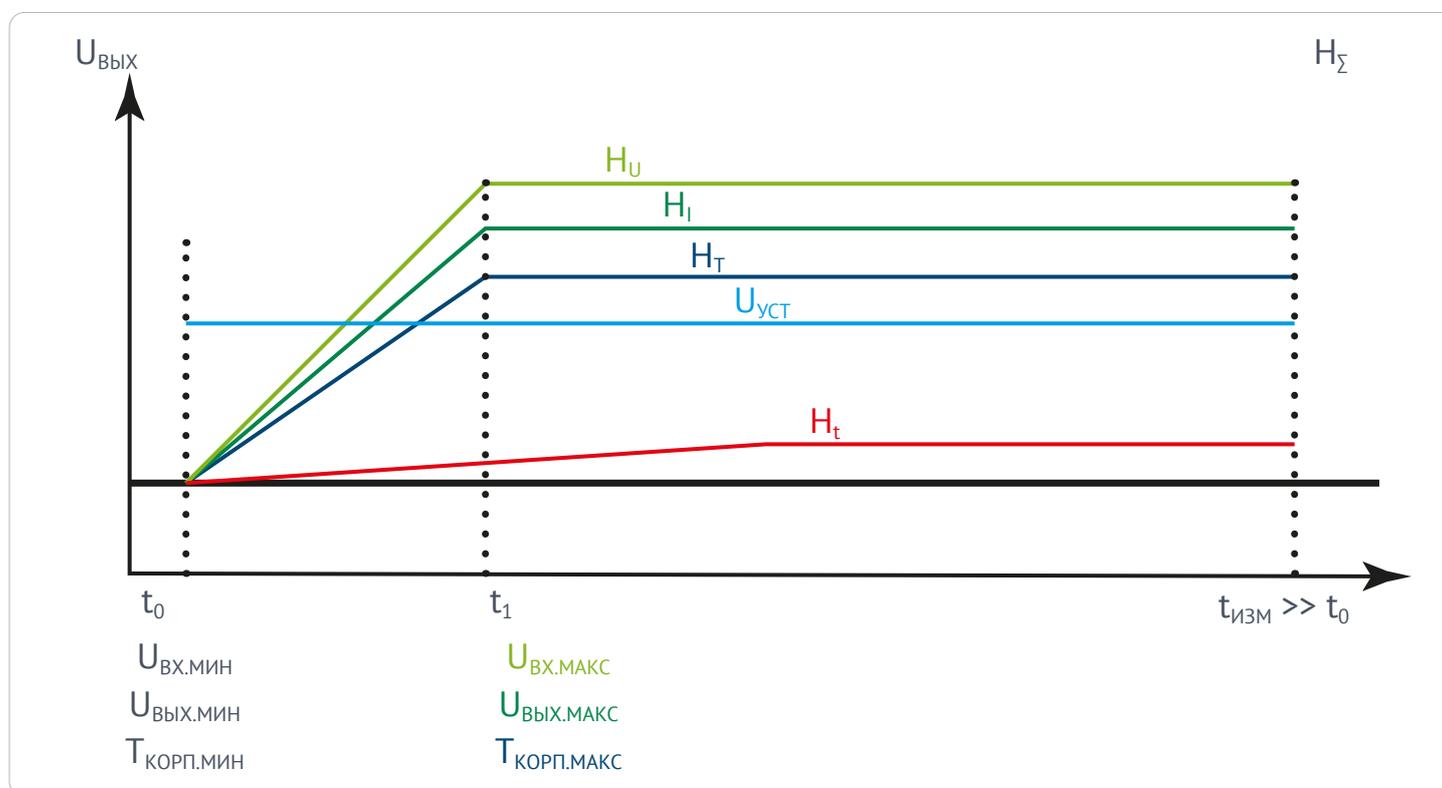


Рис. 5. Пример нестабильностей выходного напряжения.

2. Динамические

<p>$\Delta U_{пер}$</p> <p>Установившееся отклонение</p> <ul style="list-style-type: none"> • Кратковременные выбросы/провалы, возникающие при: скачкообразном изменении нагрузки; • резком изменении входного напряжения. <p>Обусловлены скоростью реакции ОС – медленная обратная связь не успевает компенсировать скачки нагрузки.</p>	
--	--

Рис. 6. Пример переходных отклонений

Характеристики модулей МДМ

В таблице ниже приведены характеристики модулей МДМ

Параметр	МДМ-П	МДМ-Р	МДМ-Н	МДМ-А	МДМ-Б	МДМ-С
$\Delta U_{уст}$	$\pm 2\%; \pm 7\%^{**}$	$\pm 2\%$	$\pm 2\%$	$\pm 2\%$	$\pm 2\%; \pm 6\%$	
N_U	$\pm 2\%; \pm 7\%^{**}$	$\pm 2\%$	$\pm 1; 2\%^{***}$	$\pm 2\%$	$\pm 0,5\%$	
N_I	$\pm 2\%; \pm 7\%^{**}$	$\pm 2\%$	$\pm 1\%; \pm 2\%^{***}$	$\pm 2\%$	$\pm 1,5\%$	
N_T	$\pm 3\%$	$\pm 3\%$	$\pm 2\%$	$\pm 1\%$	$\pm 2,5\%$	
N_t	$\pm 0,5\%$	$\pm 0,5\%$	$\pm 0,5\%$	$\pm 0,5\%$	$\pm 2\%$	
N_Σ	$\pm 5\%; \pm 8\%^*$	$\pm 6\%^*$	$\pm 2,5\%^*$	$\pm 4\%^*$		
Переходное отклонение	$\pm 10\%$	$\pm 10\%$	$\pm 5\%; \pm 10\%^{****}$	$\pm 10\%$		

* При отсутствии совокупного воздействия факторов (N_T, N_U, N_I) N_Σ не превышает 2%.

** Для 2-х и 3-х исполнений. В случае, если $U_{вых}$ 2-х или 3-х каналов отличается на 20 % и более от номинального $U_{вых}$ 1-го канала, то $\Delta U_{уст}$ и $N_U + N_I$ могут быть увеличены не более чем до $\pm 12\%$.

*** Для $U_{вых} < 5$ В.

**** Для $P_{вых} = 10$ Вт и длительности фронта $> 0,5$ мс.

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

Что измеряется:

Отклонение выходного напряжения от номинала при максимальной нагрузке.

Методика:

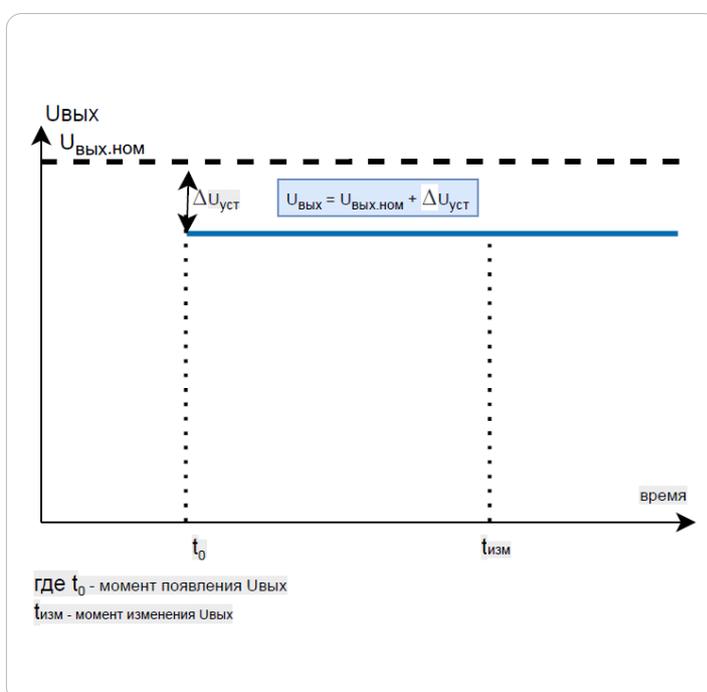
1. Установить номинальное входное напряжение ($U_{вх.ном}$) и максимальный ток нагрузки ($I_{ном}$).
2. Измерить фактическое выходное напряжение ($U_{вых.изм}$).
3. Рассчитать $\Delta U_{уст}$ по формуле.

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»)



Нестабильность при изменении входного напряжения (N_U)

Что измеряется:

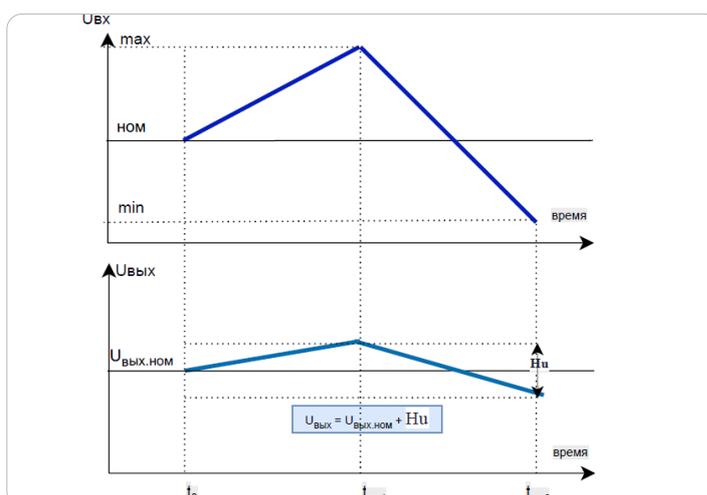
Отклонение выходного напряжения при изменении входного напряжения.

Методика:

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

Формула:

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



Нестабильность при изменении выходного тока (H_I)

Что измеряется:

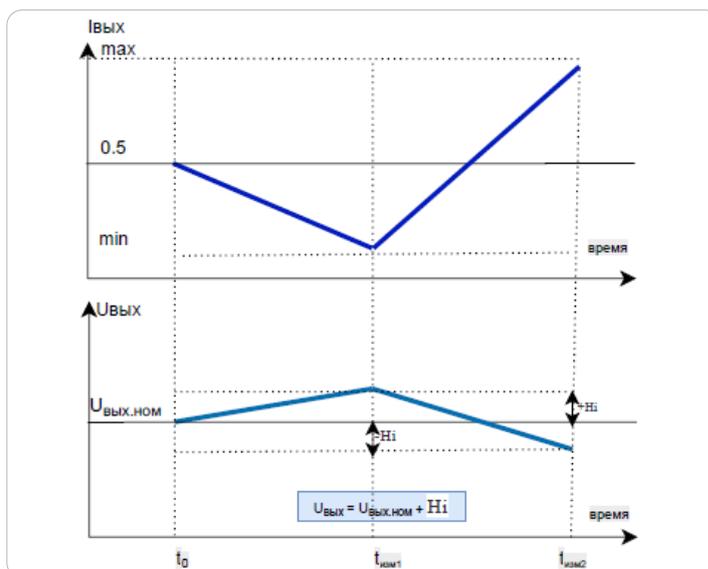
Отклонение выходного напряжения при изменении тока нагрузки.

Методика:

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

Формула:

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



Временная нестабильность (H_T)

Что измеряется:

Дрейф выходного напряжения во времени при постоянных условиях.

Методика:

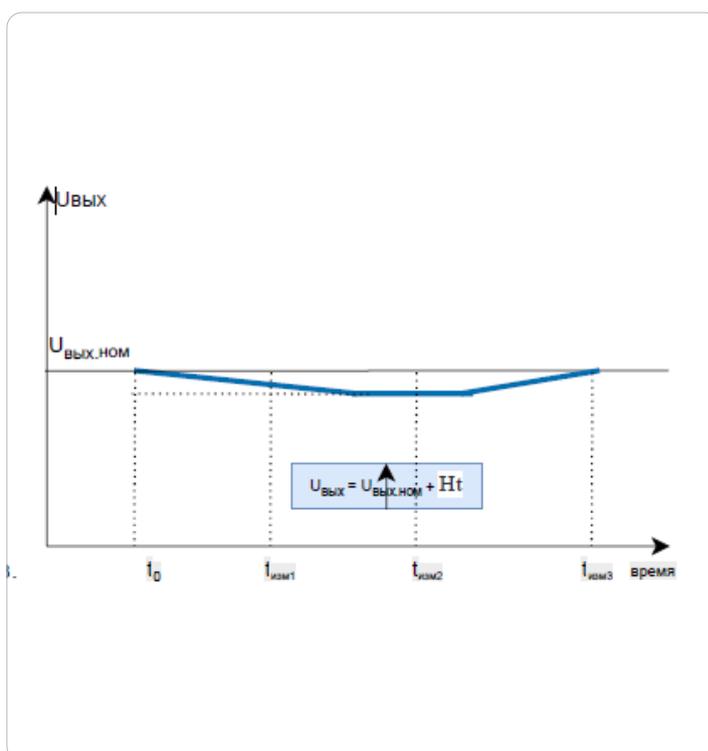
1. Установить $U_{\text{ВХ.НОМ}}$ и $I_{\text{НОМ}}$.
2. Зафиксировать начальное значение $U_{\text{ВЫХ}}$.
3. Оставить преобразователь включенным на 8 часов.
4. Каждые 2 часа измерять $U_{\text{ВЫХ}}$, зафиксировать $U_{\text{МАКС}}$ и $U_{\text{МИН}}$.
5. Рассчитать H_T по формуле.

Формула:

$$H_t = \frac{U_{\text{ВЫХ.МАХ}} - U_{\text{ВЫХ.МИН}}}{U_{\text{ВЫХ}}} \cdot 100\%$$

Дополнительно:

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



Температурная нестабильность (H_T)

Что измеряется:

Отклонение выходного напряжения при изменении температуры окружающей среды.

Методика:

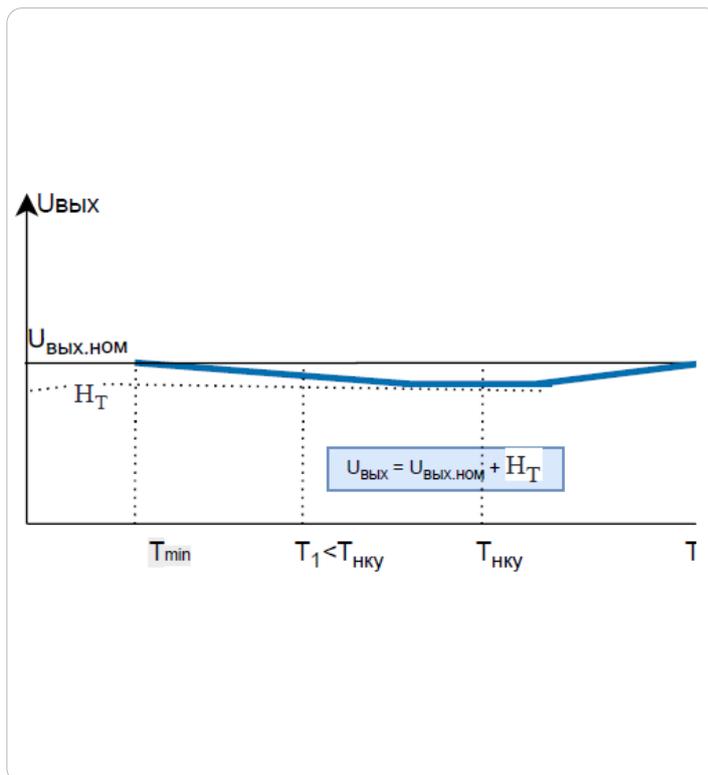
1. Установить $U_{\text{ВЫХ.НОМ}}$ и $I_{\text{НОМ}}$
2. Снизить температуру до $T_{\text{МИН}}$, измерить $U_{\text{ВЫХ.ИЗМ.1}}$
3. Повысить температуру до $T_{\text{МАКС}}$, измерить $U_{\text{ВЫХ.ИЗМ.2}}$
4. Рассчитать H_T по формуле.

Формула:

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

Дополнительно:

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



Суммарная нестабильность ($H_{\text{СУММ}}$)

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.

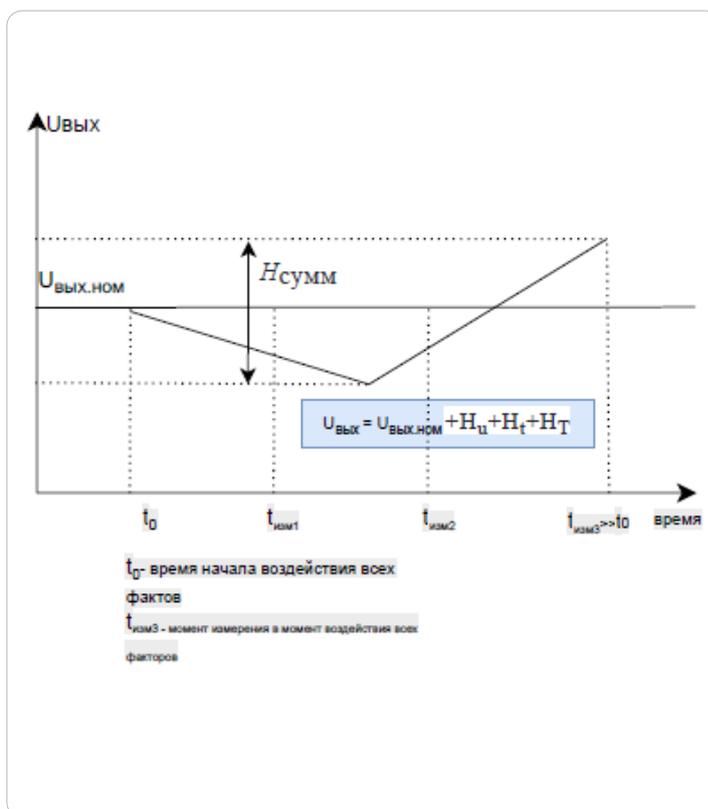
Формула:

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

Дополнительно:

H_{Σ} необходима для комплексной оценки стабильности выходного напряжения.

Учитывает совокупное отклонение при воздействии одновременно всех параметров.



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_5 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 плавном 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:

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

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.

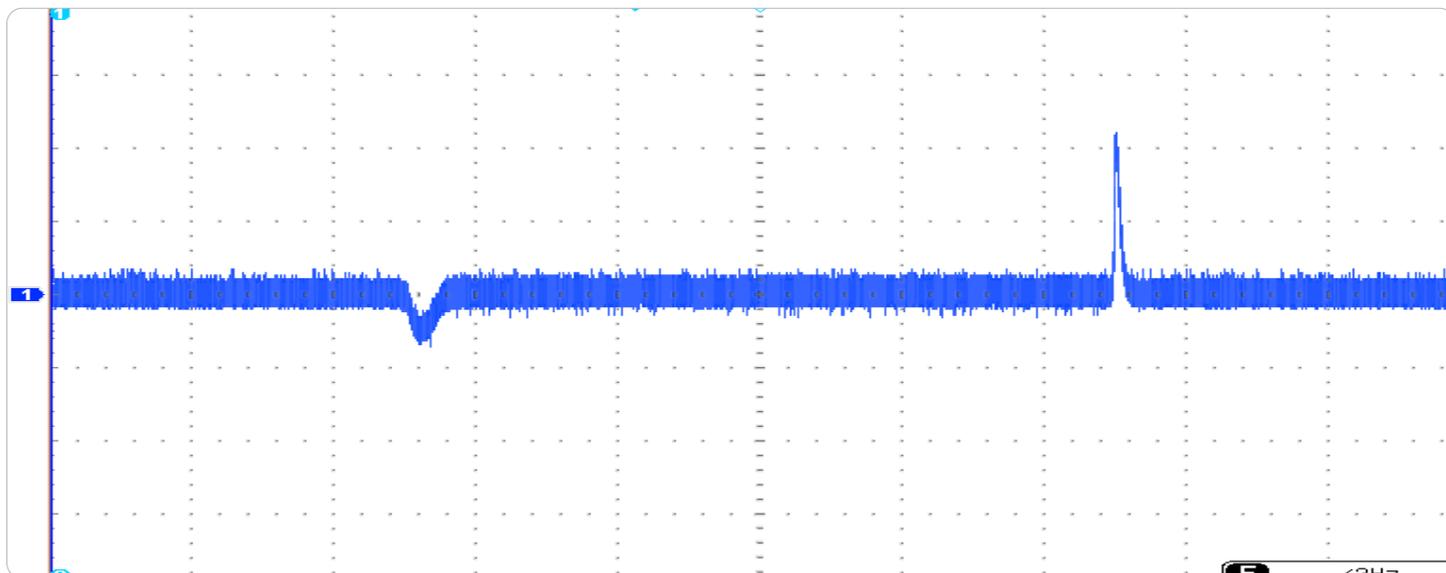


Рис. 7. Пример осциллограммы переходного отклонения выходного напряжения при изменении выходного тока с 50% до 100%. Масштаб 200 мВ/дел. Развертка 20 мс/дел.