

Модули серии МНМ
Выписка из технических условий
БКЯЮ.436430.002 ТУ

2022 г.

Содержание

1 Область применения.....	3
2 Нормативные ссылки и сокращения.....	3
3 Классификация, основные параметры и размеры.....	4
4 Технические требования.....	6
4.1 Общие требования.....	6
4.2 Требования к конструкции.....	6
4.3 Требования к электрическим параметрам и электрическим режимам эксплуатации.....	6
4.4 Предельно допустимые значения электрических параметров и режимов эксплуатации.....	10
4.5 Требования стойкости к ВВФ.....	11
4.6 Требования надежности.....	11
7 Методы контроля.....	13
7.1 Общие положения.....	13
7.2 Контроль соответствия требованиям к конструкции.....	13
7.3 Контроль соответствия требованиям электрическим параметрам и электрическим режимам эксплуатации.....	14
7.4 Контроль соответствия требованиям стойкости к ВВФ.....	22
7.5 Контроль соответствия требованиям надежности.....	25
8 Транспортирование и хранение.....	27
9 Указания по эксплуатации.....	28
10 Гарантии изготовителя.....	36
Приложение А Модуль типа МНМ1,2. Общий вид.....	38
Приложение Б Модуль типа МНМ4. Общий вид.....	39
Приложение В Модуль типа МНМ8. Общий вид.....	40
Приложение Г Модуль типа МНМ15. Общий вид.....	41
Приложение Д Схема измерения параметров модулей.....	42
Приложение Е Перечень средств измерений и испытательного оборудования.....	43
Приложение Ж Типовая топология ПП.....	44
Приложение И Размеры апертур трафарета для нанесения паяльной пасты.....	45
Приложение К Профиль оплавления паяльной пасты в печи термооплавления.....	46
Приложение Л Перечень нормативно-технической документации.....	47

1 Область применения

1.1 Выписка из технических условий (далее - выписка) распространяется на унифицированные модули электропитания МНМ (далее — модули) номинальным выходным током от 1,2 до 15 А с питанием от сети постоянного тока напряжением до 36 В, расширенным температурным диапазоном корпуса от минус 60 °С до плюс 125 °С предназначенные для применения в радиоэлектронной аппаратуре.

1.2 Построение и изложение настоящей выписки – в соответствии ТУ.

2 Нормативные ссылки и сокращения

2.1 В настоящих ТУ использованы ссылки на стандарты и нормативные документы, обозначения которых приведены в приложении Л.

2.2 В настоящих ТУ приняты следующие сокращения:

ВВФ -	внешние воздействующие факторы;
ЗИП -	запасные инструменты и принадлежности;
КД -	конструкторская документация;
КТЗ -	конструктивно-технологические запасы;
НКУ -	нормальные климатические условия;
НТД -	нормативно-техническая документация;
ОТК -	отдел технического контроля;
СМК -	служба контроля качества;
ТП -	технологический процесс;
ТД -	технологическая документация;
ТУ -	технические условия;
ЭМС -	электромагнитная совместимость;
ЭРИ -	электрорадиоизделия;
ХХ -	холостой ход;
КЗ -	короткое замыкание.
МПП -	многослойная печатная плата

3.7 Условное обозначение модуля показано на рисунке 3.1

1	2	3	4	5	6	7	
МНМ	4	-	1	И	1,0	5,0	Т

1 — Серия модулей электропитания

2 — Номинальный выходной ток, А
1,2; 4; 8; 15

3 — Количество каналов

4 — Индекс входной сети
«И» — 5 В
«В» — 27 В
«А» — 12 В

5 — Минимальное выходное напряжение, В (две цифры)

6 — Максимальное выходное напряжение, В (две цифры)

7 — Индекс диапазона рабочей температуры корпуса
«Т» — от минус 60 °С до плюс 125 °С

Рисунок 3.1 — Условное обозначение модуля

3.8 Примеры обозначения модуля при заказе и в КД другой продукции:
модуль электропитания МНМ1,2-1И1,05,0Т БКЯЮ.436430.002ТУ;
модуль электропитания МНМ15-1А0,85,0Т БКЯЮ.436430.002ТУ.

4 Технические требования

4.1 Общие требования

4.1.1 В данном разделе приведены технические требования согласно ТУ и нормативной документации, приведенной в ТУ в приложении А.

4.1.2 Модули изготавливаются по комплектам конструкторской документации, приведенным в таблице 4.1.

Таблица 4.1 — Перечень комплектов конструкторской документации модулей

Тип модуля	Индекс входной сети	Обозначение КД
МНМ1,2	«И», «В»	БКЯЮ.436431.069
МНМ4		БКЯЮ.436434.186
МНМ8		БКЯЮ.436434.185
МНМ15	«А», «В»	БКЯЮ.436434.184

4.2 Требования к конструкции

4.2.1 Внешний вид, габаритные, установочные и присоединительные размеры модулей, расположение и размеры выводов - в соответствии с приложениями А-Г.

4.2.2 Описание внешнего вида БКЯЮ.436630.001ОВ.

4.2.3 Конструкция должна обеспечивать работу модулей в любом положении в пространстве и не должна иметь критических резонансных частот в диапазоне от 0 до 100 Гц при амплитуде виброперемещения 0,3 мм.

4.2.4 Подключение модулей должно осуществляться посредством пайки модуля на печатную плату с использованием оборудования для поверхностного монтажа.

4.2.5 Покрытие выводов должно обеспечивать паяемость без дополнительного обслуживания в течение 12 месяцев.

4.2.6 Масса модулей не должна превышать значений, указанных в таблице 3.1.

4.3 Требования к электрическим параметрам и электрическим режимам эксплуатации

4.3.1 Электрические параметры при приемке и поставке должны соответствовать значениям, приведенным в 4.3.1.1 — 4.3.1.21.

4.3.1.1 Установившееся отклонение выходного напряжения модулей в НКУ при установке резистора R1 номиналом в соответствии с указаниями в разделе 9, п.9.12 должно быть не более $\pm 2,0$ % при номинальном входном напряжении и максимальном выходном токе.

4.3.1.2 Нестабильность выходного напряжения при плавном изменении входного напряжения (U_U), в диапазоне установившегося значения должна быть не более $\pm 0,5$ %.

4.3.1.3 Нестабильность выходного напряжения при плавном изменении выходного тока (I_I), в диапазоне от 0 % до 100 % номинального выходного тока в режиме пропуска

импульсов для модулей МНМ1,2 и МНМ4 должна быть не более $\pm 0,4$ %, для модулей МНМ8 и МНМ15 должна быть не более $\pm 0,7$ %.

4.3.1.4 Температурная нестабильность выходного напряжения (H_T) модулей должна быть не более $\pm 1,5$ %.

4.3.1.5 Временная нестабильность выходного напряжения (H_t) модулей должна быть не более $\pm 0,5$ %.

4.3.1.6 Суммарная нестабильность выходного напряжения (H_Σ) модулей, должна быть не более ± 3 %.

4.3.1.7 Переходное отклонение выходного напряжения ($\delta U_{\text{пер}}$) модулей при скачкообразном изменении входного напряжения от $U_{\text{ном}}$ до $U_{\text{макс}}$ (максимальное значение установившегося диапазона напряжений) и обратно, при номинальном выходном токе и длительности фронта должно быть не более 0,1 мс не более ± 5 %.

4.3.1.8 Переходное отклонение выходного напряжения ($\delta U_{\text{пер}}$) модулей при скачкообразном уменьшении выходного тока на 25 % от номинального и обратно, при номинальном входном напряжении и длительности фронта не более 0,1 мс должно быть не более ± 5 %.

4.3.1.9 Пульсации выходного напряжения модулей от пика до пика ($U_{\text{пул}}$), измеряемые на дополнительном внешнем выходном конденсаторе C_5 , в НКУ в диапазоне установившегося значения входного напряжения, и диапазоне выходного тока от 10 % до 100 % должны быть не более 1 % от номинального значения выходного напряжения. Для модулей с номинальным выходным напряжением 3,0 В и менее пульсации выходного напряжения должны быть не более 30 мВ.

4.3.1.10 Пульсации выходного напряжения модулей от пика до пика ($U_{\text{пул}}$), измеряемые на дополнительном внешнем выходном конденсаторе C_5 , в диапазоне установившегося значения входного напряжения, и диапазоне выходного тока от 0 % до 10 % должны быть не более 2 % от номинального значения выходного напряжения. Для модулей с номинальным выходным напряжением 3,0 В и менее пульсации выходного напряжения должны быть не более 60 мВ.

Пульсации выходного напряжения модулей во всем температурном диапазоне окружающей среды, во всем диапазоне установившегося значения входного напряжения, в диапазоне выходного тока от 0 % до 100 % должны быть не более 60 мВ.

4.3.1.11 Модули должны иметь защиту от перегрузки по выходному току и от короткого замыкания. Модуль МНМ1,2 в режиме КЗ должен переходить в режим повторно кратковременного включения-выключения. В режиме перегрузки или КЗ модули МНМ4, МНМ8 и МНМ15 переходят в режим ограничения выходного тока. Максимальный выходной ток модуля в режиме перегрузки и КЗ не должен превышать:

- для модулей МНМ1,2 — 2,7 А;
- для модулей МНМ4 — 12 А;
- для модулей МНМ8 — 16 А;
- для модулей МНМ15 — 31 А.

Максимальный ток потребления от сети в режиме перегрузки не должен превышать значений указанных в таблице 4.3.

4.3.1.12 Коэффициент полезного действия (η) модулей при номинальном входном напряжении и номинальном выходном токе должен быть не менее значений, указанных в таблице 4.2а и 4.2б.

Таблица 4.2а — Значения коэффициента полезного действия модулей МНМ1,2, МНМ4 и МНМ8.

Тип модуля	Номинальное выходное напряжение, В										
	1,0		1,5		2,0		2,5		3,3		5,0
	Индекс входной сети										
	И	В	И	В	И	В	И	В	И	В	В
МНМ1,2	82	70	86	77	89	82	90	84	92	86	89
МНМ4	76	71	82	78	85	82	86	85	88	87	89
МНМ8	68	61	76	70	80	78	82	78	84	82	87

Таблица 4.2б — Значения коэффициента полезного действия модулей МНМ15.

Тип модуля	Номинальное выходное напряжение, В											
	1,0		1,5		2,0		2,5		3,3		5,0	
	Индекс входной сети											
	А	В	А	В	А	В	А	В	А	В	А	В
МНМ15	77	71	83	79	85	83	87	85	89	88	91	90

4.3.1.13 Ток потребляемый модулем от сети в момент включения по сигналу дистанционного выключения не должен превышать значений, указанных в таблице 4.3.

Таблица 4.3 — Значение тока, потребляемого от сети в момент включения и в режиме перегрузки и КЗ.

Тип модуля	Индекс номинального значения входного напряжения	Номинальное значение входного напряжения, В	Установленное номинальное выходное напряжение модуля, В	Значение потребляемого тока в момент включения, А	Значение максимального потребляемого тока в режиме перегрузки, А
МНМ1,2	«И»	5	2,5	0,8	1,4
МНМ1,2	«В»	27	2,5	0,2	0,3
МНМ4	«И»	5	2,5	2,8	5,6
МНМ4	«В»	27	2,5	0,6	1,3
МНМ8	«И»	5	2,5	6,0	12,0
МНМ8	«В»	27	2,5	1,5	2,5
МНМ15	«А»	12	2,5	4,3	6,7
МНМ15	«В»	27	2,5	2,0	3,1

4.3.1.14 Модули должны иметь функцию дистанционного выключения. Дистанционное выключение модулей должно осуществляется путем соединения вывода «EN» с выводом «PGND» или «COM».

4.3.1.15 Время установления выходного напряжения модулей с момента подачи входного напряжения или с момента подачи управляющего сигнала на вывод «EN» должно быть не более 0,05 с при номинальном входном напряжении, номинальном токе нагрузке, неуставленном конденсаторе C6 и минимальной емкости конденсатора нагрузки, указанной в разделе 9 таблицы 9.2.

4.3.1.16 Модули МНМ4, МНМ8 и МНМ15 должны иметь настраиваемый режим плавного пуска. Время режима плавного пуска задается емкостью конденсатора подключаемого между выводом «SS» и «COM». При увеличении емкости конденсатора C6 время пуска модуля увеличивается.

4.3.1.17 Модули должны иметь функцию синхронизации частоты преобразования модуля при помощи внешних тактовых импульсов. Синхронизация происходит по переднему фронту тактовых импульсов подаваемых на вход «SYNC». Амплитуда тактовых импульсов должна быть в диапазоне от 2,5 до 5 В.

4.3.1.18 Модули МНМ8 и МНМ15 должны иметь выход тактовых импульсов, вывод «CLKOUT». Частота тактовых импульсов должна быть равна частоте преобразования модуля. Амплитуда импульсов должна находиться в диапазоне от 1,5 до 3,5 В.

4.3.1.19 Модули должны иметь функцию диагностики выходного напряжения, вывод «PG». При напряжении на выходе модуля в рамках установившегося значения, от $0,95 \cdot U_{ном}$ до $1,05 \cdot U_{ном}$, на выводе «PG» должно присутствовать напряжение высокого уровня, равное выходному напряжению модуля. Если напряжение на выходе модуля находится за рамками установившегося значения, менее $0,85 \cdot U_{ном}$ или более $1,15 \cdot U_{ном}$, то напряжение на выводе «PG» не должно превышать 0,4 В.

4.3.1.20 Электрическое сопротивление изоляции между токоведущими цепями и корпусом модуля при воздействии испытательного напряжения постоянного тока величиной 500 В составляет:

- | | |
|---|--------------------|
| - в НКУ | - не менее 20 МОм; |
| - при повышенной влажности | - не менее 1 МОм; |
| - при повышенной (пониженной) рабочей температуре | - не менее 5 МОм; |

4.3.1.21 Величина напряжения радиопомех модулей не должна превышать значений нормативной документации для кривой 3. Полные требования приведены в ТУ.

4.3.2 Электрические параметры в течение наработки в пределах времени, равного сроку службы, при эксплуатации в режимах и условиях, допускаемых настоящими ТУ, должны соответствовать нормам при приемке и поставке.

4.3.3 Электрические параметры в течение гамма-процентного срока сохраняемости при хранении в условиях, допускаемых настоящими ТУ, должны соответствовать нормам при приемке и поставке.

4.4 Предельно допустимые значения электрических параметров и режимов эксплуатации.

4.4.1 Качество входной электроэнергии постоянного тока должно соответствовать требованиям, указанными в таблице 4.4.

Таблица 4.4 — Нормы качества электроэнергии постоянного тока на входе модулей

Индекс входной сети	Номинальное входное напряжение, В	Диапазон установившегося значения, В
«И»	5	4...16
«А»	12	7...24
«В»	27	18...36

Напряжение на входе модуля не должно превышать максимального уровня установившегося значения напряжения.

4.4.2 Максимальный выходной ток модуля при длительной эксплуатации не должен превышать значений указанных в таблице 3.1.

4.4.3 Ток потребления модулей при номинальном входном напряжении в режиме ХХ и в выключенном состоянии по команде «EN» не должен превышать значений указанных в таблице 4.5.

Таблица 4.5 — Максимальный входной ток модуля при номинальном входном напряжении, в НКУ.

Тип модуля	Индекс входной сети	Ток в режиме ХХ, мА	Ток в выключенном состоянии, мА
МНМ1,2	«И»	40	0,5
	«В»	45	0,5
МНМ4	«И»	50	0,2
	«В»	55	0,35
МНМ8	«И»	16	0,8
	«В»	1,5	0,5
МНМ15	«А»	86	0,2
	«В»	72	0,36

4.4.4 Максимальное напряжение, прикладываемое к входу «SYNC», не должно превышать 5,5 В.

4.4.5 Максимальное напряжение, прикладываемое к выводу «SS», не должно превышать 4 В.

4.4.6 Температура корпуса модулей при эксплуатации не должна превышать 125 °С. Точка контроля температуры указана в приложениях А-Г.

4.5 Требования стойкости к ВВФ

4.5.1 Модули должны быть стойкими к воздействию ВВФ согласно таблице 4.6. Полные требования приведены в ТУ.

Таблица 4.6 — Внешние воздействующие факторы

Наименование ВВФ	Наименование характеристик ВВФ, единица измерения	Значение воздействующего фактора
Синусоидальная вибрация	Диапазон частот, Гц	10-2000
	Амплитуда ускорения, м/с^2 (g)	200 (20)
Механический удар одиночного действия	Пиковое ударное ускорение, м/с^2 (g) Длительность действия ударного ускорения, мс	10000 (1000) 0,5-2
Повышенная температура среды	Максимальное значение при эксплуатации, $^{\circ}\text{C}$ *	120
Пониженная температура среды	Минимальное значение при эксплуатации, $^{\circ}\text{C}$	минус 60
Изменение температуры среды	Диапазон изменения температуры среды, $^{\circ}\text{C}$	минус 60 - плюс 120
Температура хранения	Диапазон изменения температуры хранения, $^{\circ}\text{C}$	минус 60 - плюс 125
* При условии соблюдения требований 4.4.6.		

Требования стойкости к пониженной влажности воздуха, комплексному (комбинированному) воздействию внешних факторов, атмосферным выпадаемым осадкам (дождю), гидростатическому давлению, динамической пыли (песка), солнечному излучению, агрессивным средам, компонентам ракетного топлива, рабочим дегазирующим растворам, испытательным средам и средам заполнения не предъявляются. Стойкость модулей электропитания к указанным ВВФ обеспечивается условиями применения в аппаратуре потребителя.

4.6 Требования надежности

4.6.1 Гамма-процентная наработка до отказа модулей (T_{γ}) при $\gamma = 97,5$ % в типовом электрическом режиме эксплуатации ($U_{вх} = U_{вхном}$, $R_{вых} = 0,7 \cdot P_{\text{макс}}$, $T_{\text{корп.}} \leq 0,7 \cdot T_{\text{корп.макс.}}$) и в облегченном электрическом режиме эксплуатации ($U_{вх} = U_{вхном}$, $R_{вых} = 0,5 \cdot P_{\text{макс}}$, $T_{\text{корп.}} \leq 0,5 \cdot T_{\text{корп.макс.}}$) в пределах срока службы $T_{\text{сл.}} = 20$ лет должна соответствовать данным, приведенным в таблице 4.7.

4.6.2 Гамма-процентная наработка до отказа (T_{γ}) при $\gamma = 97,5$ % в предельно-допустимом режиме при $U_{вх} = U_{вхном}$, $R_{вых} = P_{\text{макс}}$, $T_{\text{корп.}} \leq T_{\text{корп.макс.}}$ должна соответствовать данным, приведенным в таблице 4.7.

4.6.3 Гамма-процентный срок сохраняемости модулей ($T_{\text{с}\gamma}$) при $\gamma = 97,5$ % при хранении в упаковке изготовителя в условиях отапливаемых хранилищ, хранилищ с кондиционированием воздуха, а также вмонтированных в защищенную

аппаратуру или находящиеся в защищенном комплекте запасного имущества и приборов (ЗИП) во всех местах хранения должен составлять 20 лет.

4.6.4 При хранении в упаковке изготовителя или вмонтированных в незащищенную аппаратуру, или находящихся в незащищенном комплекте ЗИП в неотапливаемом хранилище, под навесом или на открытой площадке гамма-процентный срок сохраняемости должен соответствовать значениям (с учетом коэффициентов его сокращения), приведенным в таблице 4.8.

Таблица 4.7 — Показатели надежности (уточняются расчетно и по результатам испытаний на безотказность)

Показатели надежности, единица измерения	Режим эксплуатации	Значение показателя
Гамма-процентная наработка до отказа (T_γ), ч	Облегченный	75000
	Типовой	50000
	Предельно-допустимый	10000
Минимальный срок службы ($T_{сл.с.}$), лет	-	20

Таблица 4.8 — Коэффициенты сокращения гамма-процентного срока сохраняемости

Место хранения	Значение коэффициента K_c при хранении	
	в упаковке изготовителя	в незащищенной аппаратуре и незащищенном комплекте ЗИП
Неотапливаемое хранилище	1,5	1,5
Навес или жалюзийное хранилище	1,5	2
Открытая площадка	Хранение не допускается	
		2

7 Методы контроля

7.1 Общие положения

7.1.1 Методы контроля осуществляются согласно данного раздела и в соответствии с нормативной документацией, указанной в ТУ.

7.1.2 Измерения электрических параметров модулей проводят в соответствии со схемой, приведенной в приложении Д, средствами измерений, приведенными в приложении Е.

7.1.3 Контроль электрических параметров до начала и после проведения испытаний проводят в НКУ, если другие условия не указаны при изложении конкретных методов контроля.

7.1.4 Входное и выходное напряжение измеряют непосредственно на выводах модуля. В измерительные цепи средств измерений, за исключением особо оговоренных случаев, не должны входить участки цепи нагрузки.

7.1.5 Значения параметров, измеренных после предыдущего испытания, допускается принимать за исходные перед проведением последующего измерения при непрерывном проведении испытаний.

7.1.6 Запрещается подключение и отключение внешних цепей при включенном модуле.

7.1.7 Все работы с модулями должны выполняться в строгом соответствии с действующими документами по правилам и мерам безопасности.

7.1.8 Все работы, связанные с подключением и отключением соединительных проводов к измерительным приборам и источникам питания, должны проводиться при отключенных источниках питания.

7.1.9 Все приборы, находящиеся на рабочем месте, должны быть подготовлены к работе согласно инструкциям на эти приборы.

7.2 Контроль соответствия требованиям к конструкции

7.2.1 Внешний вид модулей контролируют согласно ТУ. Внешним осмотром проверяют качество и целостность покрытий, целостность конструкции, мест крепления, а также отсутствие вмятин, трещин, следов коррозии на внешних поверхностях.

Модули считаются выдержавшими испытания по требованиям 4.2.1, если внешний вид модуля соответствует КД и БКЯЮ.436430.001ОВ.

7.2.2 Габаритные, установочные и присоединительные размеры модулей контролируют согласно ТУ. Погрешность измерения не более $\pm 5\%$.

Модули считаются выдержавшим испытания по требованиям 4.2.1, если габаритные, установочные и присоединительные размеры модуля соответствуют КД и рисункам А.1 – Г.1 приложений А – Г.

7.2.3 Паяемость выводов модулей контролируют согласно ТУ погружением модулей в паяльную ванну с припоем ПОС 61.

Перед испытанием выводы обезжиривают в спирте или спирто-фреоновой смеси. Температура припоя в ванной должна быть $(235 \pm 5) ^\circ\text{C}$. Время выдержки $(2 \pm 0,5)$ с., для модулей, имеющих большую теплоемкость устанавливается время выдержки $(5 \pm 0,5)$ с. Остатки флюса на модулях удаляют обтиранием мягкой тканью смоченной спиртом.

Модули считаются выдержавшими испытания по требованиям 4.2.4, если поверхность выводов покрыта гладким блестящим слоем припоя. Допускаются изъяны (поры, пустоты) не сконцентрированные на одном месте.

7.2.4 Проверку массы модулей контролируют согласно ТУ взвешиванием на весах с допустимой погрешностью $\pm 5 \%$.

Модули считаются выдержавшими испытание по требованиям 4.2.5, если масса не превышает значений, указанных в таблице 3.1.

7.3 Контроль соответствия требованиям электрическим параметрам и электрическим режимам эксплуатации

7.3.1 Проверку электрического сопротивления изоляции модуля проводят в согласно ТУ при воздействии испытательного напряжения величиной 500 В.

Прибор подключают между точками «1» и «2», где:

- точка «1» — соединенные между собой выводы «+IN», «-IN», «+OUT»;
- точка «2» — корпус модуля;

Показания отсчитывают через 1 минуту после подачи испытательного напряжения или через меньшее время, если сопротивление изоляции остается неизменным.

Модули считаются выдержавшими испытания по требованиям 4.3.1.21, если сопротивление изоляции составляет:

- в НКУ не менее 20 МОм;
- при повышенной (пониженной) рабочей температуре — не менее 5 МОм;
- при повышенной влажности — не менее 1 МОм.

7.3.2 Проверку времени установления выходного напряжения модулей с момента подачи входного напряжения проводят в НКУ при номинальном входном напряжении, номинальном токе нагрузке и минимальной емкости конденсатора нагрузки, указанной в таблице 9.2. Модуль должен быть настроен на выходное напряжение 2,5 В. Конденсатор С6 не устанавливать. Время установления выходного напряжения определяется как интервал времени между появлением на входе модуля напряжения, равного номинальному значению входного напряжения и моментом, когда напряжение на выходе модуля достигнет номинального значения с учетом суммарной нестабильности.

Модули считаются выдержавшими испытания, если время установления выходного напряжения удовлетворяет требованиям 4.3.1.15.

7.3.3 Проверку времени установления выходного напряжения модулей с момента подачи управляющего сигнала на вход «EN» проводят в НКУ при тех же условиях, что и по 7.3.2. Время установления выходного напряжения определяется как интервал времени

между появлением управляющего сигнала на входе «EN» модуля и моментом, когда напряжение на выходе модуля достигнет номинального значения с учетом суммарной нестабильности.

Модули считаются выдержавшими испытания, если время установления выходного напряжения удовлетворяет требованиям 4.3.1.15.

7.3.4 Проверку плавного включения модулей проводят в НКУ при номинальном входном напряжении и максимальном выходном токе. Модуль должен быть настроен на выходное напряжение 2,5 В.

Сначала производят измерение и фиксацию времени установления выходного напряжения модулей с момента подачи управляющего сигнала на вход «EN» в соответствии с 7.3.3. Затем устанавливают конденсатор С6 емкостью 10 нФ в соответствии со схемой измерения параметров модуля приведенной в приложении Д. И повторяют проверку. Изменение времени установления выходного напряжения вычисляют по формуле:

$$dt = t1 - t2, \quad (7.1)$$

где:

t1 – времени установления выходного напряжения без конденсатора С6, мс;

t2 – времени установления выходного напряжения с конденсатором С6 10 нФ, мс;

Модули считаются выдержавшим испытания если изменение времени установления выходного напряжения составило от 3 до 8 мс.

7.3.5 Пульсацию выходного напряжения модулей проверяют в НКУ. Модуль должен быть настроен на выходное напряжение 2,5 В. Измерение производят при номинальном значении входного напряжения и максимальном выходном токе и в режиме ХХ, в режиме пропуска импульсов.

Пульсации измеряют непосредственно на конденсаторе С5 согласно схеме измерения параметров, приведенной в приложении Д.

Для уменьшения влияния наводок на измерительную линию необходимо использовать способ подключения осциллографического щупа указанный на рисунке 7.1.

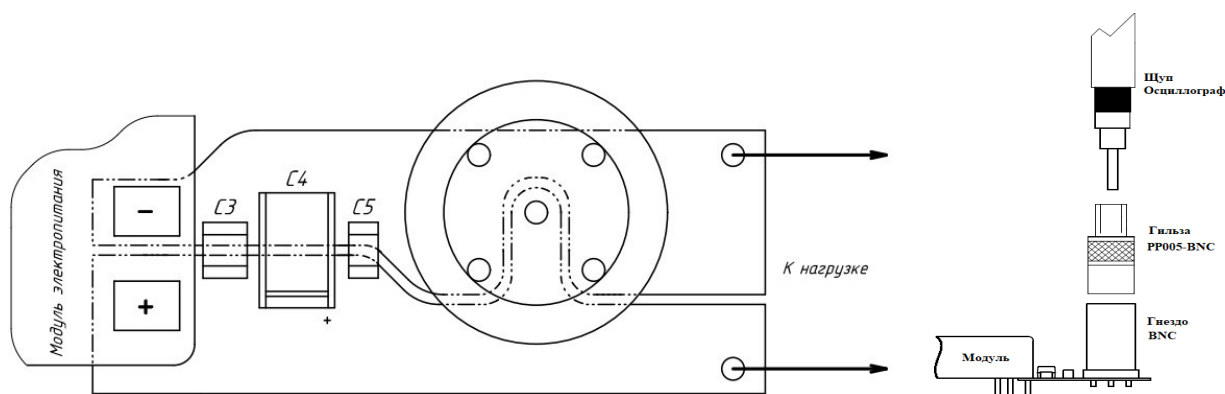


Рисунок 7.1 — Подключение измерительного щупа осциллографа.

Характер пульсации выходного напряжения модуля показан на рисунке 7.2.

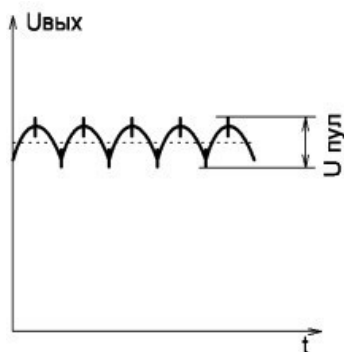


Рисунок 7.2 — Характер пульсации выходного напряжения.

Модуль считается выдержавшим испытания, если пульсация выходного напряжения модуля не превышает требований 4.3.1.9. и 4.3.1.10.

При проведении проверки контролируют потребление тока от питающей сети в режиме ХХ. Ток потребления от питающей сети в режиме ХХ в режиме пропуска импульсов должен соответствовать требованиям 4.4.3.

7.3.6 Проверку установившегося отклонения выходного напряжения модулей $\Delta U_{уст}$, %, проводят в НКУ. Модуль должен быть настроен на выходное напряжение 2,5 В. Измерения производят при номинальном входном напряжении и максимальном выходном токе и в режиме ХХ в режиме пропуска импульсов. Значение установившегося отклонения вычисляют по формуле:

$$\Delta U_{уст} = (U_{вых} - U_n) / U_n \cdot 100, \quad (7.2)$$

где:

U_n — номинальное выходное напряжение модуля, В; $U_{вых}$

— измеренное выходное напряжение, В.

Значение отклонения, вычисленное по формуле, указывают с учетом знака.

Модули считаются выдержавшими испытание, если установившееся отклонение выходного напряжения в НКУ не превышает требований 4.3.1.1.

7.3.7 Проверку суммарной нестабильности выходного напряжения модулей H_{Σ} , %, осуществляют суммированием отдельно положительных и отрицательных частных нестабильностей по формуле:

$$H_{\Sigma} = H_U + H_I + H_T + H_t, \quad (7.3)$$

где:

H_U — нестабильность выходного напряжения при плавном изменении входного напряжения, %;

H_I — нестабильность выходного напряжения при плавном изменении выходного тока, измеренная в диапазоне выходных токов от 0 % до 100 %;

H_T — температурная нестабильность, %;

H_t — временная нестабильность, %.

Модули считаются выдержавшими испытания по требованиям 4.3.1.6, если нестабильность выходного напряжения не превышает требований 4.3.1.6.

7.3.7.1 Нестабильность выходного напряжения модуля при плавном изменении входного напряжения H_U , проверяют в НКУ при максимальном выходном токе. Модуль должен быть настроен на выходное напряжение 2,5 В.

Устанавливают номинальное значение входного напряжения модуля, а затем плавно увеличивают его до заданного максимального установившегося значения и уменьшают до минимального установившегося значения, одновременно контролируя выходное напряжение модуля. Нестабильность рассчитывается по формуле:

$$H_U = (U_{\max(\min)} - U) / U \cdot 100, \quad (7.4)$$

где:

$U_{\max(\min)}$ — выходные напряжения, измеренные при отклонениях входного напряжения, В;

U — выходное напряжение при номинальном входном напряжении, В. Нестабильность рассчитывается с учетом знаков.

Модули считаются выдержавшими испытания по требованиям 4.3.1.2, если нестабильность выходного напряжения не превышает $\pm 0,5$ %.

7.3.7.2 Нестабильность выходного напряжения модуля при плавном изменении выходного тока H_I , проверяют в НКУ при номинальном входном напряжении. Модуль должен быть настроен на выходное напряжение 2,5 В и режим пропуска импульсов.

Устанавливают выходной ток модуля равным 50 % максимального выходного тока модуля. Затем плавно уменьшают выходной ток до минимального значения и увеличивают до максимального, одновременно контролируя выходное напряжение. Нестабильность рассчитывается по формуле:

$$H_I = (U_{\max(\min)} - U) / U \cdot 100, \quad (7.5)$$

где:

$U_{\max(\min)}$ — выходное напряжение, измеренное при отклонениях выходного тока, В; U — выходное напряжение при выходном токе, равном $0,5 \cdot (I_{\max})$, В. Нестабильность рассчитывается с учетом знаков.

Модули считаются выдержавшими испытания по требованиям 4.3.1.3, если нестабильность выходного напряжения не превышает требований 4.3.1.3.

7.3.7.3 Температурную нестабильность выходного напряжения модуля H_t , %, проверяют при номинальном входном напряжении и максимальном выходном токе. Модуль должен быть настроен на выходное напряжение 2,5 В.

Измеряют выходное напряжение модуля в НКУ, а затем при увеличении температуры среды до заданной величины повышенной рабочей температуры, при этом температура в контрольной точке корпуса не должна превышать требований 4.4.6, и уменьшения до величины пониженной рабочей температуры.

Нестабильность рассчитывается по формуле:

$$H_T = (U_{\max(\min)} - U) / U \cdot 100, \quad (7.6)$$

где:

$U_{\max(\min)}$ — выходные напряжения, измеренные при отклонениях рабочей температуры среды, В;

U — выходное напряжение в НКУ, В. Нестабильность рассчитывается с учетом знаков.

Модули считаются выдержавшими испытания по требованиям 4.3.1.4, если нестабильность выходного напряжения не превышает требований 4.3.1.4.

7.3.7.4 Временную нестабильность выходного напряжения H_t , проверяют в НКУ при номинальном входном напряжении и максимальном выходном токе. Модуль должен быть настроен на выходное напряжение 2,5 В.

Первое измерение выходного напряжения проводят через 30 минут после включения модуля, остальные измерения — через каждые два часа в течение 8 часов непрерывной работы. Нестабильность рассчитывается по формуле:

$$H_t = (U_{\max(\min)} - U) / U \cdot 100, \quad (7.7)$$

где:

$U_{\max(\min)}$ — выходные напряжения, измеренные в течение 8 часов непрерывной работы, В;

U — выходное напряжение, измеренное до проведения испытаний, В. Нестабильность рассчитывается с учетом знаков.

Модули считаются выдержавшими испытания по требованиям 4.3.1.5, если нестабильность выходного напряжения не превышает требований 4.3.1.5.

7.3.8 Проверку защиты от перегрузки и тока короткого замыкания проводят в НКУ при номинальном входном напряжении. Модуль должен быть настроен на выходное напряжение 2,5 В. Плавно увеличивают ток нагрузки вплоть до режима КЗ, при этом фиксируют ток на входе и на выходе модуля.

Модули считаются выдержавшими испытания по требованиям 4.3.1.11, если ток на выходе модуля не превышает значения указанного в п.4.3.1.11. А ток на входе модуля не превышает значения указанного в таблице 4.3.

Режимом КЗ считается режим при котором сопротивление нагрузки более чем в 5 раз меньше сопротивления нагрузки при номинальном выходном токе.

7.3.9 Проверку КПД модулей проводят при номинальном входном напряжении и токе нагрузки равном 100 % от максимального выходного тока. Определяют общую потребляемую мощность P , Вт, и выходную мощность $P_{\text{вых}}$, Вт. Значение КПД (η) определяют по формуле:

$$\eta = P_{\text{вых}} / P \cdot 100 \quad (7.8)$$

Модули считаются выдержавшими испытание, если КПД модулей не ниже значений, указанных в 4.3.1.12.

При проведении приемо-сдаточных испытаний допускается проводить измерение КПД только при выходном напряжении 2,5 В.

7.3.10 Проверку дистанционного выключения модуля проводят в НКУ при номинальном входном напряжении и максимальном выходном токе. Модуль должен быть настроен на выходное напряжение 2,5 В.

Модули считаются выдержавшими испытание по требованиям 4.3.1.14, если при замыкании контактов «EN» и «PGND» или «EN» и «COM» между собой происходит выключение, а при размыкании — включение модулей. При этом контролируют потребление тока от питающей сети. Ток потребления от питающей сети должен соответствовать требованиям 4.4.3.

7.3.11 Проверку синхронизации частоты работы модуля проводят в НКУ при номинальном входном напряжении и максимальном выходном токе. Модуль должен быть настроен на выходное напряжение 2,5 В.

На вход «SYNC» подают тактовые импульсы амплитудой 2,5 В + 10 % и частотой равной номинальной частоте работы модуля, в соответствии с таблицей 9.6. Затем увеличивают частоту тактовых импульсов на 20...25 %. В ходе проверки по осциллографу Р6 контролируют частоту пульсации выходного напряжения модуля и тактовых импульсов подаваемых на вход «SYNC».

Модули считаются выдержавшими испытание по требованиям 4.3.1.17, если частота пульсации выходного напряжения модуля и тактовых импульсов совпадают.

7.3.12 Проверку наличия тактовых импульсов на выходе «CLKOUT» модуля проводят в НКУ. Модуль должен быть настроен на выходное напряжение 2,5 В.

Модуль включают при номинальном входном напряжении и максимальном выходном токе. На выходе «CLKOUT» при помощи осциллографа контролируют наличие, частоту и амплитуду тактовых импульсов.

Модули считаются выдержавшими испытание по требованиям 4.3.1.18, если параметры тактовых импульсов соответствуют требованиям 4.3.1.18.

7.3.13 Проверку диагностики выходного напряжения модуля проводят в НКУ. Модуль должен быть настроен на выходное напряжение 2,5 В.

Модуль включают при номинальном входном напряжении и максимальном выходном токе. Контролируют наличие напряжения на выводе «PG» равное $2,5 \text{ В} \pm 5\%$.

Увеличивают ток нагрузки до снижения выходного напряжения модуля на 5 %. Контролируют наличие напряжения на выводе «PG» равное $2,5 \text{ В} \pm 5\%$.

Увеличивают ток нагрузки до снижения выходного напряжения модуля на 15 %. Контролируют наличие напряжения на выводе «PG» равное не более 0,4 В.

Модули считаются выдержавшими испытания по требованиям 4.3.1.19, если уровни напряжения на выводе «PG» соответствуют требуемым.

7.3.14 Проверку переходного отклонения выходного напряжения модулей при скачкообразном изменении входного напряжения проводят в НКУ при номинальном входном напряжении. Модуль должен быть настроен на выходное напряжение 2,5 В. Проверка состоит в регистрации выходного напряжения после воздействия заданного фактора (переходного отклонения входного напряжения, скачкообразного изменения выходного тока) и вычисления переходного отклонения по формуле:

$$\delta U_{\text{пер}} = [(U_{\text{макс. (мин.)}} - U) / U] \cdot 100, \quad (7.9)$$

где $U_{\text{макс. (мин.)}}$ — максимальное (минимальное) значение выходного напряжения во время воздействия заданного фактора, В;

U — значение выходного напряжения до воздействия заданного фактора, В. Значение отклонения, вычисленное по формуле, указывают с учетом знака.

Характер изменения выходного напряжения при воздействии переходного отклонения входного напряжения (или скачкообразного изменения выходного тока) показан на рисунке 7.3. Схема измерений приведена в приложении Д

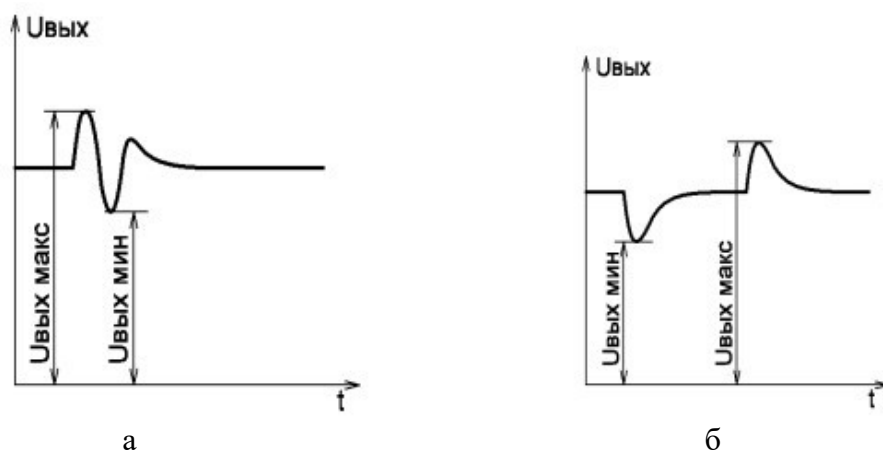


Рисунок 7.3 — Характер изменения выходного напряжения: а) воздействие переходного отклонения выходного напряжения; б) воздействие скачкообразного изменения выходного тока.

7.3.14.1 Проверка переходного отклонения выходного напряжения при воздействии переходного отклонения входного напряжения:

а) Проверка при воздействии положительного переходного отклонения входного напряжения.

Модули включают при номинальном значении входного напряжения. Устанавливают с помощью источника G1 максимальное входное напряжение с учетом переходных отклонений. Устанавливают тумблер SA1 в положение «ВЫКЛ». Резистором R2, контролируя по прибору PA2, устанавливают выходной ток, равный номинальному. При помощи прибора PV3 измеряют выходное напряжение модуля. Переводят тумблер SA1 в положение «ВКЛ», а затем обратно в выключенное состояние.

Фиксируют на экране запоминающего осциллографа переходное отклонение выходного напряжения, определяют его максимальное и минимальное значения, определяют значение переходного отклонения выходного напряжения.

Модули считаются выдержавшими испытания по требованиям 4.3.1.7, если переходное отклонение выходного напряжения не превышает $\pm 5\%$.

7.3.14.2 Проверка переходного отклонения выходного напряжения при скачкообразном изменении выходного тока.

Проверку переходного отклонения выходного напряжения при скачкообразном изменении выходного тока производят в НКУ при номинальном входном напряжении.

Устанавливают тумблеры SA3 в положение «ВЫКЛ», SA2 в положение «ВКЛ». Резистором R2, контролируя по прибору PA2, устанавливают выходной ток равным 75 % от номинального. Устанавливают тумблер SA3 в положение «ВКЛ» и с помощью резисторов R3 устанавливают максимальный выходной ток. Переключая тумблер SA3 из положения «ВЫКЛ» в положение «ВКЛ» и обратно, фиксируют осциллограмму выходного напряжения. Определяют значение переходного отклонения выходного напряжения.

Модули считаются выдержавшими испытания по требованиям 4.3.1.8, если переходное отклонение выходного напряжения не превышает $\pm 5\%$.

7.3.15 Проверку тока, потребляемого от сети в момент включения модулей, производят при номинальном входном напряжении и максимальном выходном токе модулей. Проверку производят при помощи измерительного сопротивления $R_{изм}$, значение которого должно быть как минимум в 10 раз меньше входного сопротивления модуля.

Регистрируют изменение напряжения на сопротивлении $R_{изм}$, Ом, в момент включения модуля путем подачи управляющего сигнала на вывод «EN», определяют максимальное значение U_{max} , В, и вычисляют значение тока в момент включения $I_{вкл}$, А, по формуле:

$$I_{вкл} = U_{max} / R_{изм} \quad (7.10)$$

Модули считаются выдержавшими испытания по требованиям 4.3.1.13, если значение тока, потребляемого от сети в момент включения, не превышает значений, указанных в таблице 4.

7.3.16 Проверку уровня напряжения радиопомех модулей проводят согласно ТУ в типовом режиме эксплуатации ($U_{вх} = U_{вхном}$, $I_{вых} = 0,7 \cdot I_{макс}$, $T_{корп.} \leq 0,7 \cdot T_{корп.макс.}$).

Схема включения модулей приведена на рисунке 7.4. Параметры элементов схемы в соответствии с типом модуля приведены в таблице 7.1.

Пример расположения модуля, измерительной аппаратуры и вспомогательного оборудования при измерении напряжения помех с использованием эквивалента сети приведен на рисунке 7.5.

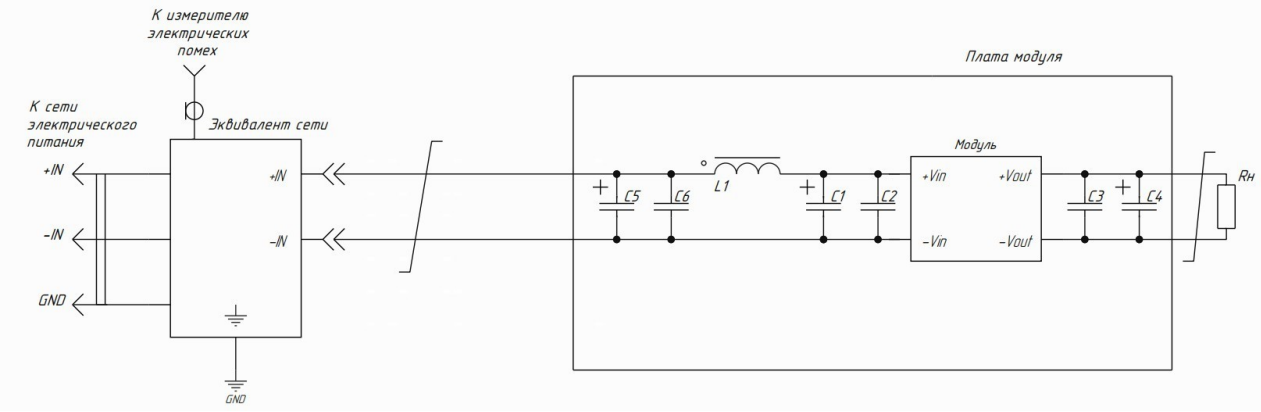


Рисунок 7.4 — Схема включения модуля

Таблица 7.1 — Параметры элементов схемы включения

Тип модуля	Индекс входной сети	Индуктивность L1, мкГн	Емкость (Алюминиевый электролитический) C5	Емкость (керамич.) C6	Емкость (тип) C1, C2	Емкость (тип) C4, C3
МНМ1,2	И	0,1	47мкФ 100В	Соответств ует C2	В соответств ии с таблицей 9.1	В соответств ии с таблицей 9.2
МНМ1,2	В	0,1	47мкФ 100В			
МНМ4	И	0,1	1000мкФ 100В	10 мкФ		
МНМ4	В	0,1	47мкФ 100В	Соответств ует C2		
МНМ8	И	0,1	1000мкФ 100В			
МНМ8	В	0,33	100мкФ 100В			
МНМ15	А	0,15	470мкФ 63В			
МНМ15	В	0,68	220мкФ 63В			

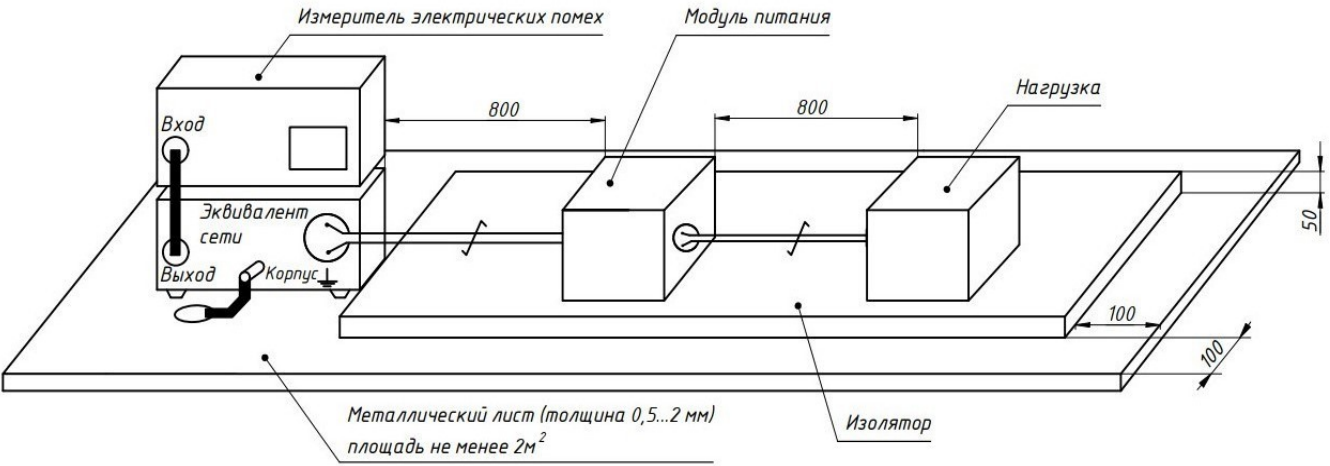


Рисунок 7.5 — Пример расположения модуля измерительной аппаратуры и вспомогательного оборудования при измерении напряжения помех.

7.4 Контроль соответствия требованиям стойкости к ВВФ

7.4.1 Испытание модулей на виброустойчивость при воздействии синусоидальной вибрации проводят согласно ТУ.

Модули испытывают во включенном состоянии при номинальном входном напряжении и максимальном выходном токе модулей. Диапазон частот от 10 до 2000 Гц с виброускорением 20g и амплитудой перемещения 0,3 мм. Длительность воздействия синусоидальной вибрации в каждом поддиапазоне частот не менее двух минут.

Модули считаются выдержавшими испытания, если во время и после испытаний внешний вид соответствует установленным требованиям, установившееся значение отклонения выходного напряжения соответствует установленным требованиям.

7.4.2 Испытание модулей на вибропрочность (длительное и кратковременное) при воздействии синусоидальной вибрации проводят согласно ТУ в выключенном состоянии в диапазоне частот от 10 до 2000 Гц с виброускорением 20g. Общая продолжительность воздействия по трем осям должна составлять шесть часов при кратковременных испытаниях и 24 часа при длительных испытаниях.

Модули считают выдержавшими испытания, если после испытания внешний вид соответствует установленным требованиям, установившееся значение отклонения выходного напряжения соответствует установленным требованиям.

7.4.3 Испытание модулей на ударную прочность проводят согласно ТУ в выключенном состоянии. Пиковое ударное ускорение — 150g, длительность действия ударного ускорения 1 мс, частота следования — от 40 до 120 ударов в минуту. Модули подвергают воздействию ударов в каждом из трех взаимно-перпендикулярных направлений. Общее количество ударов — 1000 (равномерно по каждому из направлений).

Модули считаются выдержавшими испытания, если во время и после испытаний внешний вид соответствует установленным требованиям, установившееся значение отклонения выходного напряжения соответствует установленным требованиям.

7.4.4 Испытание модулей на ударную устойчивость проводят согласно ТУ при номинальном входном напряжении и максимальном выходном токе модулей. Пиковое ударное ускорение – 150g, длительность действия ударного ускорения – 1 мс, частота следования – от 40 до 120 ударов в минуту. Модули подвергают воздействию 20 ударов в каждом направлении по каждой из трех осей. Допускается совмещать испытания с испытаниями на ударную прочность.

Модули считают выдержавшими испытание, если во время и после испытания внешний вид соответствует установленным требованиям, установившееся значение отклонения выходного напряжения соответствует установленным требованиям.

7.4.5 Испытание модулей на воздействие повышенной температуры среды проводят согласно ТУ.

Модули устанавливают на 4-х слойную печатную плату 100x100 мм с фольгой 70 мкм и толщиной не менее 2 мм и помещают в камеру тепла. Температуру в камере доводят до плюс 120 ± 2 °С и выдерживают в ней модули в выключенном состоянии в течении не менее 30 минут, для достижения теплового равновесия. После достижения теплового равновесия производят включение модулей и замер параметров в течение не

более 10 с. При проведении испытаний температура модуля в контрольной точке не должна превышать допустимых значений, установленных в 4.4.6.

Модули извлекают из камеры, выдерживают в НКУ не менее двух часов, проводят внешний осмотр и проверку контролируемых параметров.

Модули считаются выдержавшими испытания, если во время и после испытания внешний вид, установившееся значение отклонения выходного напряжения и пульсации выходного напряжения соответствует установленным требованиям.

7.4.6 Испытания модулей на воздействие пониженной температуры среды проводят согласно ТУ.

Модули помещают в камеру холода. Температуру в камере доводят до минус $(60 \pm 2$ °С) и выдерживают в ней модули в выключенном состоянии в течение не менее 30 минут, для достижения теплового равновесия. После достижения теплового равновесия производят включение модулей и замер параметров в течение времени не более 10 с.

Модули извлекают из камеры, выдерживают в НКУ не менее двух часов, проводят внешний осмотр и проверку контролируемых параметров.

Модули считаются выдержавшими испытания, если во время и после испытания внешний вид, установившееся значение отклонения выходного напряжения и пульсации выходного напряжения соответствуют установленным требованиям.

7.4.7 Испытание модулей на воздействие изменения температуры среды проводят согласно ТУ.

Модули помещают в камеру, в которой заранее установлена пониженная температура (минус 60 °С) и выдерживают в выключенном состоянии в течение 1 часа. Затем модули переносят в камеру, в которой заранее установлена повышенная температура (плюс 125 °С), и выдерживают в выключенном состоянии в течение 1 часа. Общее число циклов — три. Время переноса — не более 1 минуты.

После окончания последнего цикла модули выдерживают в НКУ два часа и проводят проверку внешнего вида, электрического сопротивления изоляции и установившегося значения отклонения выходного напряжения.

Модули считаются выдержавшими испытания, если после испытания внешний вид, электрическое сопротивление изоляции и установившееся значение отклонения выходного напряжения соответствует установленным требованиям.

7.4.8 Испытание модулей на воздействие повышенной влажности проводят согласно ТУ.

До испытаний проводят проверку внешнего вида, электрического сопротивления изоляции, установившегося отклонения выходного напряжения, пульсации выходного напряжения. Модули помещают в камеру влаги и выдерживают в течение 56 суток (длительные) или 21 суток (ускоренные) без электрической нагрузки. Модули извлекают из камеры, выдерживают в НКУ не менее двух часов, проводят внешний осмотр, проверку электрического сопротивления изоляции, установившегося отклонения выходного напряжения, пульсации выходного напряжения. Модули считают выдержавшими испытание по требованиям 4.5.1, если после испытания внешний вид, электрическое сопротивление изоляции соответствуют установленным требованиям, установившееся отклонение выходного напряжения соответствует 4.3.1.1, а пульсации выходного напряжения соответствуют 4.3.1.4 и 4.3.1.5.

7.4.9 Проверку КТЗ проводят по методике и программе испытаний, согласованными с ОТК.

Испытание модулей на воздействие одиночных ударов проводят согласно ТУ в выключенном состоянии. Пиковое ударное ускорение — 1000g, длительность действия — 0,5 мс.

Модули подвергают воздействию по три удара поочередно в каждом направлении по трем взаимно-перпендикулярным осям (шесть направлений). Модули считают выдержавшими испытание по требованиям 4.5.1, если после испытания внешний вид соответствует установленным требованиям, установившееся отклонение выходного напряжения соответствует 4.3.1.1, а пульсации выходного напряжения соответствует 4.3.1.4 и 4.3.1.5.

7.5 Контроль соответствия требованиям надежности

7.5.1 Контроль на соответствие требованиям надежности модулей осуществляют согласно ТУ проведением кратковременного и длительного испытаний на безотказность оценкой показателей безотказности по результатам обобщений результатов испытаний, а также проведением испытаний на сохраняемость с дополнениями и уточнениями, приведенными в данном подразделе. Допускается применять методы ускоренной оценки надежности по программам и методикам, согласованным и утвержденным в установленном порядке.

7.5.2 До испытаний проводят проверку внешнего вида, установившегося отклонения выходного напряжения, пульсации выходного напряжения, температурной и временной нестабильности выходного напряжения.

Испытания проводят двумя циклами при максимальном входном напряжении, максимальном выходном напряжении и максимальном выходном токе модулей в соответствии с 4.3.4.1; 7.1.2. Продолжительность каждого цикла – 250 часов. Состав и последовательность каждого цикла указаны в таблице 7.2.

Таблица 7.2 — Испытания на безотказность

Механические и климатические факторы	Время воздействия в одном цикле, ч
Ударные нагрузки многократного действия при скорости от 40 до 120 ударов в минуту	0,5
Вибрационные нагрузки	10,0
Повышенная температура	60,0
Пониженная температура	4,0
Повышенная влажность	60,0
Циклическое изменение температуры	6,0
Нормальные условия	110,0

7.5.3 Кратковременные испытания на безотказность проводят в течение 500 часов. В процессе испытаний через каждые 100 часов проверяют установившееся отклонение и пульсации выходного напряжения.

Модули считаются выдержавшими испытание, если во время и после испытания внешний вид соответствует установленным требованиям, установившееся отклонение выходного напряжения соответствует 4.3.1.1, пульсации выходного напряжения соответствует 4.3.1.3, температурная и временная нестабильность выходного напряжения соответствуют 4.3.1.4 и 4.3.1.5 соответственно.

7.5.4 Длительные испытания на безотказность являются продолжением кратковременных испытаний на безотказность, проводимых в составе квалификационных испытаний. В процессе и после испытаний проводят визуальный контроль модулей, измеряют выходное напряжение, пульсации выходного напряжения, температурную и временную нестабильность выходного напряжения. Контроль параметров-критериев годности проводят в процессе испытаний через каждые 1000 часов первые 10 000 часов, далее — через каждые 5000 часов.

8 Транспортирование и хранение

8.1 Модули транспортируют в упаковке, предохраняющей от механических воздействий и прямого попадания атмосферных осадков, транспортом всех видов в соответствии с ТУ.

8.2 Модули хранят в упаковке поставщика или вмонтированными в аппаратуру в составе объектов во всех местах хранения, кроме открытой площадки, в соответствии с ТУ.

9 Указания по эксплуатации

9.1 Эксплуатация модулей должна осуществляться с учетом требований по защите от статического электричества в соответствии с ОСТ 11 073.062.

9.2 Установку модулей и способ их крепления в питаемой аппаратуре необходимо производить с учетом механических нагрузок, в которых работает аппаратура, и отвода тепла от модулей.

9.3 При проведении измерений электрических параметров и при монтаже в аппаратуру модули следует брать руками за корпус, не касаясь выводов.

9.4 Допускается устанавливать на модули теплоотводы любой конструкции, обеспечивающие заданную температуру теплоотводящей поверхности модулей, в том числе использование принудительного обдува.

9.5 Запрещается подключение и отключение модулей к электрическим цепям, находящимся под напряжением.

9.6 Монтаж изделия на печатную плату производить с использованием оборудования для поверхностного монтажа ЭРИ. При выборе паяльных паст руководствоваться требованиями ОСТ 4Г 0.033.200, раздел 5. Использовать паяльные пасты с шариками припоя не менее 3 типа (размер шариков 20 – 45 мкм) из оловянно-свинцовых сплавов: Sn63/Pb37; Sn62/Pb36/Ag2 или Sn62.6/Pb36.8/Ag0.4/Sb0.2. Рекомендуется использовать пасту припойную 7141 ТУ 029-00387275-2021.

Рекомендуемый диапазон толщин трафарета для нанесения паяльной пасты 0,1...0,15 мм. Основные требования по настройке термопрофиля оплавления паяльных паст приведены на рисунке К.1 в приложении К.

Рекомендуемые размеры апертур трафарета а также размеры металлизированных контактных площадок на печатной плате показаны в приложениях А - Г и приложении И.

9.7 Марки материалов, применяемых для очистки печатных плат, способ очистки и его режимы выбирают по ОСТ 107.460092.017-89 с учетом варианта и плотности монтажа, примененных флюсов, конструкции изделий, имеющегося оборудования и объемов выпуска печатных узлов.

Допускается применять моющие жидкости на основе концентратов типа Vigon A300 или Zestron FA+, придерживаясь режимов отмывки и ополаскивания, указанных в рекомендациях производителей промывочных жидкостей и соответствующего оборудования для их использования.

После водных процессов отмывки и ополаскивания необходимо проводить сушку с использованием процессов принудительной конвекции, т. е. с обдувом горячим воздухом, температурой плюс 70 °С – плюс 90 °С, в течение 90 – 120 минут. Допускается промывка поверхности модулей спиртонефрасовой смесью. После промывки не должно быть видимых остатков флюса и других загрязнений.

9.8 Типовая схема включения модулей приведена на рисунке 9.1.

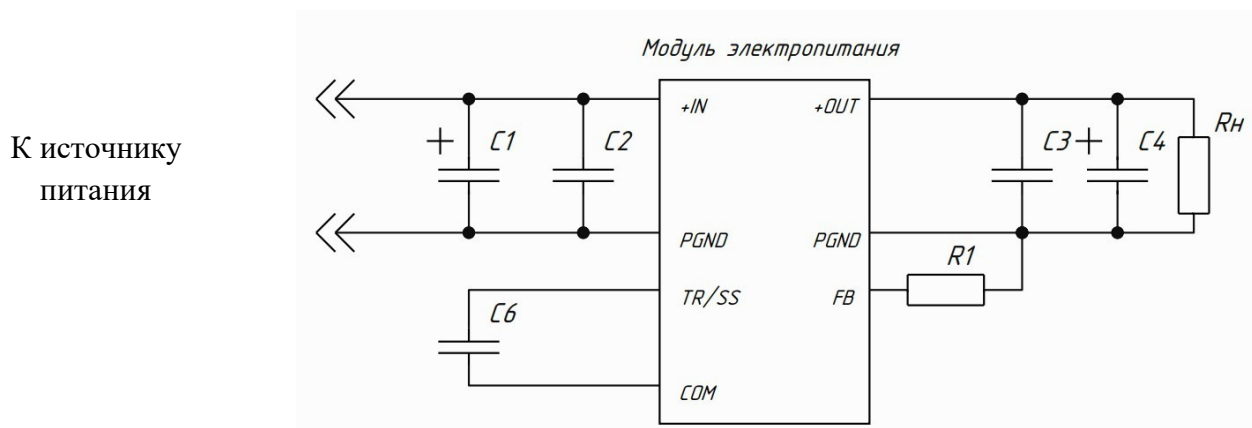


Рисунок 9.1. — Типовая схема включения модулей.

В таблице 9.1 указано минимальное значение емкости конденсаторов C1 и C2 на входе модуля. Максимальная емкость конденсатора по входу модуля не ограничена и выбирается с учетом конкретных условий эксплуатации. Конденсаторы должны быть расположены в непосредственной близости от выводов модуля. В качестве конденсатора C2 рекомендуется использовать планарные многослойные керамические ЧИП конденсаторы. В качестве конденсатора C1 рекомендуется использовать оксидно-полупроводниковые танталовые конденсаторы типа K53-72 или подобные. Допускается использование только керамических конденсаторов, при этом суммарная емкость конденсаторов должна соответствовать суммарной емкости конденсаторов C1 и C2.

В таблице 9.2 указано минимальное значение емкости конденсаторов на выходе модуля, C3 и C4. Величина емкости выходных конденсаторов влияет на величину пульсаций выходного напряжения, а так же на величину переходного отклонения выходного напряжения. Емкость выходных конденсаторов выбирается из конкретных требуемых условий эксплуатации. В качестве танталовых конденсаторов рекомендуется использовать конденсаторы с низким значением эквивалентного последовательно сопротивления (менее 100 мОм), например K53-72. В качестве конденсатора C4 рекомендуется использовать планарные многослойные керамические ЧИП конденсаторы.

Таблица 9.1 — Минимальное значение емкости входных конденсаторов для типовой схемы включения модулей

Тип модуля	Индекс входной сети	C1 (Танталовый), мкФ	C2 (Керамический), мкФ
МНМ1,2	«И»	22	4,7
	«В»	22	4,7
МНМ4	«И»	47	10
	«В»	22	10
МНМ8	«И»	47	10
	«В»	22	10
МНМ15	«А»	68	30
	«В»	-	30

Эквивалентное последовательное сопротивление танталовых конденсаторов должно быть не более 100 мОм.

Вместо танталового конденсатора допускается установка конденсатора любого другого типа такой же емкости с низким значением эквивалентного последовательно сопротивления (менее 100 мОм).

Таблица 9.2 — Минимальное значение емкости выходных конденсаторов для типовой схемы включения модулей

Тип модуля	Индекс входной сети	C4 (Танталовый), мкФ	C3 (Керамический), мкФ
МНМ1,2	«И»	33	22
	«В»	68	47
МНМ4	«И»	100	47
	«В»	100	100
МНМ8	«И»	100	188
	«В»	100	188
МНМ15	«А»	-	188
	«В»	-	282

Эквивалентное последовательное сопротивление танталовых конденсаторов должно быть не более 100 мОм.

Вместо танталового конденсатора допускается установка конденсатора любого другого типа такой же емкости с низким значением эквивалентного последовательно сопротивления (менее 100 мОм).

В таблице 9.3 указана максимальная суммарная емкость конденсаторов на выходе модуля для максимального выходного напряжения, номинальной мощности нагрузки и номинального входного напряжения. Необходимо учесть, что при увеличении емкости

выходных конденсаторов время запуска модуля увеличивается. При уменьшении выходного напряжения относительно максимального выходного напряжения, суммарная емкость выходных конденсаторов может быть пропорционально увеличена.

Таблица 9.3 — Максимальная суммарная емкость конденсаторов на выходе модуля

Тип модуля	Индекс входной сети	Установленное выходное напряжение модуля, В	Суммарная выходная емкость, мкФ
МНМ1,2	«И»	5	2000
	«В»	5	2000
МНМ4	«И»	5	10000
	«В»	5	10000
МНМ8	«И»	5	20000
	«В»	5	20000
МНМ15	«А»	5	30000
	«В»	5	30000

9.9 Модули имеют встроенный режим плавного пуска. Режим плавного пуска модуля регулируется изменением емкости конденсатора С6. В качестве конденсатора С6 рекомендуется использовать керамический конденсатор с низким током утечки, например К10-84в. Максимальная емкость конденсатора С6 не ограничена. Допускается не устанавливать конденсатор С6, при этом время плавного пуска будет минимальным. Максимальное напряжение на выводе «TR/SS» не превышает 4 В для всех модулей.

У модулей МНМ1,2 режим плавного пуска фиксирован и не может быть изменен внешними компонентами.

9.10 Модули МНМ4, МНМ8 и МНМ15 имеют встроенную функцию трекинга. Данная функция позволяет пользователю контролировать скорость нарастания выходного напряжения модуля в процессе запуска. Режим трекинга регулируется с помощью напряжения на выводе «TR/SS». При подаче напряжения на вывод «TR/SS» меньше 0,97 В для МНМ8 и МНМ15 и меньше 1,6 В для МНМ4, выходное напряжение регулируется пропорционально напряжению на выводе «TR/SS». При подаче напряжения на вывод «TR/SS» более 1 В для МНМ8 и МНМ15 и более 1,6 В для МНМ4, выходное напряжение определяется резистором R1.

9.11 Модули могут включаться и выключаться по внешней команде подаваемой на вывод «EN». Дистанционное выключение модулей осуществляется путем соединения вывода «EN» с выводом «PGND» или «COM». Соединение может осуществляться с помощью механического контакта или электрического ключа типа «открытый коллектор». При этом через ключ может протекать ток до 2 мА, а максимальное падение напряжения на ключе должно быть не более 1,0 В. В разомкнутом состоянии к ключу может быть приложено напряжение до 6 В, допустимый ток утечки через ключ не должен превышать 50 мкА.

Выводы «PGND» и «COM» соединены между собой внутри модуля.

9.12 Установка выходного напряжения модулей осуществляется путем подключения резистора R1 между выводом «FB» и «PGND». Соответствие номинала резистора выходному напряжению модуля приведено в таблице 9.4.

При выборе выходного напряжения модуля необходимо учитывать падение напряжения вход-выход на модуле. Максимальное выходное напряжение модуля с учетом падения напряжения вход – выход при максимальном токе нагрузки модуля приведено в 9.14.

Таблица 9.4 — Соответствие сопротивление резистора R1 выходному напряжению модуля

Тип модуля	Выходное напряжение, В	Сопротивление резистора, Ом	Формула для вычисления сопротивления резистора R1
МНМ1,2	1,8	4875	3900 / (Uout – 1)
	2,5	2600	
	3,3	1695	
	5,0	975	
МНМ4	1,8	4560	3783 / (Uout – 0,97)
	2,5	2473	
	3,3	1624	
	5,0	939	
МНМ8	1,8	4560	3783 / (Uout – 0,97)
	2,5	2473	
	3,3	1624	
	5,0	939	
МНМ15	1,8	5025	6000 / (Uout – 0,606)
	2,5	3168	
	3,3	2227	
	5,0	1365	

Uout — устанавливаемое выходное напряжение,
В R1 — сопротивление резистора, Ом.

Для установки выходного напряжения рекомендуется применять прецизионные резисторы, с низким допустимым отклонением и низким температурным коэффициентом сопротивления, например Р1-8МП.

Резистор необходимо устанавливать в непосредственной близости к выводам «FB» и «PGND».

Сопротивление резистора для других выходных напряжений можно определить по формуле, приведенной в таблице 9.4.

Допускается установка более высокого выходного напряжения, при этом стабильность параметров модуля во всем рабочем диапазоне не гарантируется.

9.13 Типовая трассировка МПП для каждого модуля приведена в приложении Ж. Вывод «HS/PGND» используется для отвода тепла от микросхемы ШИМ-контроллера установленного внутри модуля. Данный вывод должен быть распаян на медный полигон обеспечивающий допустимый температурный режим работы модуля. Для уменьшения теплового сопротивления между выводом «HS/PGND» и теплоотводящим полигоном рекомендуется использовать увеличенное количество переходных отверстий. Для более эффективного сброса тепла в окружающую среду рекомендуется использовать дополнительный радиатор, как показано на рисунке 9.2. При эксплуатации температура площадки вывода «HS/PGND» не должна превышать 125 °С. При превышении указанной температуры в модуле может срабатывать защита по превышению температуры ШИМ-контроллера, блокирующая работу модуля.

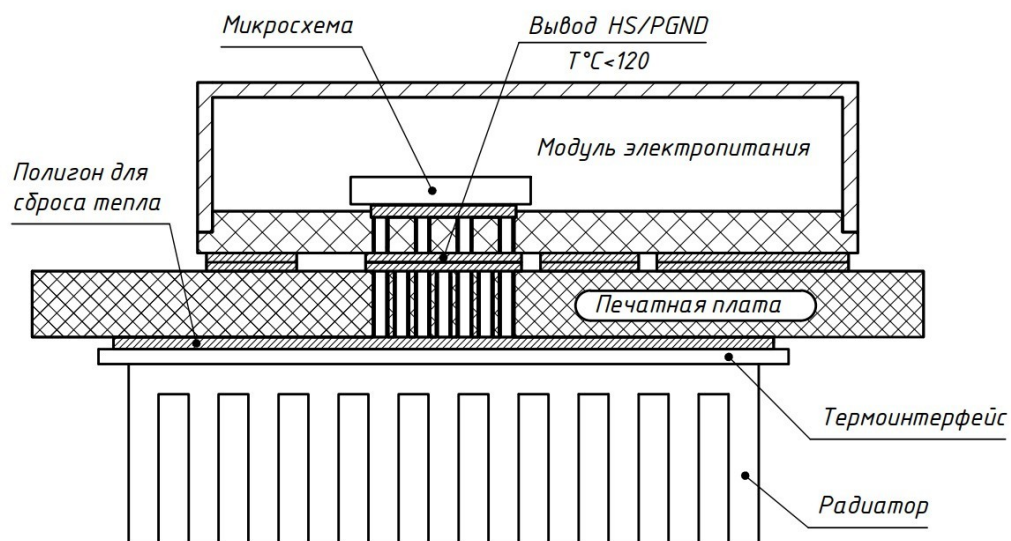


Рисунок 9.2 — Эффективный отвод тепла от модуля.

9.14 Максимальное выходное напряжение модуля с учетом падения напряжения вход – выход при максимальном токе нагрузки модуля приведено на рисунке 9.3.

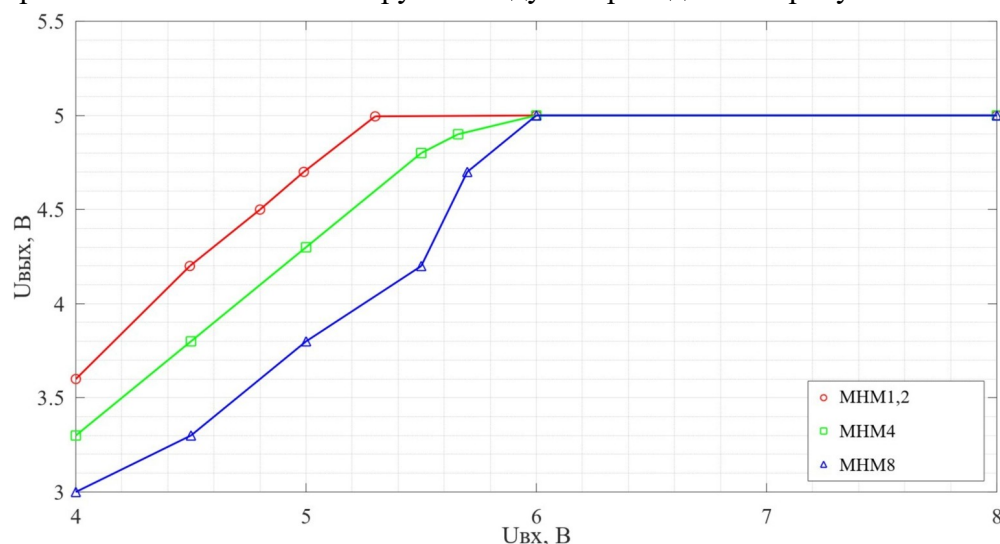


Рисунок 9.3 — Максимальное выходное напряжение модуля.

9.15 Модули имеют два различных режима работы на малых нагрузках, выбор режимов осуществляется путем подачи напряжения на вывод «SYNC» согласно таблице 9.5.

– Пакетный режим работы обеспечивает пониженное потребление модуля в режиме малых нагрузок. Модуль поддерживает напряжение на нагрузке путем генерации пакетов импульсов. Частота генерации пакетов импульсов меняется в зависимости от нагрузки.

– Режим пропуска импульсов обеспечивает фиксированную частоту преобразования в большем диапазоне нагрузок. При этом потребление модуля на холостом ходу увеличивается по сравнению с пакетным режимом работы.

При работе модулей в режиме пропуска импульсов на ХХ и в области малых нагрузок может наблюдаться увеличение среднего значения выходного напряжения на 40...80 мВ. Для минимизации ухудшения качества выходного напряжения, вызванного особенностями работы модуля в режиме пропуска импульсов, не рекомендуется использовать модули с коэффициентом понижения выходного напряжения более 30 раз.

Таблица 9.5 — Режим работы модуля

Тип модуля	Режим работы	Напряжение на выводе «SYNC», В		
		Мин.	Ном.	Макс.
МНМ1,2	Пакетный режим	0	-	0,6
	Режим пропуска импульсов	1,8	NC	5,0
	Режим плавающей частоты	Отсутствие внешней синхронизации		
МНМ4	Пакетный режим	0	-	0,6
	Режим пропуска импульсов	3,0	NC	5,0
	Режим плавающей частоты	3,0	-	5,0
МНМ8	Пакетный режим	0	-	0,6
	Режим пропуска импульсов	-	NC	-
	Режим плавающей частоты	3,0	-	5,0
МНМ15	Пакетный режим	0	-	0,6
	Режим пропуска импульсов	-	NC	-
	Режим плавающей частоты	3	-	5
NC — вывод не подключен				

В таблице 4.5 приведен ток потребления на ХХ в режиме пропуска импульсов.

9.16 Модули имеют режим синхронизации по переднему фронту тактовых импульсов подаваемых на вход «SYNC». При синхронизации от внешнего сигнала модули автоматически переходят в режим пропуска импульсов на малых нагрузках. Параметры внешнего синхроимпульса приведены в таблице 9.6. Модули способны работать на более высокой частоте чем приведена в таблице 9.6, при этом не гарантируется стабильность параметров модуля во всем рабочем диапазоне.

Таблица 9. 6 — Параметры внешнего синхроимпульса.

Тип модуля	Параметр	Сеть И			Сеть В		
		Мин.	Ном.	Макс.	Мин.	Ном.	Макс.
МНМ1,2	Верхний уровень импульса, В	1,8	-	5,0	1,8	-	5,0
	Нижний уровень импульса, В	0	-	0,6	0	-	0,6
	Коэффициент заполнения	0,2	-	0,7	0,2	-	0,7
	Частота синхроимпульсов, кГц	900	1000	1100	400	500	600
МНМ4	Верхний уровень импульса, В	2,4	-	5,0	2,4	-	5,0
	Нижний уровень импульса, В	0	-	0,6	0	-	0,6
	Коэффициент заполнения	0,2	-	0,7	0,2	-	0,7
	Частота синхроимпульсов, кГц	900	1000	1100	400	500	600
МНМ8	Верхний уровень импульса, В	1,5	-	5,0	1,5	-	5,0
	Нижний уровень импульса, В	0	-	0,6	0	-	0,6
	Коэффициент заполнения	0,2	-	0,7	0,2	-	0,7
	Частота синхроимпульсов, кГц	700	800	900	300	400	500
МНМ15	Верхний уровень импульса, В	1,5	-	5,0	1,5	-	5,0
	Нижний уровень импульса, В	0	-	0,6	0	-	0,6
	Коэффициент заполнения	0,2	-	0,7	0,2	-	0,7
	Частота синхроимпульсов, кГц	800	-	900	400		500

9.17 Модули МНМ1,2, МНМ4, МНМ8 и МНМ15 имеют режим плавающей частоты, позволяющий уменьшить создаваемые модулем помехи для обеспечения лучшей электромагнитной совместимости. При этом частота преобразования модуля модулируется более низкой частотой. Выбор режима плавающей частоты осуществляется путем подачи соответствующего уровня напряжения на вывод «SYNC» согласно таблице 9.5.

9.18 Модули МНМ8 и МНМ15 имеют выход тактовых импульсов, вывод «CLKOUT». Частота тактовых импульсов равна частоте преобразования модуля. Амплитуда импульсов находится в диапазоне от 3,0 до 3,5 В. Данный сигнал может быть использован для синхронизации частоты работы нескольких модулей по схеме ведущий- ведомый. Для этого необходимо соединить вывод «CLKOUT» ведущего модуля с выводами «SYNC» ведомых модулей. Максимальное количество подключаемых ведомых модулей не более четырех. Для увеличения количества подключаемых ведомых модулей можно использовать каскадную схему подключения.

Если ведущий модуль находится в пакетном режиме работы, то на выводе «CLKOUT» присутствует низкий уровень напряжения, не более 0,6 В. При этом ведомые модули так-же переходят в пакетный режим работы.

9.19 Модули МНМ15 имеют режим параллельной работы по выходу — работа на общую нагрузку. Количество параллельно подключаемых модулей — два. Это позволяет увеличить выходной ток до 30 А. Разбаланс между токами каждого модуля, при параллельном включенными модулей, не превышает $\pm 7\%$ относительно половины тока

нагрузки, при токе нагрузки 28А. Существенное влияние на разбаланс по токам оказывает симметричность силового контура при разводе печатной платы. Параллельное включение модулей осуществляется по схеме приведенной на рисунке 9.4. При параллельном включении модулей необходимо обращать внимание на корректность подключения цепи компенсации — выводы «VC» и обратной связи по напряжению — вывод «FB».

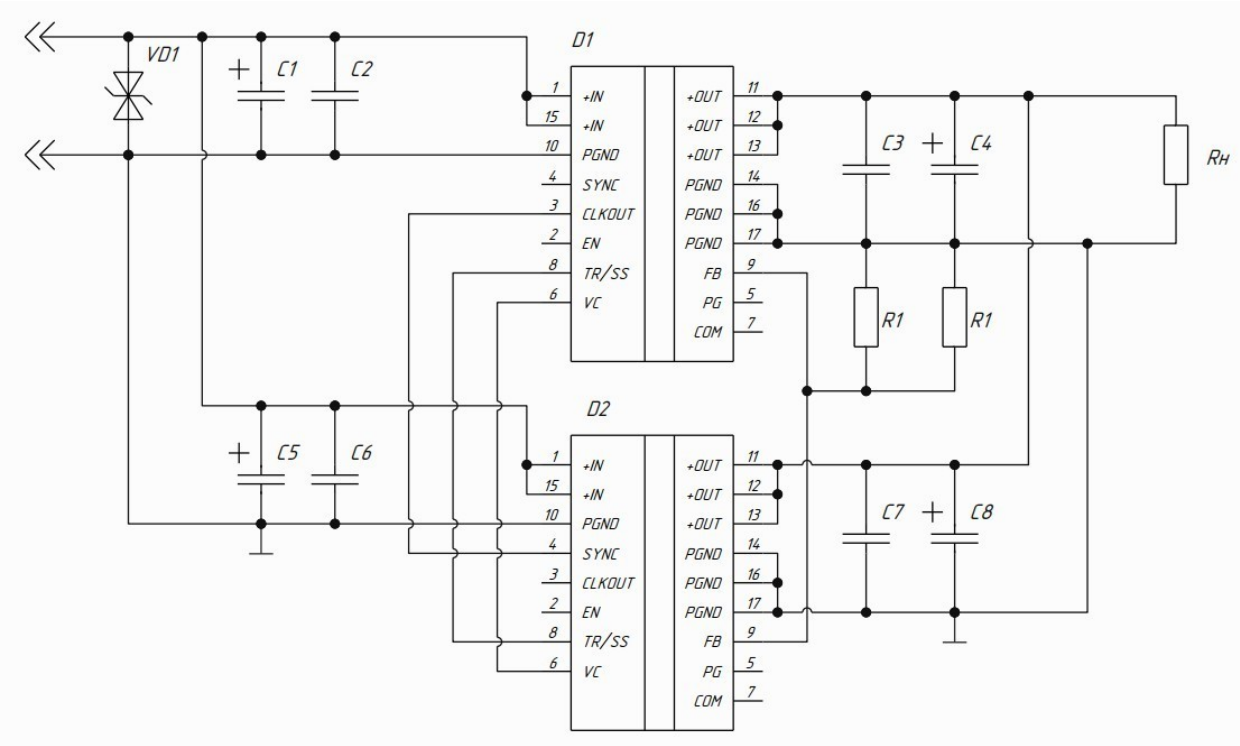


Рисунок 9.4 — параллельное включение двух модулей МНМ15

Таблица 9.7 — Параметры элементов схемы параллельного включения:

Индекс входной сети	C1, C5 (Танталовый), мкФ	C2, C6 (Керамич.), мкФ	C3, C7 (Керамич.), мкФ	C4, C8 (Танталовый), мкФ	R1.1, R1.2
«А»	Соответствует C1 таблицы 9.1	Соответствует C2 таблицы 9.1	Соответствует C3 таблицы 9.1	Соответствует C4 таблицы 9.1	Каждый из резисторов равен R1 в соответствии с таблицей 9.4
«В»					

10 Гарантии изготовителя

10.1 Изготовитель гарантирует соответствие качества модулей требованиям настоящих ТУ при соблюдении потребителем условий и правил хранения, транспортирования, монтажа и эксплуатации, установленных в настоящих ТУ.

10.2 Гарантийный срок эксплуатации — 5 лет с даты изготовления, а для модулей, подвергшихся перепроверке, с даты перепроверки.

Приложение А
Модуль типа МНМ1,2. Общий вид
(обязательное)

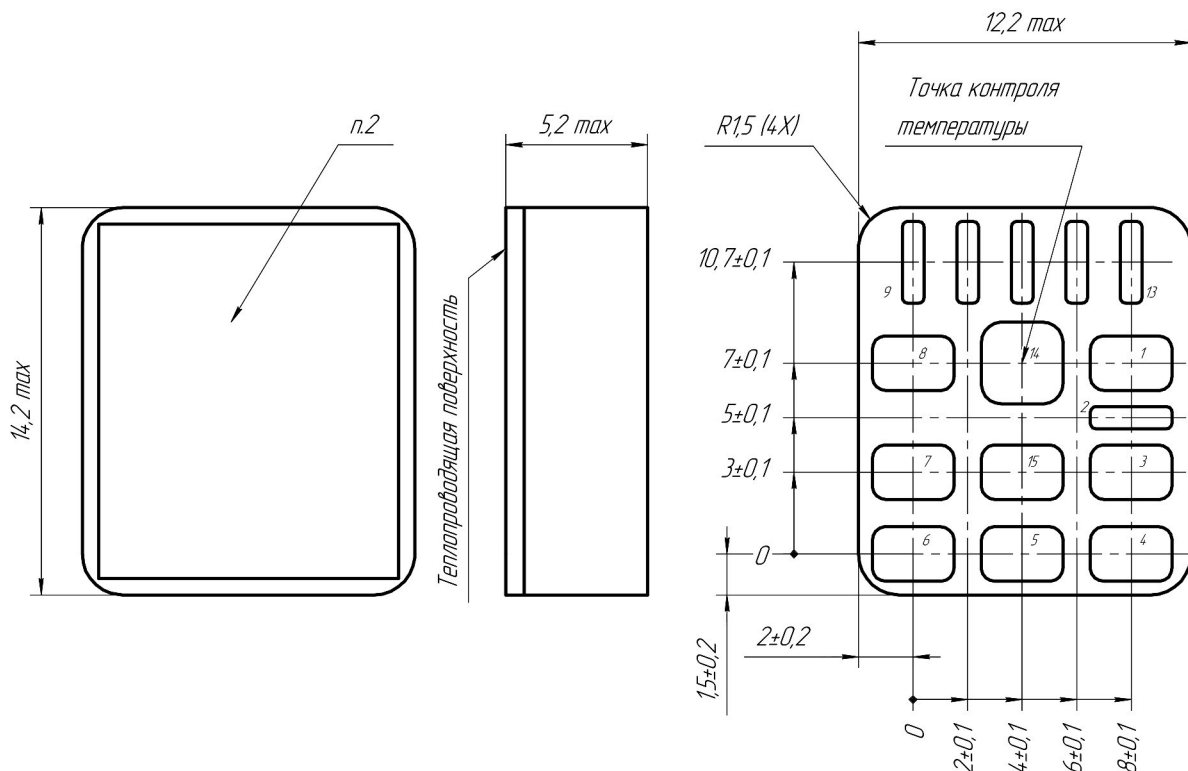


Таблица А.1 - Размеры выводов

№ вывода	Форма вывода	Длина, мм	Ширина, мм	Радиус скругления, мм	Размер апертур трафарета см. Приложение И
1, 3, 4, 5, 6, 7, 8		3	2	0,5	рис. И.1
14		3	3	0,75	рис. И.1
2, 9, 10, 11, 12, 13		3	0,8	0,2	рис. И.2

1. Обозначение выводов:

1 - «+IN»	4, 5, 6 - «+OUT»	11 - «PG»
2 - «FB»	9, 12 - «COM»	13 - «EN»
3, 7, 8, 15 - «PGND»	10 - «SYNC»	14 - «HS/PGND»

2. Место маркировки товарного знака предприятия-изготовителя, типономинала, отметки ОТК, индивидуального номера и даты изготовления.

Пример записи в конструкторской документации:
 МНМ1,2-1И1,05,0Т БКЯЮ.436430.002ТУ

Рисунок А.1 — Модули типа МНМ1,2

Приложение Б
Модуль типа МНМ4. Общий вид
(обязательное)

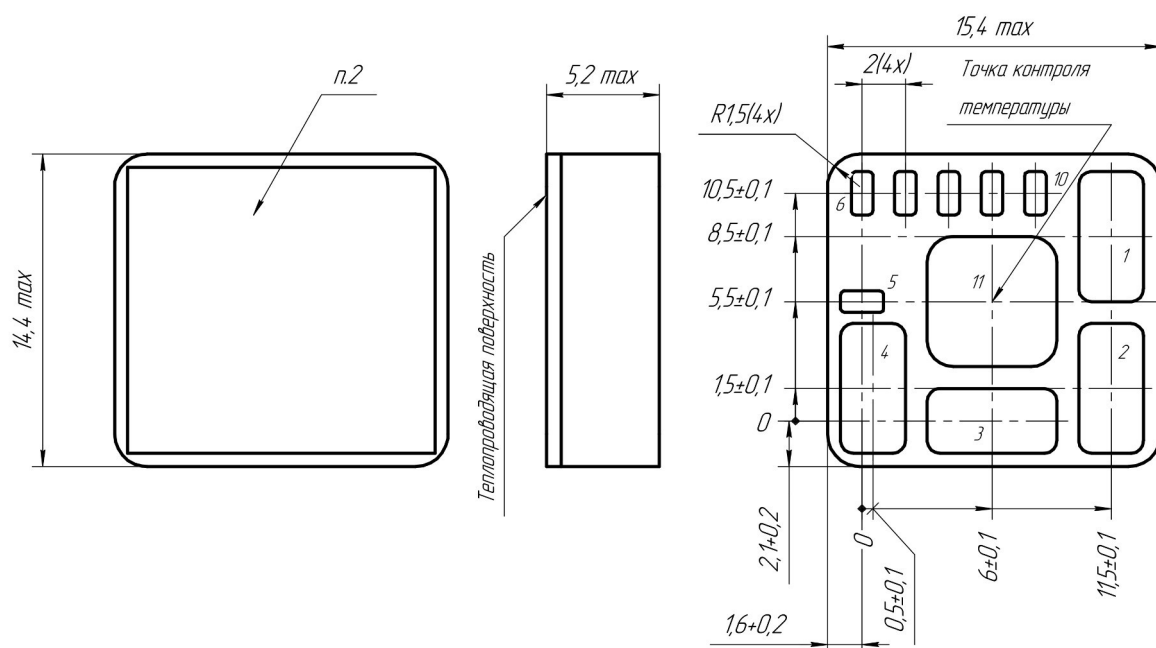


Таблица Б.1 - Размеры выводов

№ вывода	Форма вывода	Длина, мм	Ширина, мм	Радиус скругления, мм	Размер апертур трафарета см. Приложение И
1, 2, 3, 4		6	3	0,6	рис. И.1
11		6	6	1,2	рис. И.1
5, 6, 7, 8, 9, 10		2	1	0,2	рис. И.2

1. Обозначение выводов:

1, 4 - «PGND»	5 - «FB»	8 - «SYNC»	11 - «HS/PGND»
2 - «+IN»	6 - «COM»	9 - «TR/SS»	
3 - «+OUT»	7 - «EN»	10 - «PG»	

2. Место маркировки товарного знака предприятия-изготовителя, типоминнала, отметки ОТК, индивидуального номера и даты изготовления.

Пример записи в конструкторской документации:
 МНМ4-1И1,05,0Т БКЯЮ.436430.002ТУ

Рисунок Б.1 — Модули типа МНМ4

Приложение В
Модуль типа МНМ8. Общий вид
(обязательное)

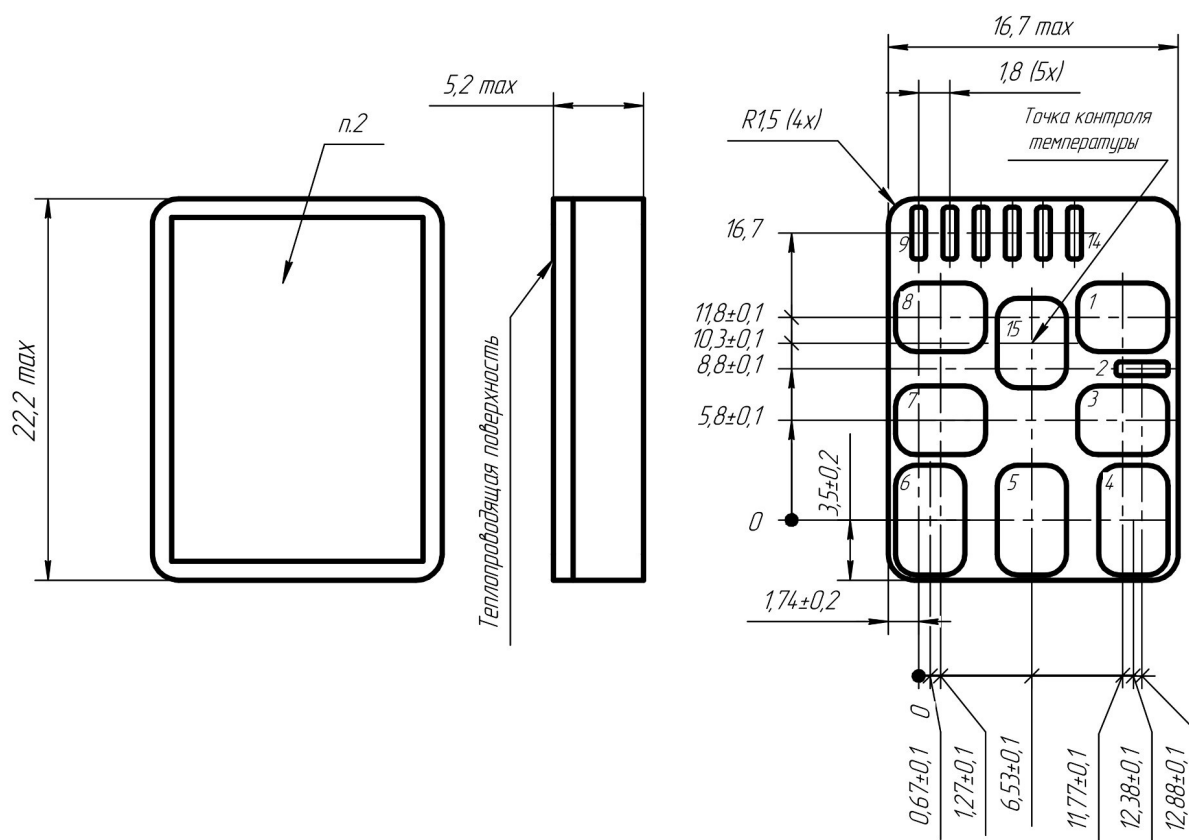


Таблица В.1 - Размеры выводов

№ вывода	Форма вывода	Длина, мм	Ширина, мм	Радиус скругления, мм	Размер апертур трафарета см. Приложение И
1, 3, 7, 8, 15		5,2	4	1,2	рис. И.1
4, 5, 6		6,4	4	1,2	рис. И.1
2, 9, 10, 11, 12, 13, 14		3	0,8	0,2	рис. И.2

1. Обозначение выводов:

1, 8 - «+IN»	4, 5, 6 - «+OUT»	11 - «SYNC»	14 - «PG»
2 - «FB»	9 - «EN»	12 - «TR/SS»	15 - «HS/PGND»
3, 7 - «PGND»	10 - «CLKOUT»	13 - «COM»	

2. Место маркировки товарного знака предприятия-изготовителя, типоминнала, отметки ОТК, индивидуального номера и даты изготовления.

Пример записи в конструкторской документации:

МНМ8-1В1,05,0Т БКЯЮ.436430.002ТУ

Рисунок В.1 — Модули типа МНМ8

Technical drawing of a rectangular device, showing three views: top, side, and front.

Top View: Shows a rectangle with rounded corners. A dimension line indicates a width of $27,2_{\max}$. A label $n.2$ points to a central area.

Side View: Shows the profile of the device. A dimension line indicates a thickness of $5,5_{\max}$. A label *Теплоотражающая поверхность* (Heat-reflecting surface) points to a specific area.

Front View: Shows the detailed layout of components. Key dimensions and labels include:

- Overall width: $27,2_{\max}$
- Overall height: $24 \pm 0,1$
- Component 1: $15 \pm 0,1$
- Component 2: $19 \pm 0,1$
- Component 3: $17 \pm 0,1$
- Component 4: $15 \pm 0,1$
- Component 5: $13 \pm 0,1$
- Component 6: $11 \pm 0,1$
- Component 7: $9 \pm 0,1$
- Component 8: $7 \pm 0,1$
- Component 9: $4 \pm 0,1$
- Component 10: $19 \pm 0,1$
- Component 11: $21 \pm 0,1$
- Component 12: $9,5 \pm 0,1$
- Component 13: $4 \pm 0,2$
- Component 14: $2 \pm 0,2$
- Component 15: $R15$
- Component 16: *Точка контроля температуры* (Temperature control point)
- Component 17: $19 \pm 0,1$

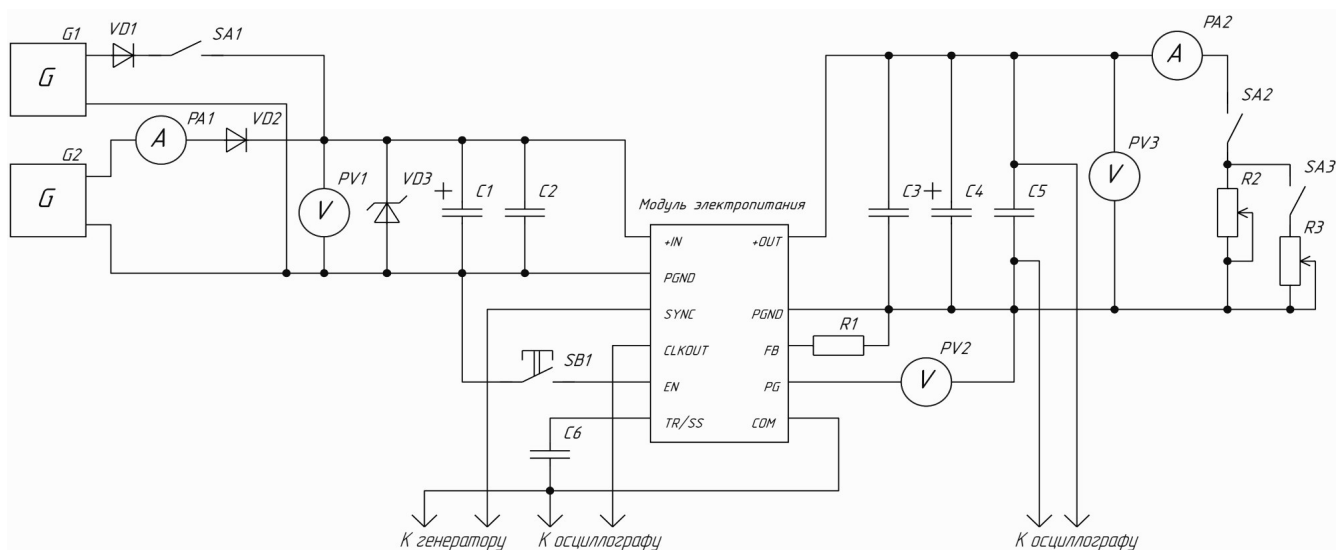
№ вывода	Форма вывода	Длина, мм	Ширина, мм	Радиус скругления, мм	Размер апертур трафарета см. Приложение И
1, 10,11, 12, 13, 14, 15		7	3	0,6	рис. И.1
16, 17		9	7	1,2	рис. И.1
2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9		3	1	0,2	рис. И.2

1, 15 - «+IN»	4- «SYNC»	7 - «COM»	10, 14, 17 - «PGND»
2 - «EN»	5 - «PG»	8 - «TR/SS»	11, 12, 13 - «+OUT»
3 - «CLKOUT»	6 - «VC»	9 - «FB»	16 - HS/PGND»

Пример записи в конструкторской документации:
МНМ15-1В0,85,0Т БКЯЮ.436430.002ТУ

Рисунок Г.1 — Модули типа МНМ15

Приложение Д
Схема измерения параметров модулей.
(обязательное)



C1, C2 — тип и номинал конденсаторов соответствует приведенным в таблице 9.1. C3, C4, — тип и номинал конденсаторов соответствует приведенным в таблице 9.2. C5 — керамический конденсатор 0,1 мкФ.

C6 — керамический конденсатор напряжением не менее 6.3 В и емкостью в соответствии с методиками испытаний.

R2, R3 — нагрузочный резистор. Выбирается в соответствии с напряжением и током нагрузки.

SB1 — Кнопка малогабаритная КМ1-1 или подобная.

VD1, VD2 — выпрямительный диод для защиты источников питания G1 и G2, выбираются в соответствии с прикладываемым обратным напряжением и протекающими прямыми токами.

VD3 — защитный диод (супрессор), выбирается в соответствии с напряжением питания модуля.

SA1, SA2, SA3 — выключатели, выбираются в соответствии с токами коммутируемых цепей.

Рисунок Д.1 — Схема измерения параметров модулей.

Приложение Е
Перечень средств измерений и испытательного оборудования.
(рекомендуемое)

Таблица Е.1

Наименование, тип	Обозначение или краткая характеристика	Предел измерения (установки)	Погрешность	Позиционные обозначения для рисунка Д.1
Штангенциркуль	ГОСТ 166-89	300 мм	$\pm 0,05$ мм	-
Мегаомметр Ф4102/1-1М ¹⁾	ТУ 25-7534-0005-87	20000 МОм	$\pm 1,5$ %	-
Генератор АКИП-3408/1 ¹⁾	-	5 МГц	5 %	-
Вольтамперметр М2038 ¹⁾	ТУ 25-04-3109-78	30 А, 600 В	$\pm 0,5$ %	РА1, РА2
Осциллограф GDS-71104В ¹⁾	-	50 В	± 3 %	-
Вольтметр универсальный В7-38 ¹⁾	2.710.031 ТО	1000 В	$\pm 0,2$ %	PV1, PV2, PV3
Источник напряжения постоянного тока ЕА-PS 9040-40Т ¹⁾	-	40 В, 40 А	$\pm 0,5$ %	G1, G2
Реостат серии РСПС ¹⁾	ТУ16.527.197-79	-	-	R2, R3
¹⁾ Допускается использование других средств измерений с погрешностями не более указанных в таблице Е1, а также аппаратуры и элементов других типов с параметрами, обеспечивающими требуемые режимы работы модуля.				

**Приложение Ж Типовая
топология ПП.
(рекомендуемое)**

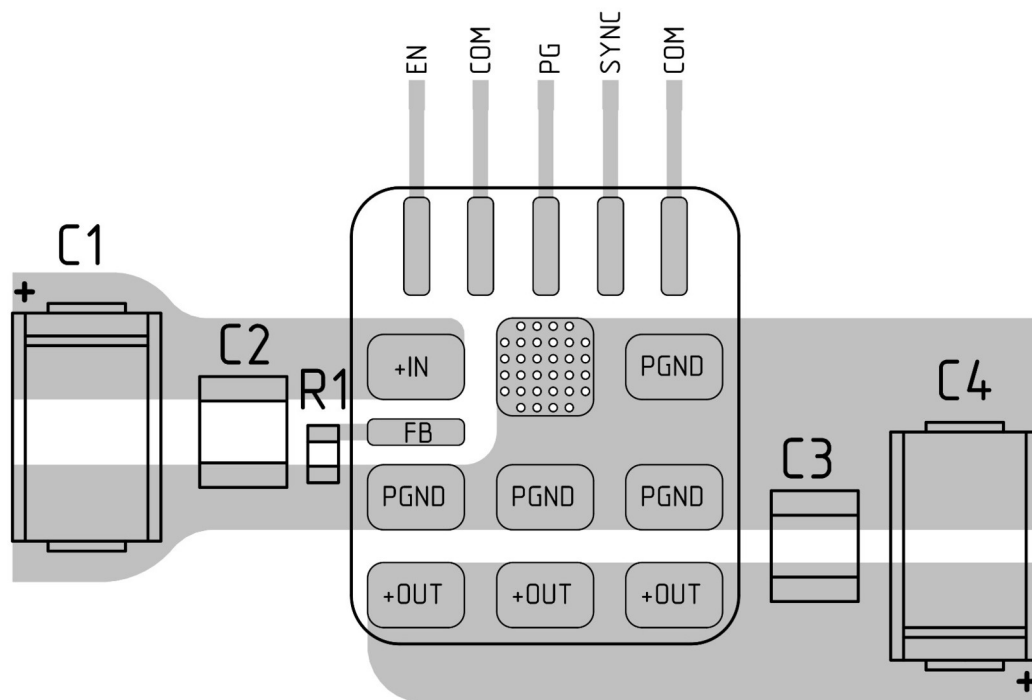


Рисунок Ж.1 — MNM1,2. Типовая топология

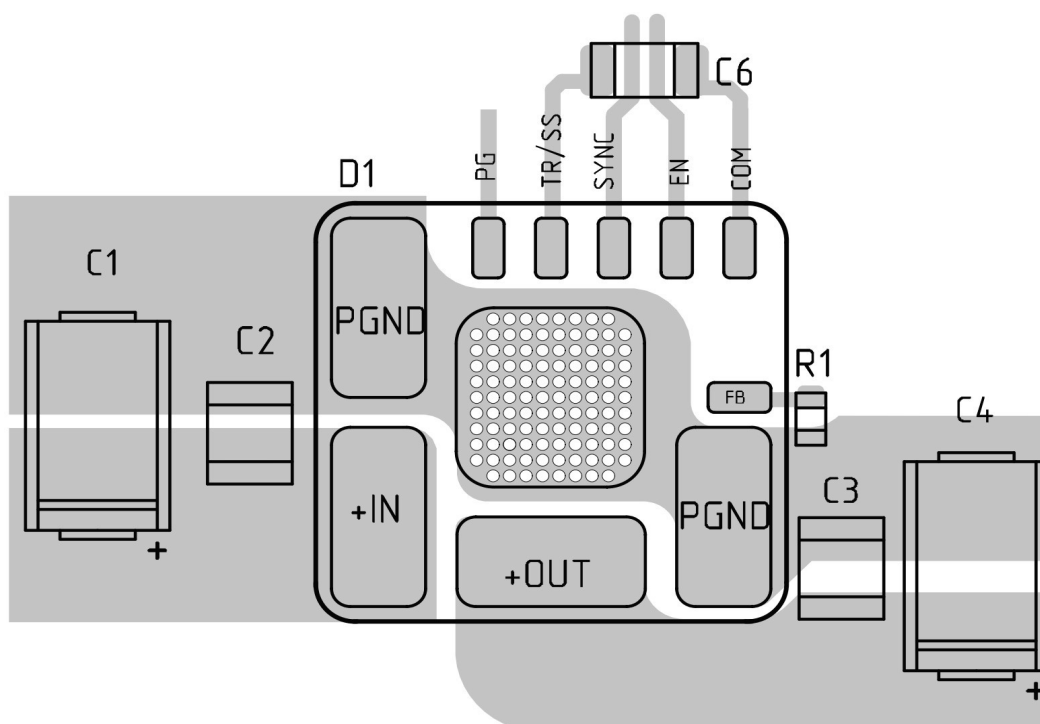


Рисунок Ж.2 — MNM4. Типовая топология

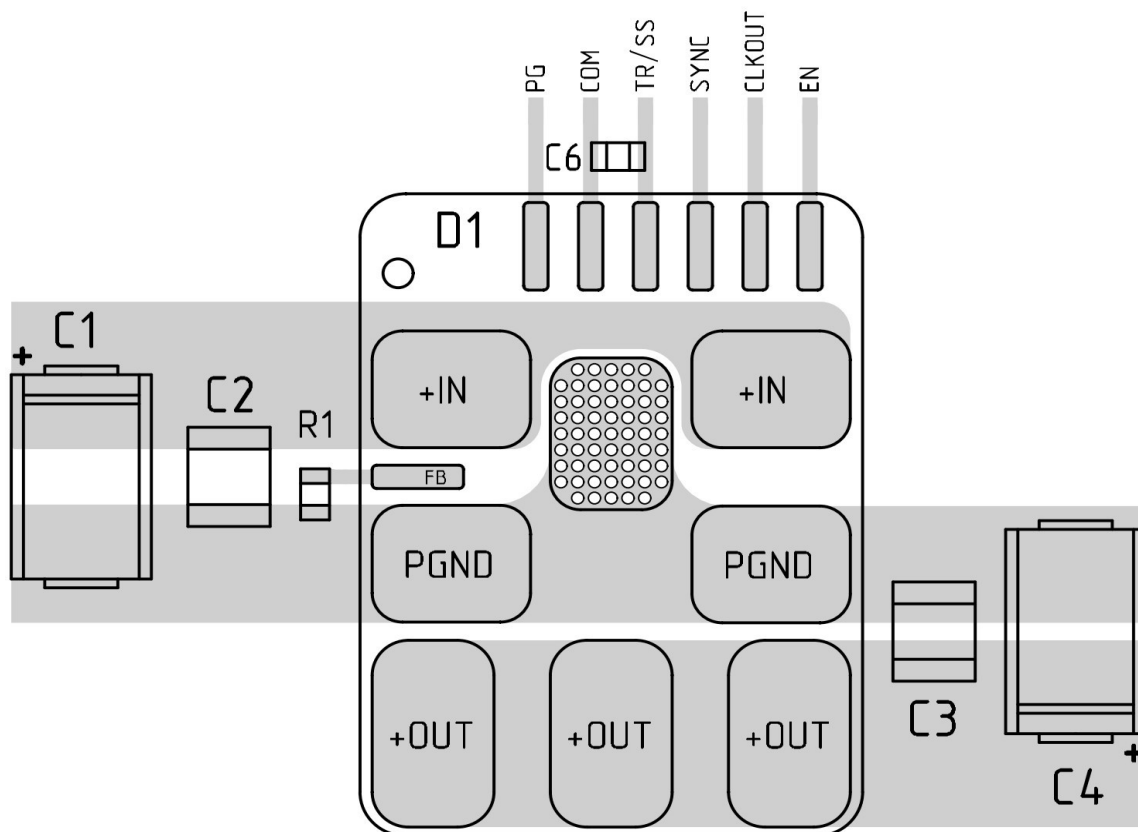


Рисунок Ж.3 — MHM8. Типовая топология

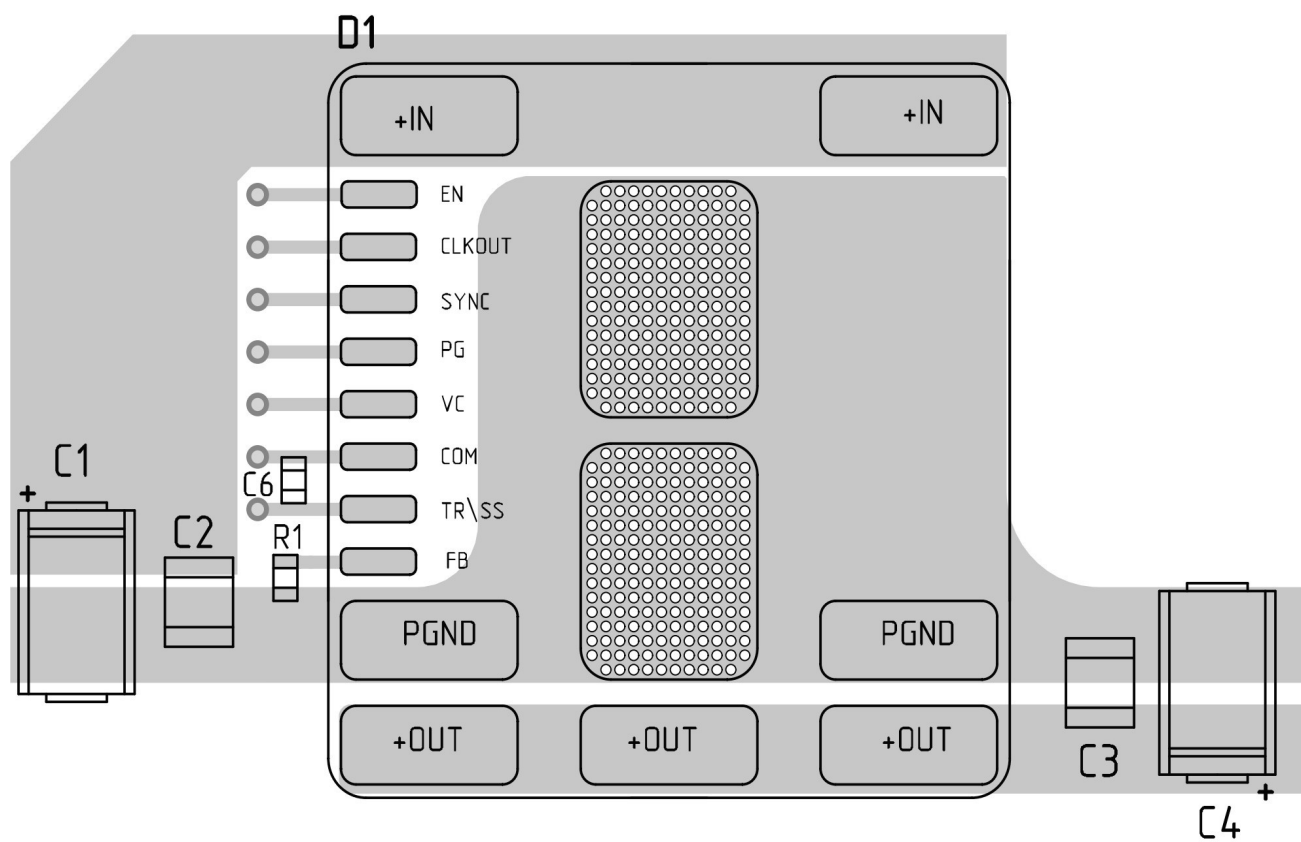


Рисунок Ж.4 — MHM15. Типовая топология

Приложение И
Размеры апертур трафарета для нанесения паяльной пасты.
(рекомендуемое)

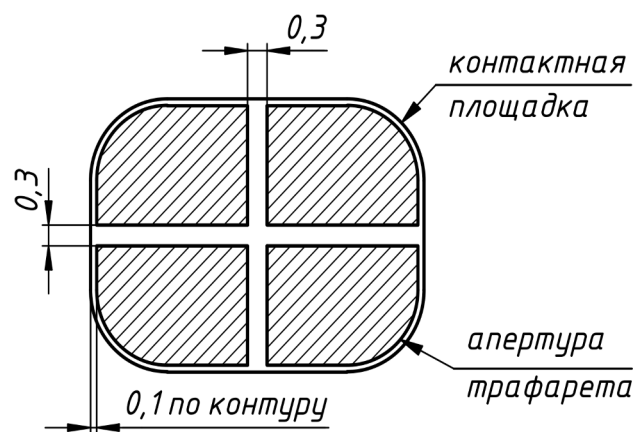


Рисунок И.1 — Размер апертуры для площадок шириной более или равной 4 мм

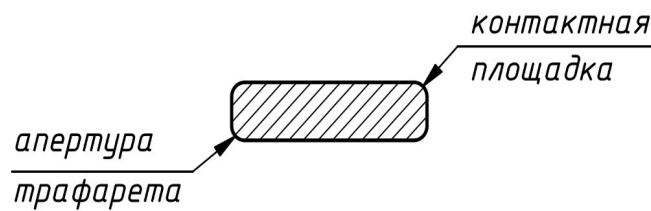


Рисунок И.2 — Размер апертуры для площадок шириной менее 4 мм

Приложение К
Профиль оплавления паяльной пасты в печи термооплавления.
(обязательное)

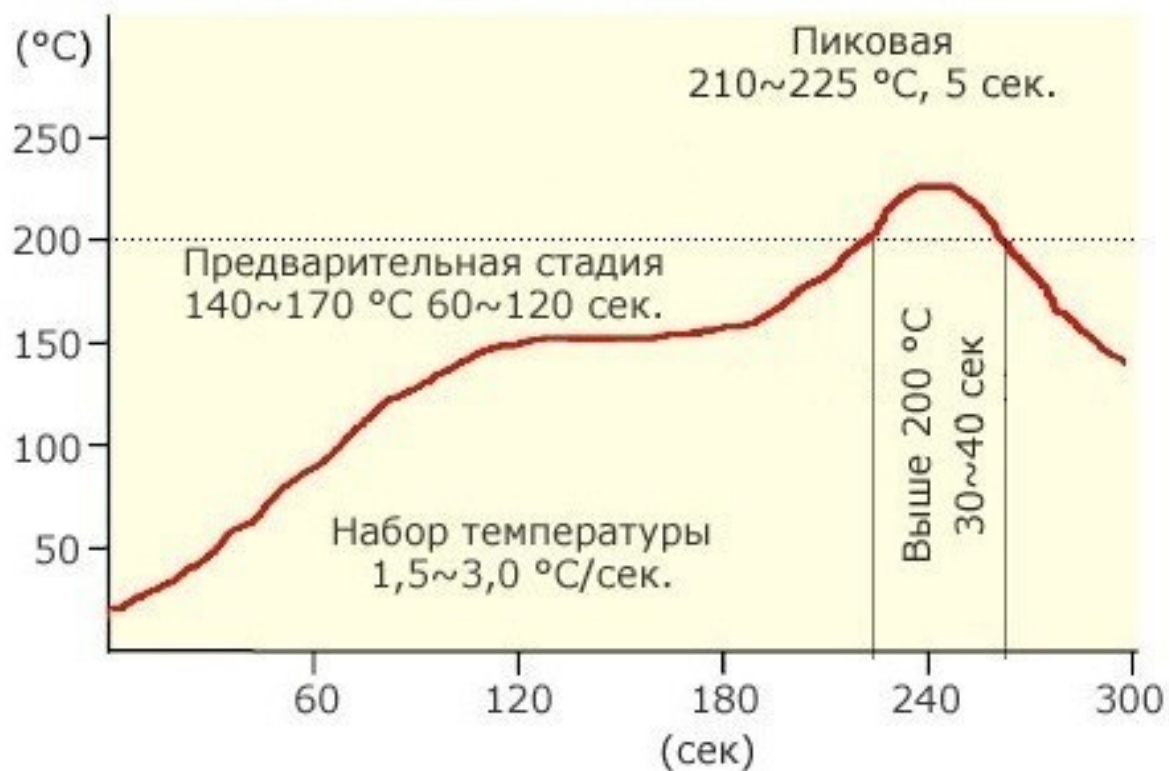


Рисунок К.1 — Изменение температуры, °C в печи оплавления паяльной пасты с течением времени, в секундах