

Руководство по применению

Серия МАА



Содержание

Условные сокращения

1. Введение
 - 1.1. Кодировка названия
 - 1.2. Внешний вид и конструкция
 - 1.3. Типы выводов
 - 1.4. Компаунд
2. Характеристики и сервисные функции модулей МАА
 - 2.1. Входные сети
 - 2.2. Выходные каналы и напряжения
 - 2.3. Максимальные токи модулей
 - 2.4. ВВФ: Состав и значения характеристик внешних воздействующих факторов
3. Структура модулей и сервисные функции
 - 3.1. Типовая структурная схема
 - 3.2. Вывод параллельной работы ПАРАЛ
 - 3.3. Диагностика выходного напряжения ДИАГ ВЫХ
 - 3.4. Диагностика состояния входной сети ДИАГ ВХ
 - 3.5. Выносная обратная связь (ОС)
 - 3.6. Дистанционное отключение
 - 3.7. Источник дежурного питания (ДЕЖ)
 - 3.8. Вывод питания вентилятора охлаждения (ВЕНТ)
 - 3.9. Регулировка выходного напряжения (РЕГ)
4. Защиты МАА:
 - 4.1. Защита от короткого замыкания на входе модуля
 - 4.2. Защита от бросков питающего напряжения
 - 4.3. Защита от КЗ в нагрузке
 - 4.4. Защита от превышения выходного тока
 - 4.5. Защита от превышения выходного напряжения
 - 4.6. Тепловая защита
5. Подключение и работа
 - 5.1. Установка
 - 5.2. Подключение
 - 5.3. Параллельная работа
 - 5.4. Резервирование
 - 5.5. Последовательное соединение
 - 5.6. Формирование двухполярного напряжения
 - 5.7. Особенности питания различных нагрузок: работа на импульсную и емкостную нагрузку
 - 5.8. Снижение пусковых токов
 - 5.9. Снижение пульсаций выходного напряжения
 - 5.10. Улучшение ЭМС, применение фильтров МАА
 - 5.11. Запуск модуля после длительного хранения (поляризация конденсаторов)
 - 5.12. Неправильная эксплуатация модулей
 - 5.13. Стандартные неисправности и методы их устранения
6. Температурный диапазон, дерейтинги, особенности работы в граничных участках
 - 6.1. Температурный диапазон
 - 6.2. Теплоотвод
 - 6.3. Выбор стандартных радиаторов КВ Системы, серия РО

Условные обозначения

АКБ	аккумуляторная батарея
ВВФ	внешние воздействующие факторы
ВП	военная приемка
ДШ	даташит, информационный листок
ИБП	источник бесперебойного питания
ИВЭП	источник вторичного электропитания
ККМ	корректор коэффициента мощности
ИП	источник питания
ПО	программное обеспечение
РЛС	радиолокационная станция
ТУ	технические условия
ЭМС	электромагнитная совместимость
АС	переменный ток (alternative current)
DC	постоянный ток (direct current)

1. Введение

Низкопрофильные, унифицированные 1,2,3-х канальные AC-DC модули электропитания серии «МАА» мощностью от 30 до 3000 Вт разработаны для жестких условий эксплуатации в аппаратуре специального и промышленного назначения. В указаниях по применению модулей МАА приведены расширенные данные по подключению, эксплуатации и особенностям работы модулей МАА в составе аппаратуры. Для правильного использования модулей МАА желательно детально ознакомиться с данным материалом.

Особенности серии МАА:

- широкий диапазон рабочих температур корпуса: -50...+85°C;
- низкопрофильная конструкция;
- кондуктивное охлаждение;
- широкий набор различных типов питающих сетей и выходных напряжений;
- сервисные функции;
- подстройка выходного напряжения;
- полимерная заливка;
- специализированные совместимые с серией МАА фильтры помехоподавления MPM/MPP;
- соответствие стандартам MIL-STD461E, ГОСТ25803, EN55022.

1.1. Кодировка названия

МАА 30 – 3 С XX XX XX С Г Н

Обозначение названия модуля: монолитный AC-DC или DC-DC модуль

Номинальная выходная мощность, Вт

Количество каналов

Номинальное входное напряжение:

для однофазной сети: для трехфазной сети:

К – 115 В 400 Гц, П – 220В, 400Гц,

С – 220 В 50 Гц,

Ц – 220 В 50 Гц (расширенный)

Номинальное выходное напряжение 1-го канала, В (две цифры на канал)

Номинальное выходное напряжение 2-го канала, В (две цифры на канал)

Номинальное выходное напряжение 3-го канала, В (две цифры на канал)

С – исполнение с заливкой элементов компаундом

Тип корпуса: Г - компактный металлический корпус с крышкой и винтовыми контактными зажимами

Д - компактный металлический корпус с крышкой и ножевыми контактами

Температурный диапазон: Н – от минус 40 °С до плюс 85 °С; П – от минус 50 °С до плюс 85 °С (корпуса)

1.2. Внешний вид и конструкция

Модули МАА выполняются в металлических теплоотводящих корпусах с заливкой элементов компаундом, сверху закрыты металлической крышкой. Модули могут работать в любом положении в пространстве. Модули неремонтируемые. Модули выпускаются во всеклиматическом исполнении «В» по ГОСТ 15150. Теплоотводящее основание – алюминиевое либо медное дно модуля, на котором расположены основные тепловыделяющие компоненты. Из-за высокой энергетической плотности модулей серии МАА для корректной работы использование теплоотвода обязательно (кроме модулей из мощностного ряда 30-75 Вт). Модули устанавливаются на теплоотводящую поверхность, либо на радиатор с применением теплопроводящей пасты либо теплопроводящих электроизоляционных материалов.

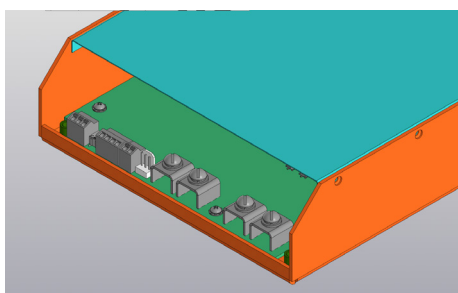
⚠ Эксплуатация без теплоотвода допускается для модулей МАА30, МАА50, МАА60, МАА75 с учетом температурного дерейтинга.

Фиксация модулей на поверхность производится винтами через крепежные отверстия на углах корпуса.

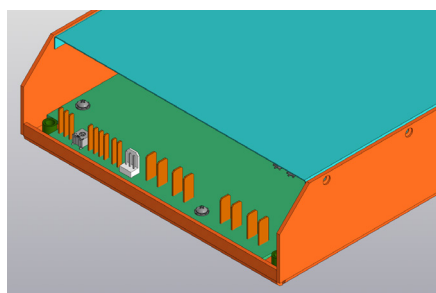
Выводы или клеммы сгруппированы на противоположных сторонах корпуса: входные с одной стороны, выходные с другой. Входы и выходы гальванически развязаны друг от друга, а также от корпуса, электрическая прочность и сопротивление изоляции указываются в даташитах на конкретный модуль. В многоканальных модулях выходные каналы также гальванически развязаны друг от друга, что позволяет соединять их последовательно, либо формировать двухполярное напряжение.

1.3. Типы выводов

Модули МАА выпускаются с двумя типами выводов: винтовые клеммники и пружинные зажимы и ножевые контакты:



МАА-СГ клеммники



МАА-СД ножевые контакты

Подключение модулей МАА производится гибкими проводниками.

⚠ Для нормальных условий эксплуатации в серии МАА-СГ фиксация проводников производится винтовыми клеммниками и зажимными пружинными зажимами. Для условий повышенной вибрации рекомендуется применение серии МАА-СД с ножевыми контактами и пайка проводников к ножевым контактам.

Подключение цепей сервисных функций серии МАА-СГ осуществляется клеммными блоками с пружинными зажимами Push-in. Зажимы Push-in предназначены для прямого подключения проводов напрямую без использования инструмента. При введении жесткого или гибкого проводника с наконечником сечением от 0,34 мм² контактная пружина автоматически разжимается и обеспечивает необходимое усилие прижима к токопроводящей шине. Чтобы отжать пружину, например, для извлечения провода или для подсоединения провода с небольшим сечением от 0,14 мм², достаточно нажать на встроенный нажимной механизм (оранжевая кнопка над отверстием для проводника), не опасаясь контакта с токоведущими деталями.

Клеммные блоки с пружинными зажимами Push-in выдерживают вырывающее усилие не более 5 Н.

Характеристики проводников для подключения к пружинным зажимам push-in приведены в таблице:

Длина снятия изоляции	8 mm
Сечение жесткого проводника мин.	0.2 mm ²
Сечение жесткого проводника макс.	1.5 mm ²
Сечение гибкого проводника мин.	0.2 mm ²
Сечение гибкого проводника макс.	1 mm ²
Сечение гибкого проводника с кабельным наконечником, без пластмассовой втулки, мин.	0.25 mm ²
Сечение гибкого проводника с кабельным наконечником, без пластмассовой втулки, макс.	0.75 mm ²
Сечение гибкого проводника с кабельным наконечником, с пластмассовой втулкой, мин.	0.25 mm ²
Сечение гибкого проводника с кабельным наконечником, с пластмассовой втулкой, макс.	0.75 mm ²
Сечение провода AWG мин.	24
Сечение провода AWG макс.	16

Для винтовых соединений применять провода следующих сечений:

1,5 мм² – для винтов с резьбой М2, М2,5;

2,5 мм² – для винтов с резьбой М3;

3,3 мм² – для винтов с резьбой М4;

4,9 мм² – для винтов с резьбой М5.

Крутящий момент для затяжки винтовых соединений:

0,4Н·м – для диаметров резьбы до 2,8 мм включительно;

0,5Н·м – для диаметров резьбы свыше 2,8 до 3,0 мм включительно;

1,2Н·м – для диаметров резьбы свыше 3,6 до 4,1 мм включительно;

3,5Н·м – для диаметров резьбы свыше 4,5 до 5,1 мм включительно.

Для модулей МАА-СД с ножевыми выводами при подключении необходимо соблюдать следующие условия:

- пайку выводов модулей рекомендуется производить электропаяльником мощностью не более 60 Вт при температуре не более 260 °С не более 5 с на один вывод. Допускается пайка выводов не более трех раз на расстоянии не менее 2 мм от корпуса;
- при обрезке, изгибе и формовке проводов необходимо применять специальные шаблоны, обеспечивать неподвижность выводов между местом изгиба и корпусом модуля.

Допускается:

- лужение выводов модулей производить припоем ПОС 61 с применением флюса ФКСп на расстоянии от корпуса не менее 1 мм с предварительной зачисткой от оксидного слоя;
- неиспользуемые выводы выкусывать;
- выводы модулей допускается покрывать после пайки любым типом лака, используемым для покрытий паяных соединений, например УР-231 или Plastik-70;
- промывка поверхности модуля и выводов спиртобензиновой смесью.

Не допускается:

- изгиб выводов при пайке;
- вращение выводов вокруг оси.
- Максимальное количество гибких проводников.

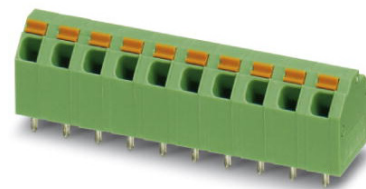
Максимальное количество гибких проводников, припаиваемых к одному выводу модуля – не более 2.

Запрещается производить подключение модулей к цепям, находящимся под напряжением. Ножевые контакты выдерживают растягивающее и вырывающее усилия не более 40 Н.

1.4. Компаунд

Благодаря заливке компаундом обеспечена вибрационная и климатическая стойкость модулей. Пространство под печатной платой, где расположены компоненты поверхностного монтажа и силовые компоненты, заполняется компаундом полностью. Над платой модуль покрывается компаундом частично, все компоненты навесного монтажа обливаются компаундом, обеспечивая их прочную фиксацию и равномерное тепло-распределение внутри модуля.

 **В зависимости от мощности и исполнения, используются силиконовый или эпоксидный компаунды.**



2. Характеристики и сервисные функции модулей МАА

Мощность, Вт		МАА	30	50	60/75	150	200	250	400	500	500	800	1000	1200	1500	2000	3000
КПД			до 0,91	до 0,93	до 0,83	0,82-0,89			0,78-0,85			0,84-0,89		0,89-0,90	0,92	0,91-0,92	
Напряже- ние	115 В 400 Гц	К	К	К	К	К			К	-	К	К	-	-	-	-	-
	220 В 50 Гц	С	С	С	С	С			С	-	С	С	С	С	С	С	С
	220 В 50 Гц, 400 Гц	Ц	Ц	Ц	Ц	Ц			Ц	-	Ц	Ц	-	-	-	-	-
	380 В 50 Гц	Т	-	-	-	-			-	Т	-	-	Т	-	Т	-	Т
	220 В 400 Гц	П	-	-	-	-			-	П	-	-	П	-	П	-	П
ККМ			отсутствует				активный										
Количество выходных каналов			1, 2, 3								1, 2		1				
Выходные напряжения, В			5, 9, 12, 15, 24, 27										24, 27, 48				27, 48
Дистанционное выключение		УПР	-	-	-	+			+		+	+	+	+	+	+	+
Регулировка выходного напряжения (в одноканальном модуле), +10 %		Потенциометром	-	-	-	+			+		+	+	+	+	+	+	+
		Выводом РЕГ	-	-	-	-			-		-	-	+	+	+	+	+
Параллельная работа		ПАРАЛ	-	-	-	-			+		+	+	+	+	+	+	+
Выносная обратная связь		+ОС	-	-	-	-			+		+	+	+	+	+	+	+
Выход питания вентилятора		+ВЕНТ	-	-	-	-			+		+	+	+	+	+	+	+
Диагностика выходного напряжения		ДИАГ	-	-	-	-			-		-	-	-	-	-	+	+(Т)
Вывод дежурного питания		+ДЕЖ	-	-	-	-			-		-	-	-	-	-	+	+
Вывод корпус		КОРП	+	+	+	+			+		+	+	+	+	+	+	+
Рекомендуемые типы модулей фильтров для улучшения ЭМС модулей электропитания			ММА200Ф			ММА200Ф ММА600Ф			ММА600Ф	-	ММА2000Ф	-	-	-	-	-	-
			МРМ4 МРР2			МРР2-Х3АМ МРР3-Х7,5АМ			МРР3-Х7,5АМ	-	-	-	-	-	-	-	-

2.1. Входные сети

Модули серии МАА разработаны для питания от сетей переменного и постоянного тока различных диапазонов напряжений. Питающие сети модулей серии МАА обозначены буквенными индексами К, С, Ц, Т, П и отображаются в кодировке названия после числа выходных каналов:

Например: МАА1000-1С24ХХХ

Входное напряжение		Диапазон установившегося значения		Частота	Переходное отклонение		Длительность переходного отклонения
Индекс	Увх В, АС	Увх В, АС	В, DC	ц	%	В	сек
К	115	81-138	160 (113-198)	400	±30	81-150	1
С	220	187-242	300 (263-340)		±20	176-264	
Ц	220	100-264	300 (141-372)	50	-55...+20	100-264	1
Т	3x380	323-437		400	±20	304-456	
П	3x220	187-253			±20	176-264	

⚠ Примечание. Постоянное напряжение в указанном диапазоне подается на выходы модулей «L» и «N» для однофазной сети без соблюдения полярности. По вопросам подключения трёхфазного модуля к цепям с постоянным напряжением просьба обращаться в техподдержку по указанному адресу электронной почты или через форму обращения на сайте.

2.2. Выходные каналы и напряжения

Номинальные значения выходного напряжения модулей МАА (U_n) в НКУ выбираются из ряда 5, 9, 12, 15, 24, 27, 48 В.

В особых случаях по согласованию с предприятием-изготовителем возможно изготовление модулей с номинальным напряжением, отличающимся от в диапазоне от 3 до 68 В (указывается при заказе), а также с расширенным диапазоном регулировки выходного напряжения.

Максимальные значения выходного тока первого, второго, третьего каналов I_{H1MAX} , I_{H2MAX} , I_{H3MAX} модулей МАА должны быть не более значений I_{H1} , I_{H2} , I_{H3} соответственно и не должны превышать:

2.3. Максимальный ток модулей

Модуль		МАА30 МАА50	МАА60	МАА75	МАА150	МАА400 МАА500	МАА800 МАА1000	МАА1200 МАА1500	МАА2000	МАА3000	Примечание
1-канальные	I_{H1MAX}	6	12	15	30		66,6	80	83,3	125	$I_H = P_H / U_H$
2-канальные	$I_{H1,2MAX}$	3	6	7,5	15	60	33,3	40			$I_{H1} = P_H / 2U_H$ $I_{H2} = P_H / 2U_H$ $P_{1MAX} \geq P_{2MAX}$
3-канальные	I_{H1MAX}	3	6	7,5	15	30					$I_{H1} = P_H / 2U_H$
	$I_{H1,2MAX}$	1,5	3	3,75	7,5						$I_{H2} = P_H / 4U_H$ $I_{H3} = P_H / 4U_H$ $P_{1MAX} \geq (P_{2MAX} + P_{3MAX})$

Для всех модулей выполняются условия:

$P_{1MAX} = P_{2MAX}$ – для двухканальных модулей;

$P_{1MAX} = (P_{2MAX} + P_{3MAX})$ – для трехканальных модулей,

где:

$P_{1MAX} = I_{H1MAX} \cdot U_{H1}$

$P_{2MAX} = I_{H2MAX} \cdot U_{H2}$

$P_{3MAX} = I_{H3MAX} \cdot U_{H3}$

} – максимальная мощность первого, второго и третьего каналов соответственно, Вт.

Для регулируемых модулей при увеличении выходного напряжения $U_{ВЫХ} > U_H$ максимальный выходной ток не должен превышать 90 % от значения максимального выходного тока при номинальном выходном напряжении.

2.4. ВВФ: Состав и значения характеристик внешних воздействующих факторов

Наименование ВВФ	Наименование характеристики ВВФ, единица измерения	Значение воздействующего фактора
Синусоидальная вибрация	Диапазон частот, Гц	1-500
	Амплитуда ускорения, m/c^2 (g)	50 (5)
	Амплитуда виброперемещения, мм	0,5
Механический удар одиночного действия	Пиковое ударное ускорение, m/c^2 (g)	1000 (100)
	Длительность действия ударного ускорения, мс	1-2
Пониженная температура среды	Минимальное значение при эксплуатации, °C:	
	-для температурного диапазона «Н» -для температурного диапазона «П»	-40 -50
Повышенная температура среды	Максимальное значение при эксплуатации, °C :	70
Повышенная температура корпуса	Максимальное значение при эксплуатации, °C :	85
Изменение температуры среды	Диапазон изменения температуры среды, °C:	
	-для температурного диапазона «Н» -для температурного диапазона «П»	-40...+70 -50...+70
Атмосферное пониженное давление (ограничение по механической прочности)	Значение при эксплуатации, Па (мм рт. ст.)	$0,67 \cdot 10^3$
Атмосферное пониженное давление (ограничение по условиям для конвективного охлаждения)	Значение при эксплуатации, Па (мм рт. ст.)	$6,7 \cdot 10^3$
Атмосферное повышенное давление	Значение при эксплуатации, Па (мм рт. ст.)	$2,92 \cdot 10^5$
Атмосферные конденсированные осадки (иней, роса)	Минимальное значение при эксплуатации, °C	-20
Соляной (морской) туман*		устойчивы к воздействию

* В случае использования модулей в условиях внешних воздействий (соляной туман, иней, роса и др.) рекомендуется защищать покрытия корпусов модулей лаком типа УР-231 в два слоя в составе аппаратуры.

3. Структура модулей и сервисные функции

3.1. Типовая структурная схема

Модули содержат входной и выходной фильтры ЭМС и цепи защиты от превышения входного тока и напряжения – плавкий предохранитель и варистор. Ограничение броска входного тока при включении в сеть осуществляется NTC-термистором. Модули мощностью более 150 Вт в зависимости от технических условий содержат активный ККМ с отдельным контроллером.

Модули обеспечивают заданный уровень выходных пульсаций во всем диапазоне рабочих температур, макс.2 %. Более точные значения пульсаций указаны в даташитах на конкретный модуль. Для дальнейшего снижения выходных пульсаций рекомендуется применять внешний дополнительный фильтр.

Многоканальные модули стабилизируют напряжение по первому каналу, вследствие чего для нормальной работы необходимо, чтобы этот канал был обязательно нагружен.

Заявленное отклонение выходного напряжения макс. 2 % соблюдается только для первого канала, для остальных каналов составляет до 4 %.

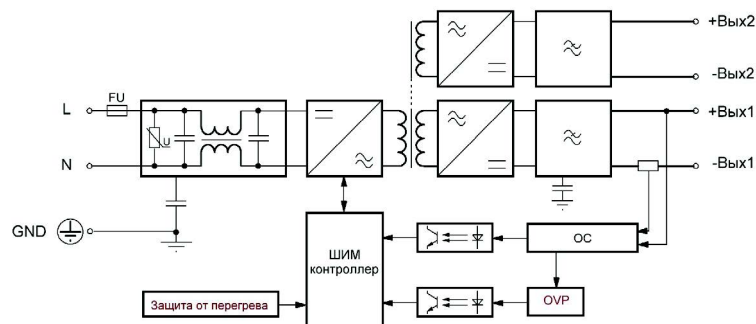


Рис.3.1. Структурная схема двухканального модуля MAA30-2XXX

Модули питания 150 Вт и более обладают активным ККМ и набором сервисных функций (см. таблицу характеристик модулей).

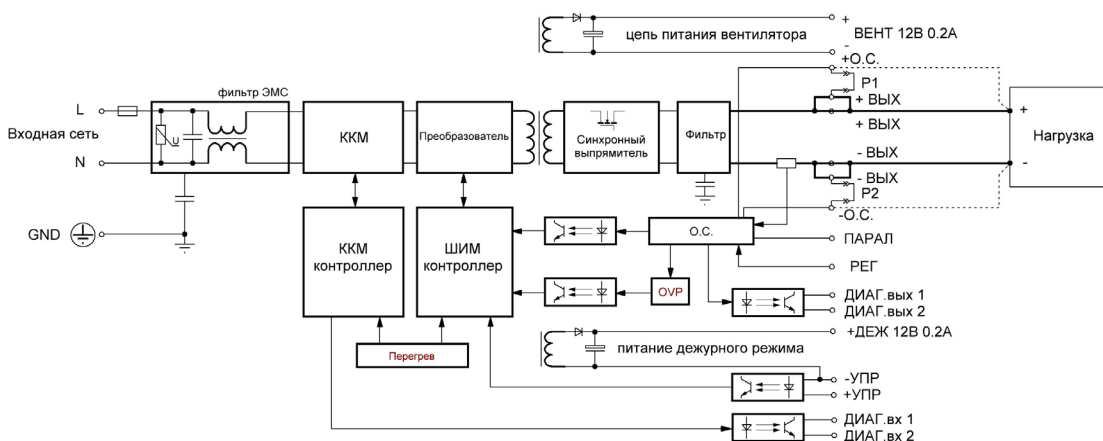


Рис.3.2. Структурная схема модуля MAA2000

3.2. ПАРАЛ (PARAL) вывод предназначен для распределения токов между соединенными параллельно по выходу работающими источниками питания путем активного выравнивания выходных напряжений, аналог Active Current Sharing. Подробное описание параллельной работы с помощью вывода ПАРАЛ приведены в 6.3.

3.3. ДИАГ.вых – вывод диагностики выходного напряжения. Наличие напряжения на этом выводе отображает работоспособность модулей, ДИАГ имеет 2 состояния:

– низкий уровень (0-1 В), источник питания включен, выходное напряжение находится в номинальном диапазоне;

– высокий уровень (5 В), источник питания не работает.

В серии МАА выход ДИАГ представляет собой выход компаратора, с порогами $\pm 10\%$ от номинального выходного напряжения.

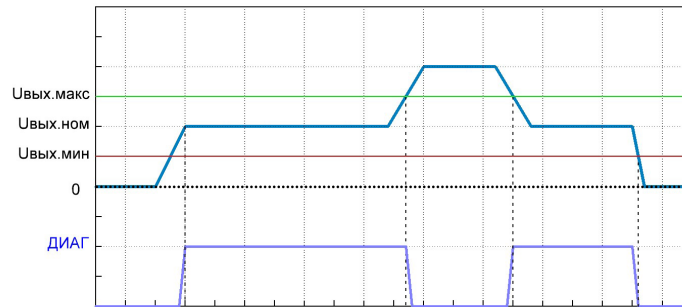


Рис.3.3. Временная диаграмма работы вывода ДИАГ.

3.4. ДИАГ.вх (DIAG in) – вывод диагностики состояния питающей сети. Выход представляет собой оптически гальванически развязанный сухой контакт (30 В 100 мА макс) (выход транзистора оптопары), который «замкнут» при соответствии входного напряжения модуля заданным в ТУ значениям. При выключенном модуле питания с помощью входа дистанционного управления, а также в случае аварийного режима работы, состояние вывода диагностики не определено транзистор закрыт.

3.5. Выносная обратная связь (О.С.)

Для компенсации падения напряжения на проводниках нагрузки целесообразно воспользоваться функцией выносной обратной связи (ОС). ОС – выносная обратная связь, применяется в модулях серии МАА мощностью более 300 Вт. Представляет собой вход цепей обратной связи стабилизации выходного напряжения. Вход предназначен для компенсации падения напряжения на проводниках нагрузки и стабилизации напряжения непосредственно на удаленной нагрузке.

Модули могут выпускаться с установленными переключками Р1 и Р2, также могут использоваться без дополнительных цепей. Для активации работы ОС необходимо снять с модуля переключки Р1 и Р2 и подключить дополнительными проводниками выводы ОС непосредственно к нагрузке. При этом схема обратной связи по напряжению в модуле автоматически будет поддерживать стабильное напряжение на удаленной нагрузке, компенсируя потери напряжения на ее проводниках. При работающей ОС напряжение на выходе модуля будет изменяться динамически. Компенсация падения напряжения может составлять до 5 % - 10 %.

Функция ОС полезна для следующих случаев:

- нагрузка достаточно удалена от модуля и нет возможности уменьшить это расстояние. Вызванное этим падение напряжения на подводящих проводах уменьшает напряжение на нагрузке, увеличивает пульсации и ухудшает ЭМС;
- нагрузка имеет импульсный характер.

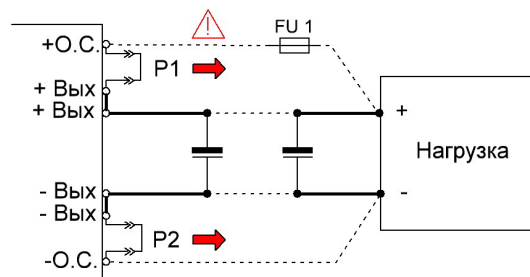


Рис.3.4. Подключение удаленной нагрузки

Для повышения устойчивости к электромагнитным помехам подключение ОС к нагрузке осуществляется витой парой проводников. Т.к. основной ток нагрузки по данной линии не течет, сечение проводников обратной связи может быть минимальным, но не менее 0,15 мм². В случае, когда функция выносной обратной связи не используется, выводы «+ОС» и «-ОС», необходимо напрямую соединить с выводами «+Увых1» и «-Увых1» соответственно.

⚠ Если переключки Р1 и Р2 не будут установлены, а выводы ОС останутся не подключенными на нагрузку или замкнутыми на выходные контакты, модуль перейдет в режим «икания» (включения-отключения) с пиками напряжения выше, но не более 1,25 от номинального. Это связано с отсутствием сигнала обратной связи и срабатыванием защиты от перенапряжения.

- Рекомендуется устанавливать предохранитель FU1 на ток от 0,05 до 0,1 А в цепи выносной обратной связи для исключения выхода из строя

цепей управления при обрыве цепи нагрузки (при включенных цепях ОС).

- При наличии протяженных линий связи длиной более 20 см от выводов модуля электропитания до разъемов или питаемых функциональных узлов необходимо устанавливать керамические конденсаторы емкостью от 0,47 до 1,5 мкФ соответствующего напряжения на пути следования линий связи в соответствии с рисунком 3.5.

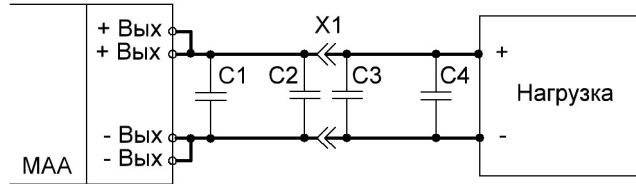


Рис.3.5. Схема подключения нагрузки к модулю электропитания при наличии протяженных линий связи

3.6. Дистанционное отключение (УПР)

Вывод дистанционного отключения УПР присутствует в модулях серии МАА мощностью более 150 Вт. Для отключения модуля необходимо подать на выводы УПР постоянное напряжение 3,5...5 В, после снятия напряжения на выводах УПР работа модуля восстановится.

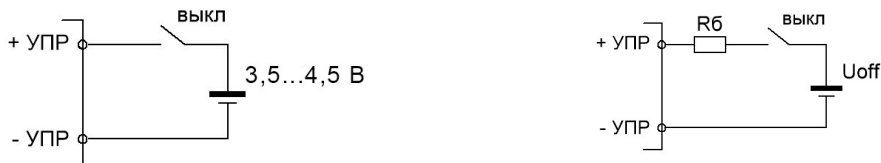


Рис. 3.6.

При работе с выводами УПР от источника напряжения более 5 В необходимо использовать токоограничивающий резистор R6, рассчитываемый по формуле:

$$R6 = (U_{off} - 5)/10 \text{ (кОм)}$$

Ток через выводы УПР необходимо ограничивать до уровня 10...15 мА.

Допускается объединять выводы -УПР и -ВЫХ и подавать отключающее напряжение относительно -ВЫХ. Время установления выходного напряжения первого канала модулей электропитания с момента подачи входного напряжения, а для модулей электропитания, имеющих функцию ДУ – с момента подачи управляющего сигнала на выводы ДУ, не более:

- 0,5 с (для модулей с номинальной выходной мощностью 500 Вт и менее);
- 1,5 с (для модулей с номинальной выходной мощностью 800, 1000 Вт);
- 2 с (для модулей с номинальной выходной мощностью 1200, 1500, 3000 Вт).

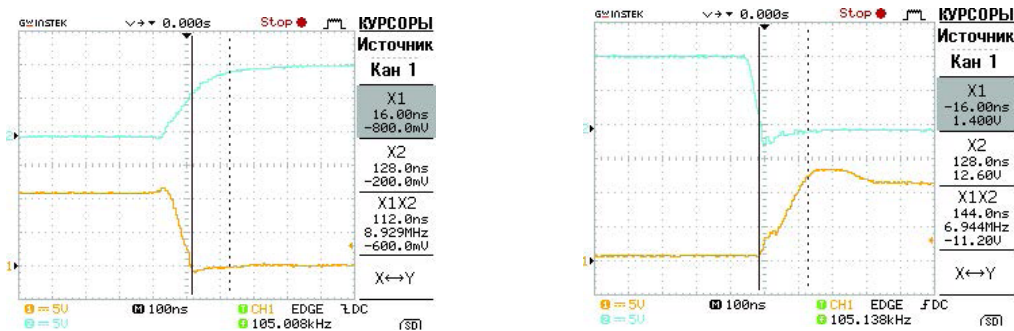


Рис. 3.7. Временные диаграммы включения и отключения модуля МАА1500-1С24СГН постоянным напряжением на выводах УПР.

3.7. Вывод источника дежурного питания ДЕЖ (Std-by src) 12 В 0,2 А, гальванически развязанный от выводов модуля, используется для питания внутренних цепей управления. Напряжение вывода ДЕЖ используется для питания слаботочной схемы дежурного питания в аппаратуре, а также запуска модуля при помощи вывода УПР. Минусовой вывод ДЕЖ объединён внутри модуля с -УПР.

Напряжение на выводе ДЕЖ присутствует постоянно, пока модуль подключен к сети и не отключается по входу УПР. Применение вывода ДЕЖ удобно для дистанционного отключения без применения дополнительного источника питания. Варианты использования вывода ДЕЖ для отключения модуля с помощью контактов реле или транзистора показаны на рисунках 3.8.

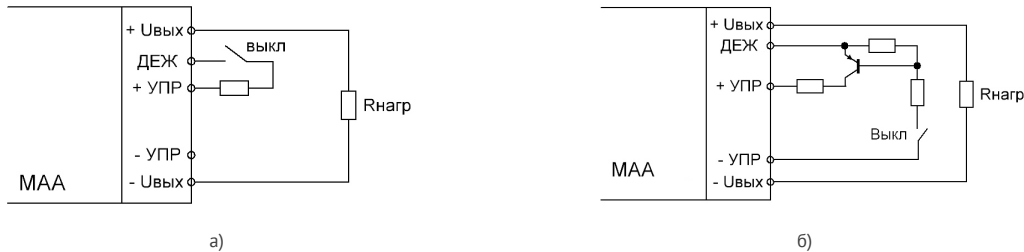


Рис. 3.8. Отключение модуля с помощью вывода ДЕЖ

На рис.3.8б модуль отключится при замыкании выкл на -Uвых.

3.8. Вывод питания вентилятора охлаждения ВЕНТ (FAN) 12+3 В 0,2 А.

Напряжение на выводе +ВЕНТ нестабилизированное, гальванически развязанное от остальных выходов модуля. Присутствует в модулях МАА мощностью от 400Вт и более. Напряжение Uвент может использоваться как дополнительный канал выходного напряжения при условии превышения выходного тока и отсутствия требованиям к стабильности и пульсациям.

Напряжение на выводе ВЕНТ отключается по входу УПР одновременно с основным.

Для серии МАА-СГ подключение производится кабельной розеткой DS1070-3 F HU-3 с шагом между контактами 2,54 мм.

3.9. Регулировка выходного напряжения (РЕГ)

Регулировка выходного напряжения модулей электропитания в диапазоне не менее $\pm 10\%$ выводом «РЕГ», может осуществляться внешним потенциометром по схеме на рис. 3.9.

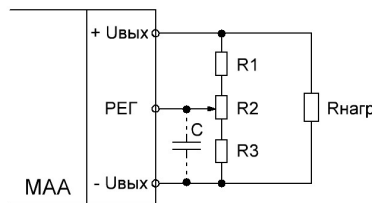


Рис. 3.9. Подключение внешних резисторов для регулировки выходного напряжения

Номиналы резисторов делителя R1, R2, R3 следует выбирать такими, чтобы при перемещении движка R2 из верхнего по схеме положения в нижнее, напряжение Uупр на выводе «РЕГ» изменялось от максимального до минимального для соответствующих минимального и максимального значений выходного напряжения Uвых. Кроме того, номиналы резисторов делителя не должны быть слишком большими, чтобы обеспечить втекающий или вытекающий ток Iупр., например, путем подключения вывода «РЕГ» через резистор к выводу «-Uвых1» для увеличения выходного напряжения или к выводу «+Uвых1» для уменьшения выходного напряжения. Номинал резистора указывается в паспорте модуля.

Также возможно изменение выходного напряжения при помощи только одного из резисторов делителя.

В случае необходимости управления выходным напряжением модуля сигналом внешнего источника напряжения, например, в микроконтроллерных автоматизированных системах управления с помощью сигнала ЦАП, внешний сигнал напряжения необходимо подавать на вывод регулировки относительно вывода «-Uвых1», в соответствии с рис.3.10.

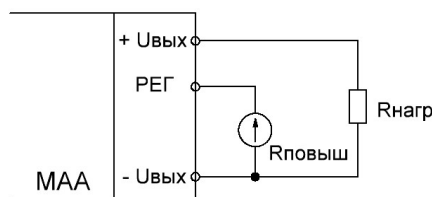


Рис. 3.10. Подключение внешнего источника напряжения для регулировки выходного напряжения модуля электропитания.

⚠ При использовании функции регулировки выходного напряжения необходимо выполнять следующие требования:

- недопустимо использование модулей электропитания с выходным напряжением, выходящим за пределы, указанные в технической документации. Чрезмерное увеличение выходного напряжения может привести к перегрузкам выходных каскадов модуля электропитания, чрезмерное уменьшение – к нестабильному запуску. Все это снижает надежность работы модуля электропитания;

- при увеличении выходного напряжения модуля электропитания максимальный выходной ток пропорционально снижается. Увеличение выходного тока при снижении выходного напряжения может привести к перегрузке выходных каскадов по току и к увеличению уровня пульсаций выходного напряжения. Например, для модуля электропитания мощностью 150 Вт с номинальным значением выходного напряжения 15 В и допустимым диапазоном регулирования выходного напряжения $\pm 10\%$ (13,5 В...16,5 В) выходной ток для крайних значений выходного напряжения составит $150 \text{ Вт} / 15 \text{ В} = 10 \text{ А}$ и $150 \text{ Вт} / 16,5 \text{ В} = 9,09 \text{ А}$ соответственно;
- вывод регулировки является точкой, обладающей высокой чувствительностью к помехам. При включенном модуле электропитания во избежание возбуждения схемы обратной связи модуля электропитания не допускается касание вывода регулировки руками, паяльником, или какое-либо другое воздействие, которое может вызвать наведение помех на этот вывод;
- при наличии протяженной цепи внешней регулировки рекомендуется соединять вывод «РЕГ» с выводом «-Uвых1» емкостью небольшой величины (C1 на рис.3.9). Рекомендуемая величина емкости C1 составляет около 0,47 мкФ.

4. Защиты МАА:

Все источники питания МАА содержат набор встроенных защит от аварийных условий эксплуатации во входных и выходных цепях, а также тепловую защиту.

Входные защиты:

4.1. Защита от короткого замыкания на входе модуля (перегрузка сети по току) – входной плавкий предохранитель. Срабатывает при возникновении выбросов напряжения питающей сети выше заявленных диапазонов переходных отклонений, а также аварийных режимов модуля, приводящих к перегрузке питающей сети по току. При сгорании плавкого предохранителя источник питания больше не запустится.

4.2. Защита модуля от бросков питающего напряжения (варистор).

При кратковременном воздействии бросков входного напряжения (десять мс) выше максимально допустимого защищает модуль от выхода из строя. При длительном воздействии (сотни мс) повышенного входного напряжения (выше заявленных диапазонов переходных отклонений) варистор нелинейно снижает внутреннее сопротивление и приводит к сгоранию входного предохранителя, источник питания больше не запустится. Максимальное допустимое рабочее напряжение указано в даташите.

Выходные защиты:

4.3. Защита источника питания от КЗ в нагрузке.

При возникновении КЗ в нагрузке модуль включается на короткий промежуток времени и после обнаружения аварийной ситуации отключается на интервал времени. Этот цикл повторяется либо до отключения питания, либо до снятия КЗ на выходе. Такой режим называется режимом релаксации. Для каждой модели модулей времена включенного состояния и паузы между включениями имеют различные значения. При снятии КЗ работа восстанавливается.

⚠ Для предотвращения выхода модуля из строя не рекомендуется длительное включение при коротком замыкании на выходе. Идентифицировать режим КЗ можно при подключении к выходу прибора измерения напряжения (осциллографа) и измерением напряжения во включенном состоянии напряжения, в интервалах включения будет минимальным, не более 1-2 В (рис.4.1).

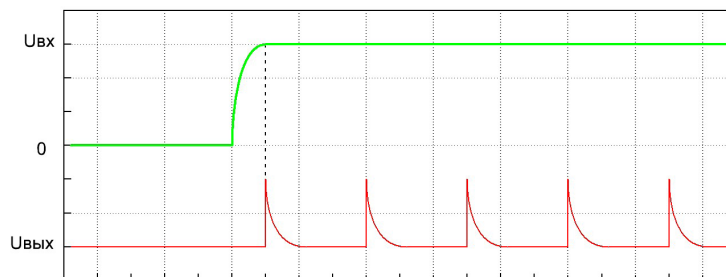


Рис.4.1. Работа модуля в режиме КЗ

Интервалы времени включенного состояния и паузы между пусками зависят от выходной мощности и напряжения блока, а также напряжения во входной сети.

⚠ Важно помнить, что для модулей большой мощности (400 Вт и выше) линия связи достаточной длины (а с низким выходным напряжением даже относительно короткая) может выполнять роль нагрузки и затруднять определение режима КЗ. При этом модуль хоть и уменьшит выходное напряжение (за счет схемы ограничения тока), но будет выдавать в нагрузку полную мощность. Поэтому в случае необходимости защиты и предотвращения аварийных ситуаций, потребитель постоянного тока должен иметь собственную схему защиты.

4.4. Защита от превышения выходного тока.

При превышении выходного тока выше значения, соответствующего выходной мощности $(1,2-1,8) \cdot P_n$, модуль перейдет в режим ограничения выходной мощности. В этом режиме при дальнейшем увеличении нагрузки (снижении ее сопротивления), выходное напряжение будет уменьшаться, ограничивая выходной ток.

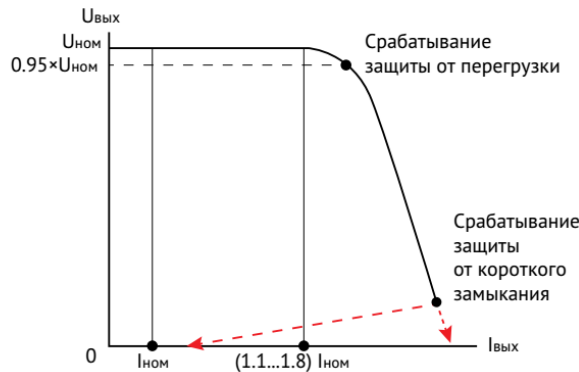


Рис.4.2. Выходная характеристика

4.5. Защита от превышения выходного напряжения.

При возникновении неполадок в цепях выносной обратной связи, либо обрыве проводников ОС, выходное напряжение может перестать контролироваться модулем и превысить установленное значение. Для предотвращения выхода из строя подключенной к модулю аппаратуры, присутствует схема отключения выходного напряжения при достижении критического значения выходного напряжения, не более $1,25 \cdot U_n$. При срабатывании защиты от перенапряжения, модуль переходит в режим релаксации. Идентифицировать этот режим можно при помощи измерения осциллографом напряжения во включенном состоянии. В интервалах включения выходное напряжение будет выше максимально указанного в ДШ напряжения.

⚠️ Следует помнить, что стандартные вольтметры и мультиметры в импульсном режиме будут давать неверные (заниженные) показания.

4.6. Тепловая защита защищает блок от перегрева при отказе системы охлаждения. Термодатчик установлен внутри модуля возле самого разогревающегося участка. При увеличении температуры корпуса либо участка схемы блока выше температуры срабатывания тепловой защиты происходит отключение блока. При срабатывании тепловой защиты блок отключается, напряжение на выходе будет отсутствовать до снижения температуры корпуса ниже порога срабатывания тепловой защиты на 5-15 градусов, после чего произойдет повторное включение.

Температуру срабатывания тепловой защиты смотрите в даташите на конкретный модуль.

⚠️ В некоторых режимах эксплуатации при отсутствии правильного охлаждения (охлаждение на пластину без оребрения, охлаждение на радиатор недостаточной толщины основания, неравномерный прижим к радиатору, прижим к радиатору без теплопроводящих паст либо теплопроводящих прокладок, охлаждение обдувом воздуха без применения радиатора) и/или эксплуатируя модуль в нестандартных режимах, при которых тепло на дне модуля не будет распределяться равномерно, возможно образование перегретых участков, не контролируемых встроенным термодатчиком. Таким образом, модуль можно вывести из строя перегревом.

Учитывая данные условия, срабатывание или несрабатывание штатной термозащиты при неправильной эксплуатации модуля не гарантирует сохранения его работоспособности.

5. Подключение и работа

5.1. Установка

Перед включением модуля, требующего охлаждения, необходимо установить теплоотводящим дном на теплоотводящее основание, обеспечивающее рабочую температуру основания модуля или на радиатор. При монтаже модуля на теплоотвод рекомендуется наносить теплопроводящую пасту типа КПТ-8 слоем не более 0,5 мм, распределяя равномерно по всей поверхности теплового контакта.

⚠️ Следует помнить, что качество теплового контакта ухудшается с увеличением слоя теплопроводящей пасты (увеличивается тепловое сопротивление корпус-радиатор). Теплопроводящая паста необходима для заполнения мелких царапин, неровностей и шероховатостей соединяющихся теплопроводящих поверхностей.

5.2. Подключение

Толщину фольги, ширину трасс для печатных плат или сечение проводников, с помощью которых осуществляется подключение, необходимо выбирать исходя из величины входных и выходных токов модуля электропитания. Их длину необходимо делать как можно меньше. Силовые цепи и цепи управления аппаратуры необходимо разнести как можно дальше друг от друга на плате или в пространстве. Это необходимо для исключения наводок с силовых цепей на управляющие, следствием чего может стать неконтролируемое появление избыточных пульсаций выходного напряжения.

Недопустимо размещение под модулем электропитания каких-либо проводников, чтобы исключить возможность наводок от модуля электропитания на цепи управления аппаратуры.

⚠ Предостережения:

1. Запрещается производить монтаж и подключение модулей питания к электрическим цепям, находящимся под напряжением.
2. Запрещается включать модули электропитания во время проверок с помощью контактных устройств, допускающих дребезг контактов.
3. Необходимо обеспечить возможность внешнего отключения модуля от сети переменного тока. Отключающие устройства должны иметь зазор между контактами не менее 3 мм.
4. Категорически запрещается эксплуатация модуля при токах нагрузки, превышающих максимальное значение.
5. Заземление корпуса модулей электропитания через вывод «КОРПУС» должно осуществляться проводником сечением от 1,5 до 2,5 мм², длиной не более 60 мм.

5.3. Параллельная работа

Модули МАА400-МАА3000 имеют возможность параллельной работы за счёт встроенных цепей активного выравнивания выходных токов. Эта опция позволяет увеличить суммарную выходную мощность, а также при помощи внешних диодов получить систему N+1 резервирования. Выравнивание выходных токов осуществляется встроенными цепями и активируется соединением у параллельно работающих модулей вывода ПАРАЛ. В данной главе приведены рекомендации и указания для правильного параллельного включения модулей и использования вывода ПАРАЛ.

⚠ Выравнивание токов становится активным при суммарной нагрузке более 40 % от полной. При меньшей нагрузке ток течет через один из модулей, остальные работают на холостом ходу или с минимальным выходным током. Такая ситуация является нормальной и не приводит к выходу из строя всей системы.

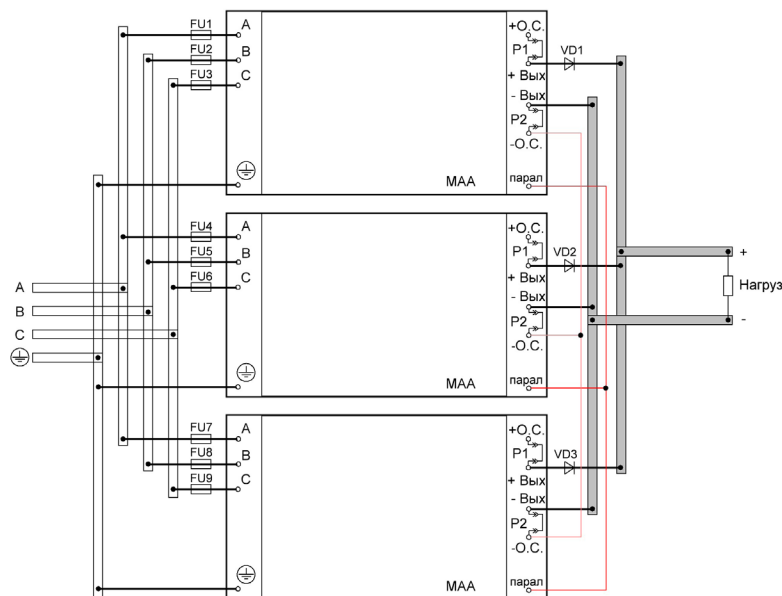


Рис.5.1. Параллельное соединение

Соединить ПАРАЛЫ и ОС с одного модуля на нагрузку и между модулями. В качестве разделительных диодов необходимо применять диоды Шоттки, имеющие минимальное прямое напряжение падения. Их максимальное обратное напряжение должно быть в 1,5-2 раза больше, чем номинальное выходное напряжение модулей электропитания. Максимальный допустимый прямой ток диодов должен превосходить не менее, чем в два раза номинальный выходной ток одного модуля электропитания.

Предохранители на входе и выходные разделительные диоды изолируют неисправный модуль от системы электропитания в случае его отказа.

⚠ Напряжение на выводе «ПАРАЛ» относительно «-Увых1» при 50 % нагрузке модуля электропитания должно быть одинаковым у всех модулей, включаемых параллельно с разбросом не более 5 %.

⚠ Несмотря на наличие системы активного выравнивания токов, для того чтобы система параллельно включенных модулей работала

корректно, необходимо выполнить следующие условия:

- для параллельной работы рекомендуется использовать модули электропитания с одинаковым номинальным выходным напряжением, имеющие раз-брос не более $\pm 2\%$, желательно одной партии. Система параллельной работы сбалансирует такие модули.
- модули электропитания должны располагаться в непосредственной близости друг от друга;
- выводы модулей необходимо развязывать между собой при помощи последовательно включенных разделительных диодов Шоттки и предохранителей. Разделительные диоды и предохранители должны кратчайшим путем соединяться с соответствующими клеммами или ножами модулей. Диоды рекомендуется располагать на одном теплоотводящем основании, таким образом их температура и прямое падение напряжения будут выравниваться. Допускается использовать диодную сборку (несколько диодов в одном корпусе);
- проводники, соединяющие выходные выводы модулей со сборными шинами, должны быть одинаковыми, минимальной длины и большого сечения. При этом особое внимание следует обратить на «минусовые» выходы модулей электропитания. Подключение в «минусовые» выходные цепи разделительных диодов и токоизмерительных резисторов не допускается;
- сборные шины должны проходить в непосредственной близости от выходных штырей модуля и иметь сечение в N раз большее, чем проводники, соединяющие модули с шиной, где N - количество модулей, включенных параллельно;
- соединение сборных шин с нагрузкой должно находиться в средней части шин;

В зависимости от выходного напряжения и прочих влияющих факторов модули, соединенные параллельно, могут выдавать разную мощность. Во избежание перегрузки отдельных модулей с учетом возможного технологического разброса параметров, разницы температур, нестабильности входного напряжения и т.п. следует оставлять запас по мощности в 30 %. Следовательно, при работе нескольких модулей мощность увеличится в:

$$P_{\text{сумм}} = 0,7 \cdot N \cdot P_{\text{макс}}$$

Например, 2 включенных параллельно источника питания МАА1000 при увеличении мощности выдадут суммарную мощность не

$$2 \cdot 1000 = 2000 \text{ Вт, а } 1000 \cdot 2 \cdot 0,7 = 1400 \text{ Вт.}$$

При правильном параллельном подключении модулей электропитания на номинальной суммарной выходной мощности разбаланс выходных токов модулей не превышает 15 %.

Таблица 6.1. Значение тока, потребляемого от сети

Индекс сети; Un, В	Значение тока, потребляемого от сети в момент включения, А при номинальной выходной мощности, Вт											
	МАА30	МАА60	МАА75	МАА800	МАА1000	МАА1200	МАА1500	МАА2500	МАА3000	МАА500 3Ф	МАА1500 3Ф	МАА3000 3Ф
К (115)	2,64	5,2	6,5	52,8		79,2						
С (230)	0,7	1,5	1,9	15	18,7	22,5	28,1		56,2			
Ц (230)	2,2	4,3	6,5	44		66		75				
Т (380) 3Ф										9,4	28,1	56,2
П (220) 3Ф										18,8	5,2	112,4

5.4. Резервирование

При создании систем резервирования питания целью является переключение параллельно соединенных источников между различными питающими сетями без переходных процессов, а не увеличение мощности. Существуют активные и пассивные схемы резервирования.

При активной (холодной) схеме резервирования постоянно включенным остается основной источник питания, подключенный к основной сети. При отказе сети либо источника питания, к нагрузке коммутируется резервный источник питания, запитанный от резервной сети. Активная схема резервирования обеспечивает малую потребляемую мощность в режиме ожидания, т. к. резервный источник питания при питании от основной сети отключен. Такая схема неэффективна, т. к. основной недостаток – наличие переходного процесса при переходе на резервную сеть, обусловленный суммарным временем включения резервного источника питания и временем срабатывания коммутатора.

При пассивной схеме резервирования основной и резервный источники питания включены постоянно и соединены по выходу параллельно аналогично параллельному соединению с различием в том, что входы модулей подключены к различным сетям – основной и резервной. При отказе одной из сетей переход на другую осуществляется без переходных процессов в силу параллельного соединения модулей без коммутирующих элементов.

Для перевода одного из источников в режим холостого хода его выходное напряжение отстраивается на 0,7-1 В меньше напряжения основного источника. При переходе с основного на резервный модуль произойдет без переходных процессов с изменением выходного напряжения на 0,7-1 В. Недостатком такой схемы является постоянное потребление мощности холостого хода ненагруженным блоком.

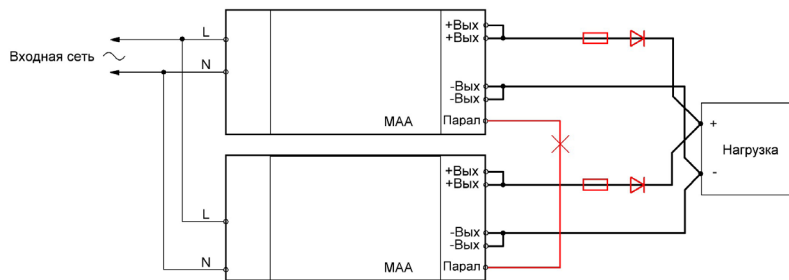


Рис.5.2. Резервирование МАА

⚠ При резервировании вывод ПАРАЛ использовать не нужно!

В отличие от параллельной работы при использовании пассивной схемы резервирования мощность нагрузки необходимо выбирать менее одного из параллельно включенных блоков. Если мощность нагрузки будет больше мощности единичного модуля, то при отказе одной из сетей вся мощность приложится к одному источнику питания, что приведет к его отказу, переходу в режим ограничения выходного тока (снижению выходного напряжения) или токовой защиты.

5.5. Последовательное соединение

Модули МАА могут соединяться последовательно по выходу для увеличения выходного напряжения, а также для получения двухполярного напряжения. Последовательно соединять допускается как выходные каналы одного модуля, так и выходы различных модулей.

Приведенные схемы включений можно использовать для получения повышенных напряжений суммированием напряжений каналов как показано на рисунке 5.3.

При последовательном включении модули могут быть различной мощности, однако выходной ток будет ограничен меньшим из модулей..

⚠ При последовательном соединении не допускается соединение выводов ПАРАЛ.

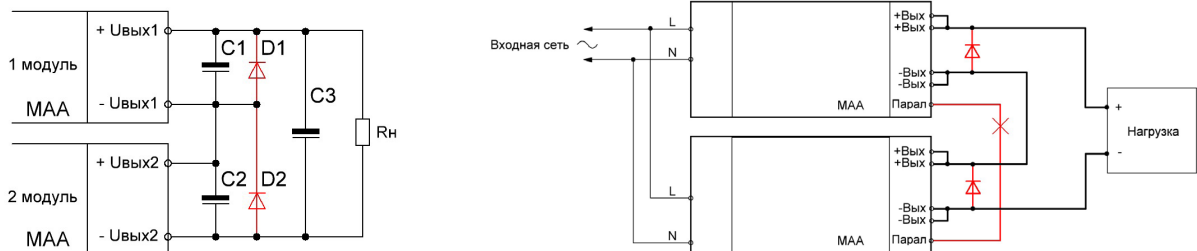


Рис.5.3. Пример получения высоких напряжений суммированием напряжений каналов.

При последовательном включении следует иметь в виду, что:

- Для защиты от приложения напряжения обратной полярности к выходам преобразователей при одновременном пуске либо выходе из строя необходимо использовать обратно включенные защитные диоды (VD1 и VD2 на рис.5.3). Обратное напряжение диодов должно быть на 30% больше суммарного напряжения каналов, а ток соответствовать выходному току модулей.
- Ток нагрузки не должен превышать номинальный выходной ток каждого модуля.
- При последовательном соединении следует учитывать возможное увеличение нестабильности и помех выходного напряжения.

5.6. Формирование двухполярного напряжения

Для получения двухполярного напряжения соединять последовательно допускается как выходные каналы одного модуля, так и выходы различных модулей, в т.ч. разной мощности. На рисунке 5.4. показаны примеры получения двухполярного выходного напряжения модуля с двумя гальваническими развязанными выходами двухканального модуля и от двух одноканальных модулей.

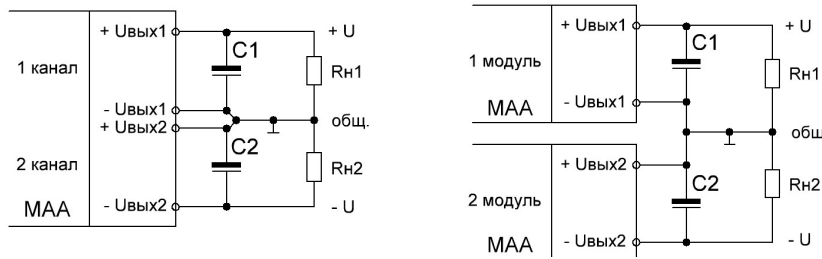


Рис. 5.4. Примеры получения двухполярного выходного напряжения

⚠ При последовательном соединении не допускается соединение выводов ПАРАЛ.
Подстройка выходного напряжения производится только встроенным потенциометром.

5.7. Особенности питания различных нагрузок: работа на импульсную и емкостную нагрузку

На выходе модулей установлены конденсаторы, обеспечивающие заявленный уровень пульсаций выходного напряжения при номинальной нагрузке. Однако существует ряд применений, при которых нагрузка имеет импульсный характер и изменяется ступенчато в широких пределах, например передатчики РЛС. Такой режим работы является несвойственным для большинства источников питания, выходное напряжение отклоняется из-за ограниченного времени реакции обратной связи. Такое отклонение называется переходным и для серии МАА составляет не более $\pm 10\%$ как в большую, так и в меньшую стороны при длительности изменения нагрузки не менее 0,5 мс..

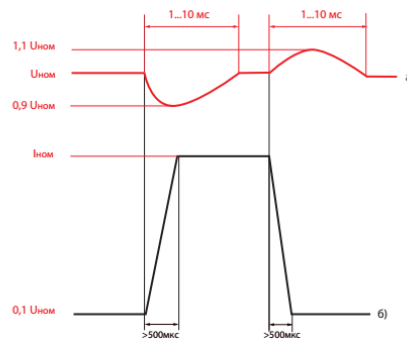


Рисунок 5.5. Переходное отклонение выходного напряжения при импульсной нагрузке (а – выходное напряжение, б – ток нагрузки)

При работе модулей электропитания на динамическую нагрузку с целью уменьшения динамической нестабильности необходимо выходные выводы шунтировать дополнительными буферными конденсаторами. Динамическая нестабильность источника питания будет скомпенсирована энергией, отдаваемой из буферного накопителя в нагрузку в течение времени реакции обратной связи.

Буферная емкость также способствует увеличению времени удержания выходного напряжения при отсутствии входного (hold-up time).

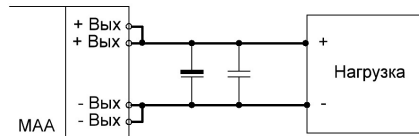


Рис. 5.6. Подключение выходных конденсаторов

Необходимо принимать во внимание, что модули электропитания имеют встроенную защиту от короткого замыкания в нагрузке мгновенного действия, поэтому даже кратковременное превышение номинальной выходной мощности воспринимается модулем электропитания как режим короткого замыкания. Величины емкости на выходе модуля электропитания $S_{вых}$, превышающие допустимые значения, а также работа на энергоемкие нагрузки (реле, электродвигатели), приводящие к кратковременному превышению номинальной выходной мощности, могут привести к невозможности запуска модуля электропитания и переходу его в рабочий режим. При таких условиях модуль будет работать в режиме «икакания»: запускаться на короткий интервал времени до срабатывания защиты, выдерживать паузу повторного пуска и при следующем пуске снова уходить в защиту.

В таблице 5.3 приведены значения максимальной суммарной емкости конденсаторов $S_{вых}$, при которой обеспечиваются параметры времени запуска и максимальная суммарная величина емкости конденсаторов $S_{мах}$, при которой еще происходит запуск модулей.

⚠ При увеличении расстояния от батареи конденсаторов до модуля или нагрузки растут сопротивление и индуктивность подводящих проводов, из-за чего эффективность применения конденсаторов падает.

Номинальная выходная мощность, Вт	Номинальное значение выходного напряжения, В							
	5 В	9 В	12 В	15 В	24 В	27 В	свыше 27...28 В	
	Свых, мкФ	Свых, мкФ	Свых, мкФ	Свых, мкФ	Свых, мкФ	Свых, мкФ	Свых, мкФ	Смакс, мкФ
МАА30	7500	5700	3900	2500	1000	830		
МАА50	7500	5700	3900	2500	1000	830		
МАА60, 75	15000	11500	7800	5000	2000	1660		
МАА200, 250	45000	135000	15000	45000	5000	15000	1667	5000
МАА300, 400	60000	180000	20000	60000	6667	20000	2222	6667
МАА600, 800			26000	78000	8667	26000	2889	8667
МАА900, 1200			33000	99000	11000	33000	3667	11000
МАА1500			33000	99000	11000	33000	3667	11000
МАА3000					12100	36500	4000	12100

Таблица 5.3 - Максимальная суммарная емкость шунтирующих конденсаторов

5.8. Снижение пусковых токов модулей

При подключении импульсного источника питания к питающей сети происходит бросок потребляемого тока, обусловленный зарядом внутренних конденсаторов большой емкости и значительно превышающий величину входного тока в установившемся режиме. Высокий пусковой ток приводит к выходу из строя предохранителей или ложному срабатыванию цепей защиты, автоматических выключателей.

Ограничение пускового тока до заявленной величины реализовано во входной цепи блоков встроенным терморезистором с отрицательным температурным коэффициентом, NTC-термистором, однако в конкретных применениях этого может оказаться недостаточно.

Дальнейшее снижение пускового тока возможно:

- применением во входной цепи пассивного токоограничения: дополнительного внешнего NTC-термистора, либо другого токоограничивающего элемента;
- запуском модуля при помощи дистанционного отключения, выводы ДУ.

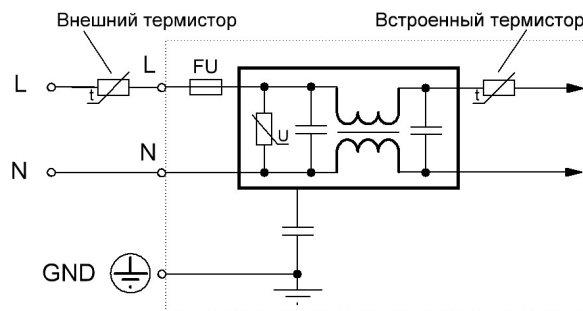


Рис. 5.7. Пассивное ограничение пускового тока при помощи внешнего термистора.

Ограничение пускового тока при помощи NTC-термистора основано на изменении его сопротивления от собственного разогрева при протекании через него тока питающей сети. При низких температурах корпуса NTC-термистор имеет номинальное сопротивление (единицы или десятки Ом), и является резистивным ограничителем тока. В начальный момент времени конденсатор разряжен и ток заряда максимален. Протекающий импульс зарядного тока ограничивается сопротивлением термистора, приводя к его разогреву. При повышении температуры до рабочих значений (более 80°C), сопротивление термистора снижается до долей Ом, выделяемая на нем мощность минимальна. При таком сопротивлении падение напряжения на термисторе минимально и соизмеримо с падением на предохранителе. К этому времени конденсатор уже заряжен и источник питания может работать на номинальной мощности.

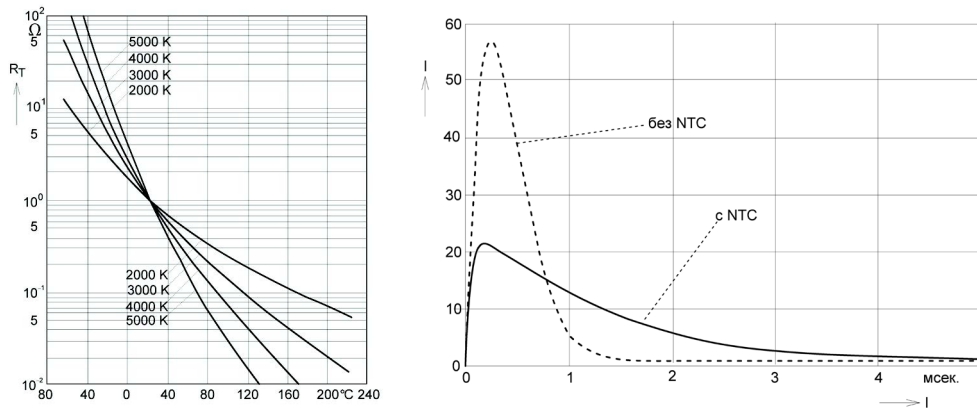


Рис. 5.8.

Основными параметрами для выбора NTC-термистора являются:

- сопротивление при температуре 25°C;
- номинальный ток;
- диапазон рабочих температур.

Сопротивление и мощность термистора выбирается с учетом протекающего через него тока и условий окружающей среды. При этом необходимо учитывать, что термистор вводит дополнительные потери, снижает напряжение на входе модуля и КПД.

При срабатывании цепей защиты питающей сети (автоматических выключателей и предохранителей) при пуске модулей рекомендуется устанавливать приборы защиты с меньшей чувствительностью к импульсным токам: автоматические выключатели классов C и D, а также плавких предохранителей медленного типа.

Максимальный ток входного предохранителя выбирают исходя из минимального входного напряжения и максимальной выходной мощности, учитывая КПД. При подключении модуля к входной сети происходит бросок потребляемого тока значительно превышающий величину входного тока в установившемся режиме. Поэтому следует использовать «медленные» предохранители, обладающие достаточным временем срабатывания и удовлетворяющие требованиям безопасности.

Предохранители должны быть рассчитаны на ток не менее 3·I_{нкл}. При этом значение интеграла Джоуля (A2·с) предохранителя не должно быть менее указанного в таблице 5.4.

Таблица 5.4. Значение интеграла Джоуля в зависимости от мощности модуля и величины номинального входного напряжения

Индекс сети/ номинальное напряжение, В	Интеграл Джоуля, A2·с при номинальной выходной мощности, Вт / Тип модуля														
	20	30	50	60	150	180	300	400	600	800	900	1000	1200	1500	3000
K(115)	-	-	-	-	-	-	-	3,1	-	-	-	-	-	-	-
C (220)	3,5	3,5	4,4	4,4	13,7	13,7	9,6	9,6	19,3	19,3	397,7	19,3	397,7	397,7	397,7
T (380)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15,8	-
П (220)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	19,3	-

5.9. Снижение пульсаций выходного напряжения

Импульсные преобразователи по сравнению с модулями, работающими на сетевой частоте преобразования и линейной стабилизацией выходного напряжения имеют ряд преимуществ. Однако импульсный высокочастотный преобразователь напряжения является источником высокочастотных помех с широким спектром излучаемых частот. В силу принципа действия выходное напряжение импульсного преобразователя содержит пульсации и высокочастотный шум, которые могут создавать определенные проблемы при работе с чувствительной аппаратурой, например, приемопередающих модулей или усилителей слабых сигналов.

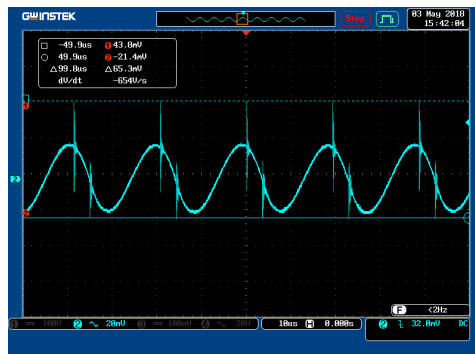


Рис.5.9. Осциллограмма пульсаций выходного напряжения при нагрузке 100 % и полосе пропускания 20 МГц для модуля МАА30-1Ц05СХХ

Источники питания серии МАА содержат выходные LC фильтры высокочастотных помех, обеспечивающие заявленный уровень пульсаций выходного напряжения. Для модулей продуктовой линейки составляет менее 2 %.

Для большего снижения пульсаций необходимо применять дополнительные внешние компоненты. В большинстве применений, где пульсации выходного напряжения необходимо снизить ниже заявленной величины, достаточно использовать дополнительный внешний фильтрующий конденсатор С1. При использовании слишком большой величины конденсатора, модуль может не запуститься из-за срабатывания схемы защиты от короткого замыкания. Предельные величины С1 указаны в таблице 5.3 в разделе 5.7.

В некоторых технически обоснованных случаях при работе с чувствительной к импульсным помехам аппаратуре djr возможно устанавливать на выход модулей электропитания дополнительные LC-фильтры (рис. 5.10).

Однообмоточные дроссели выполняются на сердечниках с высокой индукцией насыщения, например фирмы Magnetics из материала MPP, High Flux, Kool Mμ или аналогичных со значением магнитной проницаемости 125...160. Обмотка дросселя выполняется в один слой до равномерного покрытия сердечника. Также возможно использование готовых дросселей.

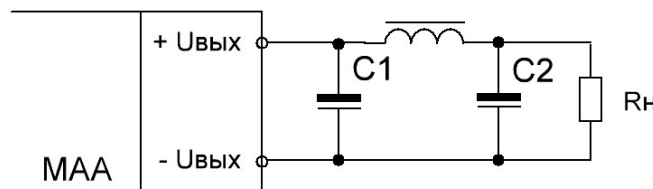


Рис.5.10. Пример подключения выходных фильтров

5.10. Улучшение ЭМС, применение фильтров МАА

Для уменьшения высокочастотных помех выходные выводы модуля электропитания рекомендуется шунтировать на землю керамическими Y-конденсаторами С2, С3 с соответствующим рабочим напряжением (рис.5.11)

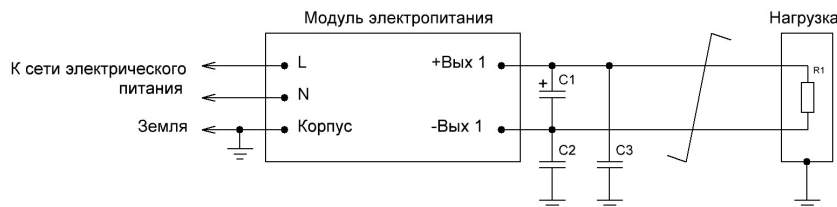


Рис.5.11. Уменьшение выходных пульсаций

R1 – эквивалент нагрузки.

Для улучшения ЭМС и снижения помех, излучаемых в сеть импульсным источником питания серии МАА, рекомендуется применять фильтры МАА-Ф и МРМ/МРР производства «КВ Системы».



Рис.5.12 (а). Фильтры МРМ/МРР

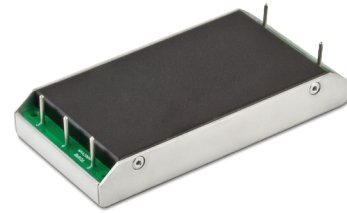


Рис.5.12(б). Фильтры МАА-Ф

Модуль	Ивых.макс , А
МРМ4-Х1АМ 1	1
МРР2-Х3АМ	3
МРР3-Х7,5АМ	7,5

Модуль	Ивых.макс , А
МАА200-1КФБХ	2
МАА200-1СФБХ	1
МАА600-1КФБХ	6
МАА600-1СФБХ	3
МАА2000-1КФБХ	18
МАА2000-1СФБХ	9

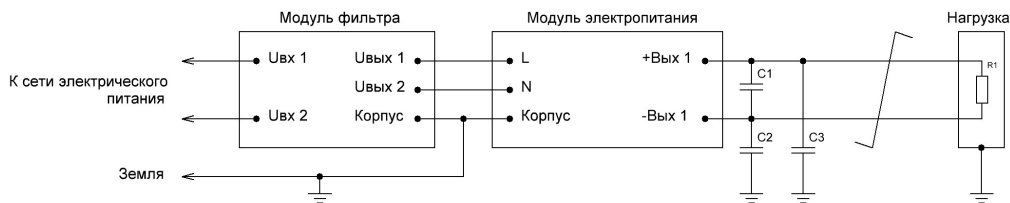


Рис.5.13. Рекомендуемая схема включения для улучшения ЭМС и снижения выходных пульсаций.

R1 – эквивалент нагрузки.

В случае если невозможно использовать модули фильтрации МАА-Ф для улучшения показателей электромагнитной совместимости (ЭМС) аппаратуры возможно подключение ко входу внешних помехоподавляющих фильтров как показано на рис. 5.14.

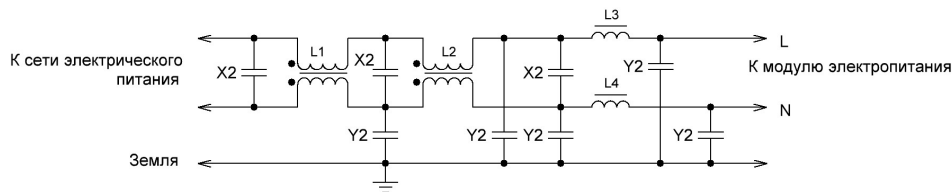


Рис. 5.14. Схема подключения ко входу модуля внешних помехоподавляющих фильтров

Дроссели L1, L2 предназначены для подавления синфазных помех модуля и выполняются на ферритовых сердечниках, имеющих высокое значение магнитной проницаемости (7000...20000), например, на кольцевых сердечниках Epsos из материала T35, T38. Обмотки дросселей L1, L2 располагаются на своей половине сердечника, количество витков в обмотках одинаковое. Индуктивность каждой из обмоток дросселя L1 составляет от 10 до 20 мГн. Индуктивность каждой из обмоток дросселя L2 составляет от 1 до 10 мГн.

Дроссели L3 и L4 предназначены для подавления дифференциальных помех модуля и представляют собой несколько витков, равномерно намотанных на кольцевом сердечнике с низкой магнитной проницаемостью (125..160). Индуктивность обмоток дросселей L3 и L4 может варьироваться в диапазоне от 10 до 100мкГн

Сечение проводов дросселей в схемах, приведенных на рисунке выбирается, исходя из величины максимального входного тока, т.е. допустимой величины падения напряжения на элементах фильтра.

5.11. Запуск модуля после длительного хранения

При хранении модулей более 12 месяцев, перед включением необходимо произвести процедуру поляризации электролитических конденсаторов звена постоянного тока путём подачи входного напряжения с выдержкой по времени. Это необходимо для того, чтобы в ёмкостях прошли электрохимические процессы восстановления электролита. Процедура поляризации выполняется для предотвращения выхода из строя электролитических конденсаторов сетевого фильтра при первом включении.

Процедура поляризации выполняется следующим образом:

1. Подключить модуль к стабилизированному источнику постоянного тока;
2. Установить на источнике ограничение тока, равное 10 % от максимального потребляемого тока.
3. Установить выходное напряжение источника 0 В.
4. Включить выход источника.
5. Плавно поднимать напряжение источника со скоростью 20 В/мин до максимального рабочего напряжения модуля на постоянном токе (допускается увеличивать напряжение источника ступенями по 10 В через каждые 30 с).
6. Выдержать модуль в течении 1 часа при максимальном напряжении.

5.12. Неправильная эксплуатация модулей

Примеры неправильной эксплуатации модулей электропитания и модулей фильтров.

Ниже приведены некоторые типичные ошибки потребителей при эксплуатации модулей электропитания и модулей фильтров, а также действия, приводящие к выходу их из строя:

- многократный изгиб выводов модулей электропитания;
- механическая подточка выводов для уменьшения их диаметра, длины или изменения геометрии;
- измерение выходного напряжения на нагрузке, на ответной части контактного устройства, а не на выходных выводах модуля электропитания, особенно для мощных модулей электропитания с большими выходными токами, при этом не учитывается падение напряжения в выходных цепях;
- измерение выходного напряжения на клеммах модуля при подключенной выносной обратной связи (при подключенных выводах +ОС и -ОС);
- приложение чрезмерного механического воздействия к модулю электропитания;
- превышение момента затяжки винтов при креплении модуля электропитания к теплоотводу, что приводит к повреждению его внутренней конструкции, компонентов внутри модуля электропитания и выходу из строя;
- перегрев выводов при пайке, превышение длительности пайки выводов. Это приводит к растеканию припоя внутри модуля электропитания по печатной плате, замыканию электрических цепей внутри модуля и отказу;
- пайка более двух гибких проводников на один вывод модуля электропитания;
- применение гибких проводников, сечение которых превышает сечение выводов модуля электропитания;
- нарушение условий хранения модуля электропитания, приводящее к преждевременному окислению его выводов;
- плохой тепловой контакт корпуса модуля электропитания и поверхности радиатора, что ведет к перегреву модуля электропитания;
- отсутствие теплопроводящей пасты или наоборот, наличие излишне большого слоя (более 0,2-0,3 мм) теплопроводящей пасты приводит к увеличению теплового сопротивления «корпус модуля – радиатор»;
- длительное свыше 1 мин использование модуля в режиме короткого замыкания;
- игнорирование наличия бросков входного напряжения, в том числе коротких импульсов свыше максимально допустимого значения входного напряжения модуля электропитания;
- использование модулей электропитания мощностью свыше 250 Вт без радиаторов, что может привести к появлению локальных перегревов в области установки силовых полупроводниковых ЭРИ до момента установления теплового равновесия модулей;
- использование модулей электропитания мощностью свыше 250 Вт с радиаторами, имеющими толщину основания меньше рекомендованной, что приведет к появлению локальных перегревов в области установки силовых полупроводниковых ЭРИ до момента установления теплового равновесия модулей;
- отключение силовых цепей включенных модулей от нагрузки при подключенных к нагрузке цепях обратной связи;
- применение модулей фильтра с номиналом входного напряжения, отличным от модуля электропитания. В этом случае эффективность подавления радиопомех снижается, возможен перегрев фильтра;
- параллельное включение нескольких модулей фильтров, что снижает эффективность помехоподавления.

5.13. Стандартные неисправности и методы их устранения

Неисправность	Причина	Способ устранения
Нет выходного напряжения	<ol style="list-style-type: none"> 1. Входное напряжение вне рабочего диапазона. 2. На выводах УПР отсутствует напряжение отключения. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Подать питающее напряжение указанного диапазона. 2. Снять отключающее напряжение с выводов УПР.
На выходе модуля напряжение ниже номинального	Модуль перегружен по выходу, перегрузка не достигла значения защиты от КЗ.	Уменьшить нагрузку до номинального значения.
На выходе модуля напряжение выше номинального	<ol style="list-style-type: none"> 1. На выходе РЕГ присутствует низкий уровень напряжения. 2. Подстроечным резистором установлено напряжение, отличающееся от номинального. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Привести обвязку вывода РЕГ в соответствие с документацией. 2. Установить требуемое напряжение подстроечным резистором.
ИП находится в режиме «икания»	<ol style="list-style-type: none"> 1. На выходе модуля КЗ или перегрузка по току. 2. На выходе модуля подключена емкость более максимальной величины. 3. Сняты перемычки ОС, а выводы ОС не подключены, срабатывает защита от перенапряжения (на выходе броски напряжения выше максимальной величины). 4. Неисправна ОС модуля. 5. На входе модуля применен ограничитель пускового тока слишком высокого сопротивления. 6. Модуль с диапазоном Н (до $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$) запускается при более низкой температуре. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Устранить короткое замыкание на выходе модуля. 2. Уменьшить выходную буферную емкость. 3. Подключить ОС к нагрузке, либо восстановить перемычки ОС в модуле. 4. Заменить модуль. 5. Заменить ограничитель пускового тока, либо подключить параллельно ему постоянный резистор низкого сопротивления (в этом случае резистор должен быть способен выдерживать большие ударные токи). 6. Использовать модуль с температурным диапазоном П (до $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$).
Модуль периодически отключается на период времени более 1 минуты.	Перегрев модуля, срабатывает термозащита. Неправильно рассчитан либо неисправен теплоотвод.	<p>Стабилизировать температуру модуля в указанном диапазоне температур.</p> <p>Заменить теплопроводящий материал и радиатор на более эффективный.</p>
Пульсации выходного напряжения выше заявленной величины	<ol style="list-style-type: none"> 1. Некорректная методика измерения. 2. Наводки в цепи ОС: провода ОС слишком длинные, не завиты и/или проходят возле источника электромагнитных помех. 3. Модуль с температурным диапазоном Н (до $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$) запускается при более низкой температуре. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Использовать рекомендованную методику измерения пульсаций. 2. Завить между собой провода ОС, удалить от источника помех (трансформаторов, силовых питающих линий), максимально укоротить. 3. Заменить модуль на температурный диапазон П (до $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$).
Напряжение каналов многоканального модуля нестабильно	Недостаточно нагружен 1-й канал	Обеспечить минимальную подгрузку 1-го канала.
Величина пускового тока выше заявленной величины	Включение модуля не от выводов ДУ.	<p>Включать при помощи выводов ДУ.</p> <p>Воспользоваться внешними токоограничивающими цепями..</p>

6. Температурный диапазон, дерейтинги, особенности работы в граничных участках

6.1. Температурный диапазон

Благодаря подбору компонентов, схемотехническим и конструктивным решениям модули МАА могут работать в широком диапазоне рабочих как отрицательных, так и положительных температур корпуса от $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+85\text{ }^{\circ}\text{C}$. Для удобства эксплуатации в различных применениях, рабочий температурный диапазон разбит на два, отличающихся минимальной отрицательной температурой: $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ и $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Диапазоны рабочих температур отображаются в кодировке названия соответствующим буквенным индексом «Н» и «П»:

Н: $-40\text{ }^{\circ}\text{C} \dots +85\text{ }^{\circ}\text{C}$	Температура корпуса
П: $-50\text{ }^{\circ}\text{C} \dots +85\text{ }^{\circ}\text{C}$	
$-50\text{ }^{\circ}\text{C} \dots +70\text{ }^{\circ}\text{C}$	Температура хранения

Например: МАА1500-1С48СН – диапазон рабочих температур от $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+85\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Графики снижения выходной мощности в зависимости от температуры размещены в даташитах серии МАА для каждого модуля.

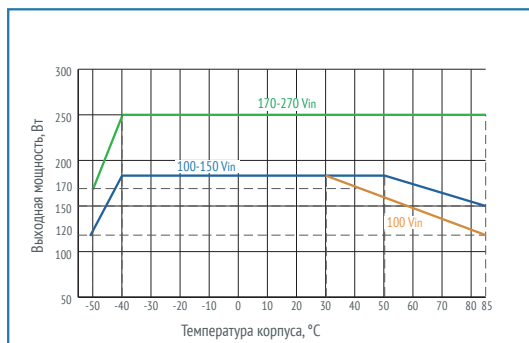


Рис.6.1. Температурный дерейтинг MAA250

Пунктирными линиями обозначены границы эксплуатации модуля без радиатора для различных значений КПД. Из них видно, что модуль без радиатора неработоспособен при +85 °С, а при +20 °С окружающей среды выдаст только 1/3 номинальной мощности. Черная линия ограничивает область безопасной работы с применением охлаждения и имеет 2 области наклона: в области граничных низких и высоких температур. Ограничение в области высоких температур обусловлено тепловым сопротивлением силовой компонент-изолятор-корпус-радиатор, из-за чего максимальная мощность при +85 °С равна приблизительно 0,6·Р_{макс}. Поэтому установке на охлаждающую поверхность следует уделять достаточное внимание чтобы не допустить повышения теплового сопротивления из-за неправильного или некачественного монтажа. Ограничение в области низких температур обусловлено ограничением собственных параметров компонентов модулей.

6.2. Теплоотвод

Модули МАА как и другие силовые преобразователи, не преобразовывают энергию без потерь, часть потребляемой мощности рассеивается в виде тепла. Тепловыделение зависит от нагрузки и КПД преобразователя.

Причины, по которым следует правильно осуществлять теплоотвод:

- поддерживать температуру корпуса модуля ниже предельного значения;
- увеличить надежность;
- использовать максимальную выходную мощность модуля.

Правильно рассчитанное охлаждение увеличит срок службы модуля позволит снимать максимальную выходную мощность в широком диапазоне температур.

Модули MAA30-250 могут работать без охлаждения согласно графикам дерейтинга, указанным в даташитах на конкретную модель.

⚠ Не допускается использовать без радиаторов модули электропитания мощностью свыше 250 Вт. Зависимости максимальной выходной мощности от температуры для этих модулей приведены в даташитах как справочные для правильного выбора радиаторов.

Охлаждение модулей электропитания возможно с использованием теплоотводов любой конструкции, обеспечивающих заданную температуру корпуса модулей, в том числе использование принудительного обдува.

Существует 3 основных метода охлаждения модулей МАА:

1. Охлаждение на теплопроводящую поверхность, которой может выступать стенка оборудования. Материал стенки должен быть с высокой теплопроводностью, т. е. алюминий или медь, с достаточной толщиной для равномерного распределения тепла по охлаждающей поверхности.
2. Использование радиатора для конвекционного охлаждения.
3. Использование принудительного обдува радиатора. Позволяет уменьшить площадь радиатора в 2 раза по отношению к конвекции при скорости воздушного потока 1 м/с.

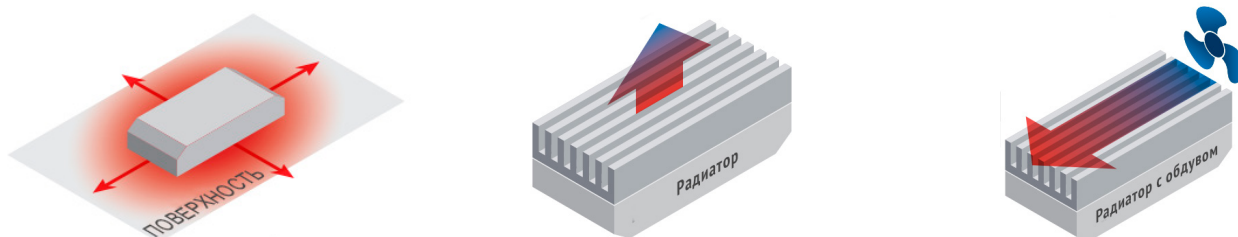


Рис.6.2. Виды кондуктивного охлаждения.

Компания КВ Системы выпускает алюминиевые радиаторы серии РО с поперечным и продольным оребрением для конвекционного охлаждения каждого типоразмера модулей серии МАА. Материал радиаторов – алюминиевый сплав, покрытие – анодное оксидирование, для лучшей теплоотдачи цвет поверхности – черный.

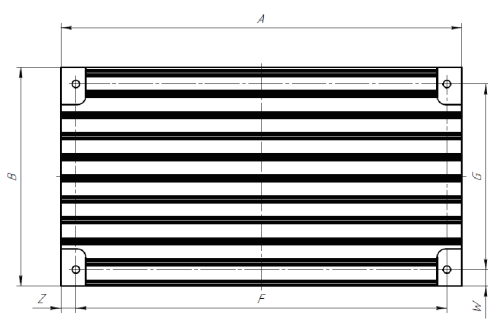
Однако существуют ситуации, в которых применение стандартных радиаторов РО невозможно. В таких случаях применяют радиаторы специаль-

ной формы, либо охлаждение модуля производят на стенки оборудования. Также применяется принудительное охлаждение – обдув радиатора для снижения его площади, либо жидкостное охлаждение.

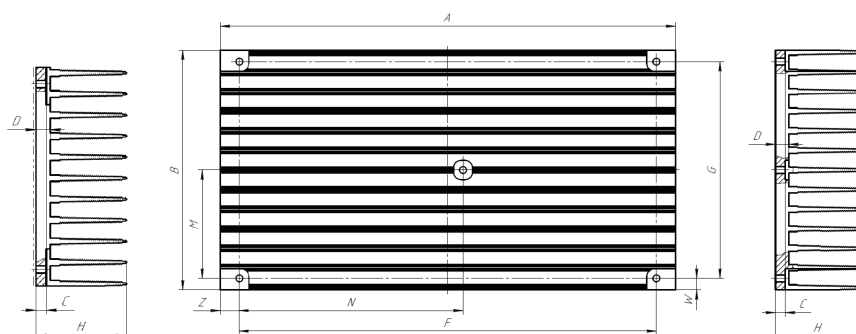
6.3. Выбор стандартных радиаторов КВ Системы, серия РО

Для охлаждения каждого типоразмера корпуса модулей МАА в условиях конвекции выпускается серия радиаторов РО с продольным и поперечным оребрением. Радиаторы изготавливаются из алюминия с последующим оксидированием и чернением поверхности.

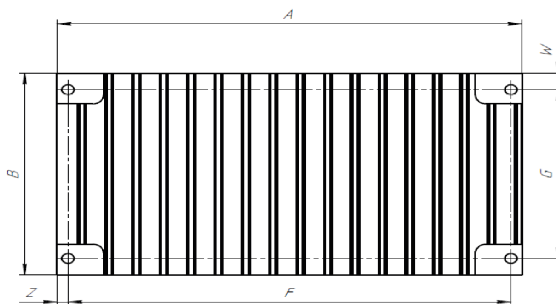
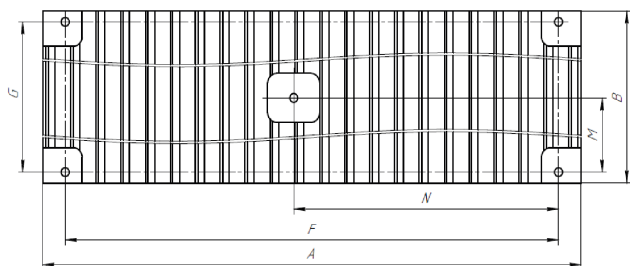
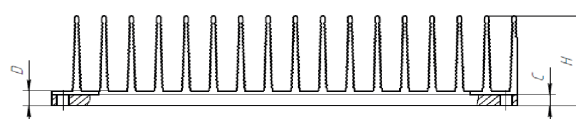
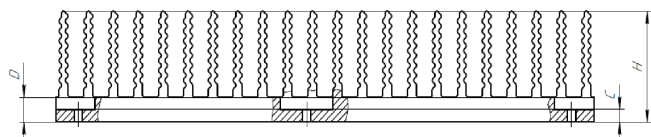
Модуль	Номер радиатора	Размеры, мм		Вес, кг	Рис.
		АхВхСхНхDхFхGхZхW, мм	Размер МхN, мм		
МАА30(20)-СХХ (СБХ, СВХ, СКХ, СУХ)	БКЯЮ.752695.002	107х56х5.1х44х7х96х45х5.5х5.5	-	0,24	1
МАА60(50)-СХХ (СБХ, СВХ, СКХ, СУХ)	БКЯЮ.752695.003	129х59х5.1х44х7х118х50х5.5х4.5	-	0,3	1
МАА180(100, 150)-СХХ (СБХ, СВХ, СКХ, СУХ)	БКЯЮ.752695.004	133х97х5.1х44х7х124х85х4.5х6	-	0,51	1
МАА400(300)-СХХ (СБХ, СВХ, СКХ, СУХ)	БКЯЮ.752695.005	195х106х5.1х44х7х180.5х90х7.25х8	-	0,82	1
МАА800(600)-СХХ (СБХ, СВХ, СКХ, СУХ)	БКЯЮ.752695.006	238х125х5.1х44х7х218х113х10х6	56.5х117	1,19	2
	БКЯЮ.752695.066	238х122х5.1х44х10х218х113х10х4.5		1,5	3
МАА1200(900)-СХХ (СБХ, СВХ, СКХ, СУХ)	БКЯЮ.752695.020	284х172х6х44х6.8х264х153х10х9.5	79х118	1,8	5
МАА30(50)-СХХ (СГХ, СДХ)	БКЯЮ.752695.040	97х50х5.1х44х7х91х40х3х5	-	0,19	1
МАА60(75)-СХХ (СГХ, СДХ)	БКЯЮ.752695.058	140х75.5х5.1х44х7х101х50х19.5х12.5	-	0,41	1
	АНЖЕ.752694.004	107х60х5.1х44х7х101х50х3х5	-	0,25	4
МАА150(250)-СХХ (СГХ, СДХ)	БКЯЮ.752695.041	130х83х5.1х44х7х123х72х3.5х5.5	-	0,41	1
	БКЯЮ.752695.043	260х83х5.1х44х6х123х72х68.5х75.4	-	0,83	6
МАА400(500)-СХХ (СГХ, СДХ)	БКЯЮ.752695.050	170х92х5.1х44х6.8х162х77х4х7.5	-	0,56	4
	БКЯЮ.752695.057	170х92х5.1х44х7х162х77х4х7.5	-	0,58	1
МАА800(1000)-СХХ (СГХ, СДХ)	БКЯЮ.752695.064	204х116х5.1х44х7х196х98х4х9	43.5х115.5	0,97	2
МАА1200-СХХ (СГХ, СДХ)	БКЯЮ.752695.036	284х174х5.1х30х6х235х122х24.5х26	63х126	1,42	3
МАА1500(2000, 3000)-СХХ (СГХ, СДХ)	БКЯЮ.752695.056	249х139х6х44х10х235х122х7х8.5	63х126	1,81	2
	АНЖЕ.752694.003			2	3
МАА3000-Т(П) (СГХ, СДХ)	БКЯЮ.752695.020	284х172х6х44х6.8х264х153х10х9.5	79х118	1,8	5



1)

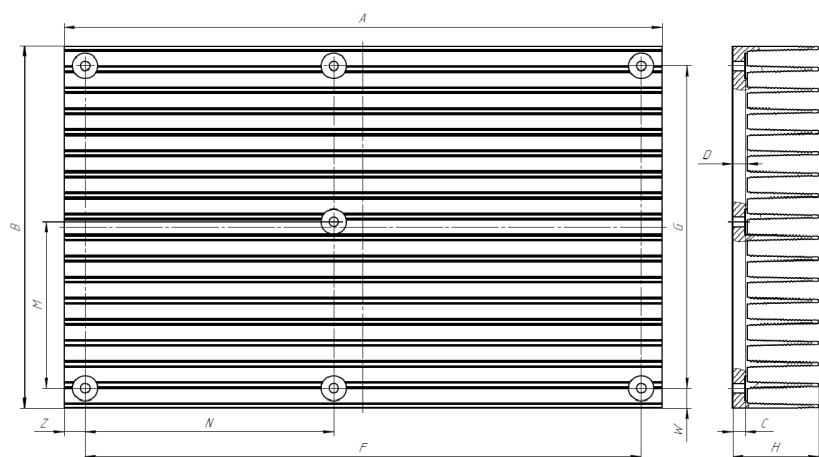


2)

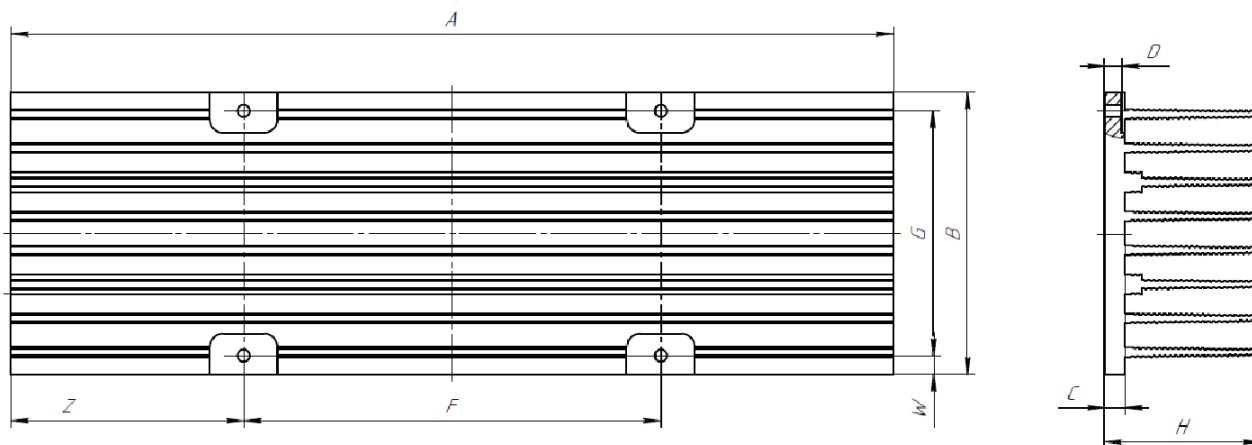


3)

4)



5)



6)