

Утвержден

БКЮС.430501.002 Д1-ЛУ

МОДУЛИ ПИТАНИЯ
серий МАА (МД), МАА-П
Руководящие технические материалы
БКЮС.430501.002 Д1

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взамен инв. №	Инв. № дублик.	Подп. и дата

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
1. Схемотехническая реализация	11
2. Электрические параметры и режимы эксплуатации	14
3. Конструкция и тепловые режимы	37
4. Электробезопасность	49
5. Надежность	50
6. Указания по применению модулей в радиоэлектронной аппаратуре (РЭА)	52
7. Электромагнитная совместимость	53
8. Модульные блоки питания (БП)	56
9. Типичные ошибки потребителей при использовании, а также действия, приводящие к выходу из строя модулей	58
Приложение А	59
Приложение Б	60
Приложение В	63

БКЮС.430501.002 Д1

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лит.	Лист	Листов
Разраб.		Бронникова	<i>В.Бронникова</i>	04.10.17			
Пров.		Чугунов	<i>В.Чугунов</i>	4.10.17			
Т.контр.		Сбродов	<i>В.Сбродов</i>	4.10.17			
Н.контр.		Трошина	<i>В.Трошина</i>	4.10.17			
Утв.		Миронов	<i>В.Миронов</i>	06.10.17			
					Модули питания серии МАО (МДД), МАО-П		
Инв. № подл.		Подп. и дата		Взам. инв. №		Подп. и дата	

Введение

Настоящие руководящие технические материалы (РТМ) распространяются на унифицированные источники вторичного электропитания в модульном исполнении (далее модули) серий МАА(МДД) и МАА-П.

Модули предназначены для питания стабилизированными напряжениями 3,3; 5; 6; 9; 12; 15; 20; 24; 27; 36; 48; 54; 68; 80 В аналоговой и цифровой аппаратуры специального и промышленного назначения.

Модули серий МАА, МАА-П рассчитаны на работу в однофазной сети с входным напряжением 220 В частотой 50 Гц, 220 В частотой 400 Гц, 115 В частотой 400 Гц и трехфазной сети (для МАА) 220 В частотой 50 Гц, 220 В частотой 400 Гц, 380 В частотой 50 Гц в соответствии с ГОСТ РВ 20.39.309. Модули серии МДД предназначены для работы от сетей постоянного тока 27, 48, 110, 220 В, соответствующих ГОСТ В 24425.

Модули представляют собой стабилизированные преобразователи с гальванической развязкой между входом и выходом.

Модули выпускаются с выходной мощностью 20...2000 Вт, имеют один, два или три выходных канала.

Одноканальные модули обеспечивают подстройку выходного напряжения в пределах $\pm 10\%$ от номинального значения для МАА(МДД)20-1-Р...МАА(МДД)2000-1-Р, МАА(МДД)600-1...МАА(МДД)2000-1 и $\pm 5\%$ для МАА(МДД)20-1...МАА(МДД)400-1 и модулей серии МАА-П.

Одноканальные модули МАА(МДД)200-1-Р...МАА(МДД)2000-1-Р имеют выносную обратную связь для компенсации падения напряжения на проводах.

Одноканальные модули МАА(МДД)600-1-Р...МАА(МДД)2000-1-Р обеспечивают наращивание мощности за счет параллельного соединения выходов.

Одноканальные модули МАА(МДД)600-1-Д...МАА(МДД)2000-1-Д имеют возможность регулировки выходного напряжения в диапазоне 50...100 % от номинального выходного напряжения $U_{\text{вых ном}}$.

Модули серии МАА(МДД)100-1...МАА(МДД)2000-1 обеспечивают возможность дистанционного управления.

Допускается эксплуатация модулей при температуре корпуса 85 °С для групп Н, М.

Конструктивно модули выполняются в сборном металлическом корпусе с кожухом-крышкой, в цельнометаллическом корпусе, а также в облегченном цельнометаллическом корпусе с крышкой. Все модули герметизированы теплопроводящим кремнийорганическим

					БКЮС.430501.002 Д1			Лист
Изм.	Л.	№ докум.	Подп.	Дата				3
Инв. № подл.		Подп. и дата.		Взам. инв. №		Инв. № дубл.	Подп. и дата	

компаундом. Для снижения уровня высокочастотных помех модули имеют встроенные входные и выходные помехоподавляющие фильтры.

Серия МАА

Модули электропитания серии МАА предназначены для жестких условий эксплуатации в технике специального назначения. Модули мощностью от 20 до 600 Вт имеют два исполнения корпуса, мощностью от 900 до 2000 Вт – три исполнения корпуса. Модули мощностью 600-2000 Вт обеспечивают стабилизацию выходного тока при перегрузке, а также имеют пассивный корректор коэффициента мощности для модулей с трёхфазным входным напряжением. Поставляются в соответствии с техническими условиями БКЮС.436610.007 ТУ по КД литеры «О1». В 2017 году модули серии МАА включены в Перечень ЭКБ 18.

Серия МДД

Модули электропитания серии МДД предназначены для жестких условий эксплуатации в технике специального назначения. В зависимости от исполнения модули мощностью 600, 800, 900, 1200, 1500, 2000 Вт имеют возможность параллельного соединения выходов и выносную обратную связь. Поставляются в соответствии с техническими условиями БКЮС.436610.007 ТУ по КД литеры «О1». В 2017 году модули серии МДД включены в Перечень ЭКБ 18.

Серия МАА-П

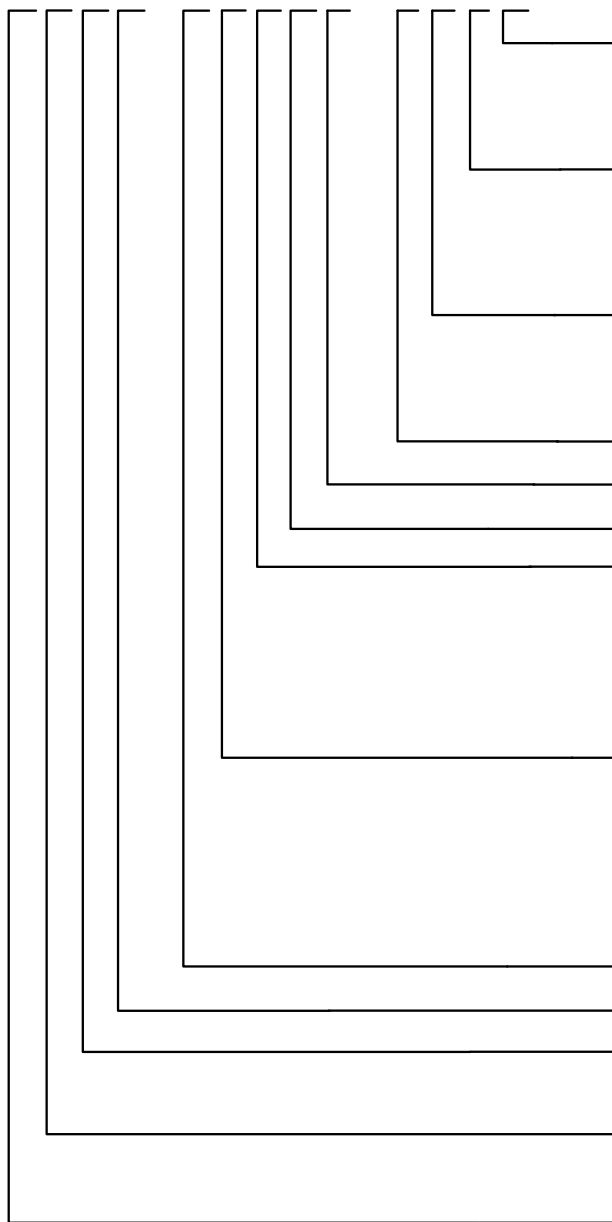
Модули электропитания серии МАА-П предназначены для жестких условий эксплуатации в технике специального и промышленного назначения. Модули МАА-П мощностью 600 Вт имеют активный корректор коэффициента мощности и не требуют подключения внешних конденсаторов. Модули серии МАА-П отличаются компактными размерами и низкопрофильной конструкцией. Поставляются в соответствии с техническими условиями БКЮС.436640.005 ТУ.

					БКЮС.430501.002 Д1			Лист
Изм.	Л.	№ докум.	Подп.	Дата				4
Инв. № подл.		Подп. и дата.		Взам. инв. №		Инв. № дубл.	Подп. и дата	

Типы модулей, основные характеристики и функциональные особенности

Условное обозначение модулей

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13
М Х Х Х – Х Х Х Х Х – С Х Н Х



13. Буквенное обозначение расширенных функций (при наличии символа)

Р – параллельное соединение выходов, выносная обратная связь, подстройка выходного напряжения*
 Д – регулировка выходного напряжения**

12. Условное обозначение диапазона рабочей температуры корпуса от минус 50 до 85°С

11. Буквенное обозначение конструктивного исполнение корпуса:

К - цельнометаллический,
 У - сборный металлический с кожухом-крышкой,
 Т – облегчённый вариант исполнения «К»,
 П – облегчённый вариант исполнения «К» с ножевыми разъёмами

10. Условное обозначение исполнения с заливкой корпуса

9. Двухзначное число, обозначающее выходное напряжение канала 3, В (при наличии)

8. Двухзначное число, обозначающее выходное напряжение канала 2, В (при наличии)

7. Двухзначное число, обозначающее выходное напряжение канала 1 (основного), В

6. Буквенное обозначение сети входного напряжения: переменное входное напряжение однофазной сети

С – 220 В, 50 Гц; 220 В, 400 Гц;

К – 115 В, 400 Гц;

для трёхфазной сети

П – 220 В, 50 Гц; 220 В, 400 Гц;

Т – 380 В, 50 Гц;

постоянное входное напряжение

В – 27 В, Д – 48 В, Ж – 110 В, И – 220 В,

Л – 220 В (расширенный)

5. Количество каналов

4. Номинальное значение выходной мощности, Вт

3. Базовая серия А – «К-А», Д – «К-Д»

2. Класс преобразования:

А – переменное напряжение в постоянное,

Д – постоянное напряжение в постоянное

1. Модульное исполнение

* - для одноканальных МАА(МДД)20-Р...МАА(МДД)180-Р - подстройка выходного напряжения $\pm 10\%$, для МАА(МДД)200-Р...МАА(МДД)400-Р – выносная обратная связь и подстройка выходного напряжения $\pm 10\%$, для МАА(МДД)600-Р...МАА(МДД)2000-Р – возможность параллельного соединения выходов, выносная обратная связь.

** - для одноканальных МАА(МДД)600-Д...МАА(МДД)2000-Д – возможность регулировки выходного напряжения в диапазоне от $0,5U_{\text{ВЫХНОМ}}$ до $U_{\text{ВЫХНОМ}}$

Рисунок 1 – Система обозначения модулей серий МАА (МДД)

					БКЮС.430501.002 Д1			Лист
Изм.	Л.	№ докум.	Подп.	Дата				5
Инв. № подл.		Подп. и дата.			Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	

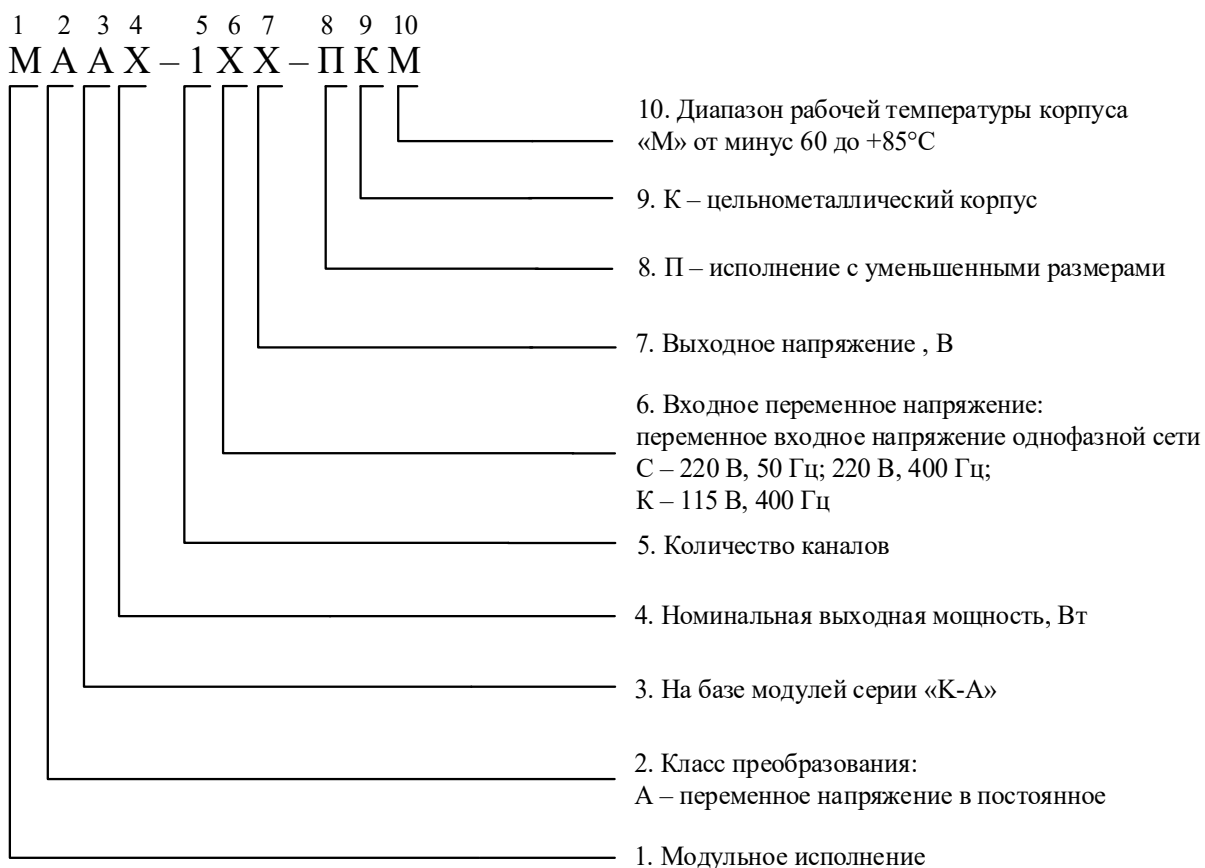


Рисунок 2 – Система обозначения модулей серии МАА-П

Все типы модулей каждой серии, основные характеристики и функциональные особенности представлены в таблице 1.

					БКЮС.430501.002 Д1			Лист
Изм.	Л.	№ докум.	Подп.	Дата				6
Инв. № подл.		Подп. и дата.		Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата		

Таблица 1 – Характеристики модулей серий МАА, МАА-П, МДД

Серия модуля		Номинальная выходная мощность, Вт	Максимальный выходной ток, А	Диапазон входного напряжения/переходное отклонение (1 сек), В	Выходное напряжение, В	Диапазон рабочей температуры корпуса, °С	Количество выходных каналов	Дистанционное управление	Подстройка и регулировка выходного напряжения в одноканальных модулях	Параллельная работа	Выносная обратная связь	Габаритные размеры модулей, исполнения СУН, (СКН, СТН, СПН)	Масса не более, кг, исполнения СУН, (СКН, СТН, СПН)	Конструкторская документация, приёмка
МАА	МДД													
МАА	~115 (80 ... 138/80...150), ~220 (187 ... 242/176...264)	20	6	3...80	3...80	«Н» – минус 50...+85	1,2,3	-	±5 %, ±10 %	-	-	102x51x17; (107x56x17)	0,25; (0,25)	БКЮС.436610.007 ТУ, КД лит. «О1», приёмка «5», перечень ЭКБ
		40	8				1,2,3	-		-	-	102x51x17; (107x56x17)	0,25; (0,25)	
		50	10				1,2,3	-		-	-	126x57x22; (129x61x22)	0,30; (0,35)	
		75	10				1,2,3	-		-	-	126x57x22; (129x61x22)	0,30; (0,35)	
		100	20				1,2,3	+		-	-	133x94x33,5; (136x97x33,5)	0,85; (0,85)	
		150	20				1,2,3	+		-	-	133x94x33,5; (136x97x33,5)	0,85; (0,85)	
		180	20				1,2,3	+		-	-	133x94x33,5; (136x97x33,5)	0,85; (0,85)	
		200	40				1,2,3	+		-	+	190x102x39; (195x106x39)	1,2; (1,5)	
		300	40				1,2,3	+		-	+	190x102x39; (195x106x39)	1,2; (1,5)	
		400	40				1,2,3	+		-	+	190x102x42; (195x106x42)	1,2; (1,5)	
		600	40				1,2	+		+	+	238x128x39; (242x132x39)	2,2; (2,55)	
		800	40				1,2	+		+	+	238x128x42; (242x132x42)	2,2; (2,8)	
		900	55,5				1,2	+		+	+	280x170x42; (284x174x42)	3,2; (3,9)	
		1200	55,5				1,2	+		+	+	280x170x48; (284x174x48)	3,2; (4,4)	
МДД	«В» – 27 (18...36) «Д» – 48 (36...72) «Ж» – 110 (82...160) «И» – 220 (175...360) «Л» – 220 (126...360)	900	55,5	3...80	3...80	«Н» – минус 50...+85	1,2	+	±10 %	+	+	280x170x42; (284x174x42)	3,2; (3,9)	БКЮС.436610.007 ТУ, КД лит. «О1», приёмка «5», перечень ЭКБ
		1500	55,5				1,2	+		+	+	280x170x42; (284x174x42)	3,2; (3,9)	
		2000	100				1	+		+	+	280x170x48; (284x174x48)	4,0; (5,2)	
		20	6				1,2,3	-		-	-	102x51x17; (107x56x17)	0,25; (0,25)	
		40	8				1,2,3	-		-	-	102x51x17; (107x56x17)	0,25; (0,25)	
		50	10				1,2,3	-		-	-	126x57x22; (129x61x22)	0,30; (0,35)	

Изм.	Л.	№ докум.	Подп.	Дата	БКЮС.430501.002 Д1			Лист
								7
Инв. № подл.	Подп. и дата.			Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата		

Продолжение таблицы 1

Серия модуля	Номинальная выходная мощность, Вт	Максимальный выходной ток, А	Диапазон входного напряжения/переходное отклонение (Г сек), В	Выходное напряжение, В	Диапазон рабочей температуры корпуса, °С	Количество выходных каналов	Дистанционное управление	Подстройка и регулировка выходного напряжения в одноканальных модулях	Параллельная работа	Выносная обратная связь	Габаритные размеры модулей, исполнения СУН, (СКН, СТН, СПН)	Масса не более, кг, исполнения СУН, (СКН, СТН, СПН)	Конструкторская документация, приёмка
	180	20		5...80		1,2,3	+	±10 %, U _{вых ном} до U _{вых ном} от 0,5U _{вых ном}	-	-	133x94x33,5; (136x97x33,5)	0,85; (0,85)	
	200	40				1,2,3	+		-	+	190x102x39; (195x106x39)	1,20; (1,50)	
	300	40				1,2,3	+		-	+	190x102x39; (195x106x39)	1,20; (1,50)	
	400	40				1,2,3	+		-	+	190x102x42; (195x106x42)	1,20; (1,50)	
	600	40				1,2	+		+	+	238x128x39; (242x132x39)	2,20; (2,55)	
	800	40				1,2	+		+	+	238x128x42; (242x132x42)	2,20; (2,80)	
	900	55,5				1,2	+		+	+	280x170x42; (284x174x42)	3,20; (3,90; 3,20 3,20)	
	1200	55,5				1,2	+		+	+	280x170x48; (284x174x48)	3,20; (4,40; 3,40 3,40)	
	1500	55,5				1,2	+		+	+	280x170x48; (284x174x48)	3,6; (4,8; 3,8 3,8)	
2000	100	1	+	+	+	280x170x48; (284x174x48)	4,0; (5,2; 4,2 4,2)						
МАО-П	40	8	~115 (94 ... 132/58...180), ~220 (120 ... 242/110...264)	3...80	«М» – минус 60...+85	1	-	±5 %	-	-	72,5x52,5x12,7	0,12	БКЮС.436610.005 ТУ
	80	10				1	-		-	-	107x56x17	0,20	
	160	15				1	-		-	-	129x61x22	0,30	
	300	20				1	+		-	+	136x97x22		
	600	40				1	+		-	+	242x132x22		

Модули имеют один, два или три гальванически развязанных выходных канала. Первый канал (основной) охвачен отрицательной обратной связью, номинальная выходная мощность его не менее 50 % номинальной выходной мощности модуля.

Пример обозначения при заказе:

Модуль питания МАО150-2С0515-СУН БКЮС.436610.007 ТУ.

Изм.	Л.	№ докум.	Подп.	Дата	БКЮС.430501.002 Д1	Лист
						8
Инв. № подл.	Подп. и дата.		Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	

Модули должны быть стойкими к воздействию механических, климатических и биологических факторов (ВВФ) по группе исполнения 2У ГОСТ РВ 20.39.414.1 с уточнениями, приведенными в таблице 2.

Таблица 2 – Состав и значение характеристик ВВФ

Наименование воздействующего фактора, единица измерения	Значение воздействующего фактора
Механические факторы	
Синусоидальная вибрация: диапазон частот, Гц амплитуда ускорения, м/с ² (g)	1 – 500 50 (5)
Механический удар одиночного действия: пиковое ударное ускорение, м/с ² (g) длительность действия ударного ускорения, мс	10 000 (1000) 0,1 – 2
Механический удар многократного действия: пиковое ударное ускорение, м/с ² (g) длительность действия ударного ускорения, мс	150 (15) 2 – 15
Акустический шум: диапазон частот, Гц уровень звукового давления (относит.2x10 ⁵ Па), дБ	50 – 10 000 135
Линейное ускорение, м/с ² (g)	200 (20)
Климатические факторы	
Повышенная температура среды, °С: при эксплуатации при транспортировании и хранении	85 85
Пониженная температура среды, °С: при эксплуатации * – для модулей серии МАА-П при транспортировании и хранении	минус 50 *минус 60 минус 60
Изменение температуры среды, °С	от минус 60 до 85
Повышенная температура корпуса, °С:	85
Повышенная влажность воздуха: относительная влажность при температуре среды 35 °С, %	98 – 100
Атмосферное повышенное давление, Па (мм рт. ст.)	2x10 ⁵ (1500)
Атмосферное пониженное давление, Па (мм рт.ст.) * – для модулей серии МАА-П	6x10 ⁴ (450) *667 (5)
Атмосферные конденсированные осадки (иней, роса): при пониженной температуре среды, °С при пониженном атмосферном давлении, Па (мм рт.ст.) при относительной влажности не менее, %	минус 20 6x10 ⁴ (450) 95
Соляной (морской туман)	ГОСТ РВ 20.57.416
Статическая пыль (песок): концентрация, г/м ³ скорость циркуляции, м/с	3 0,5 – 1,0

					БКЮС.430501.002 Д1	Лист
Изм.	Л.	№ докум.	Подп.	Дата		9
Инв. № подл.		Подп. и дата.		Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

Продолжение таблицы 2

Наименование воздействующего фактора, единица измерения	Значение воздействующего фактора
Плесневые грибы: при относительной влажности, % при температуре, °С	ГОСТ 28206 95 – 98 29

					БКЮС.430501.002 Д1	Лист
Изм.	Л.	№ докум.	Подп.	Дата		10
Инв. № подл.		Подп. и дата.		Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

1 Схемотехническая реализация

Схемотехника модулей серии МАА(МДД) несколько различается для разных выходных мощностей.

В модулях используется принцип высокочастотного преобразования электрической энергии с одновременной стабилизацией выходного напряжения на основе широтно-импульсной модуляции. Подавление высокочастотных помех на входе и на выходе осуществляется встроенными фильтрами.

На приведенных структурных схемах (рисунки 1.1 – 1.5) показаны основные функциональные узлы, которые входят в состав однофазных модулей серии МАА мощностью 20-50 Вт, 100-400 Вт, 600-1200 Вт и трёхфазных модулей серии МАА мощностью 900, 1200 и 2000 Вт.

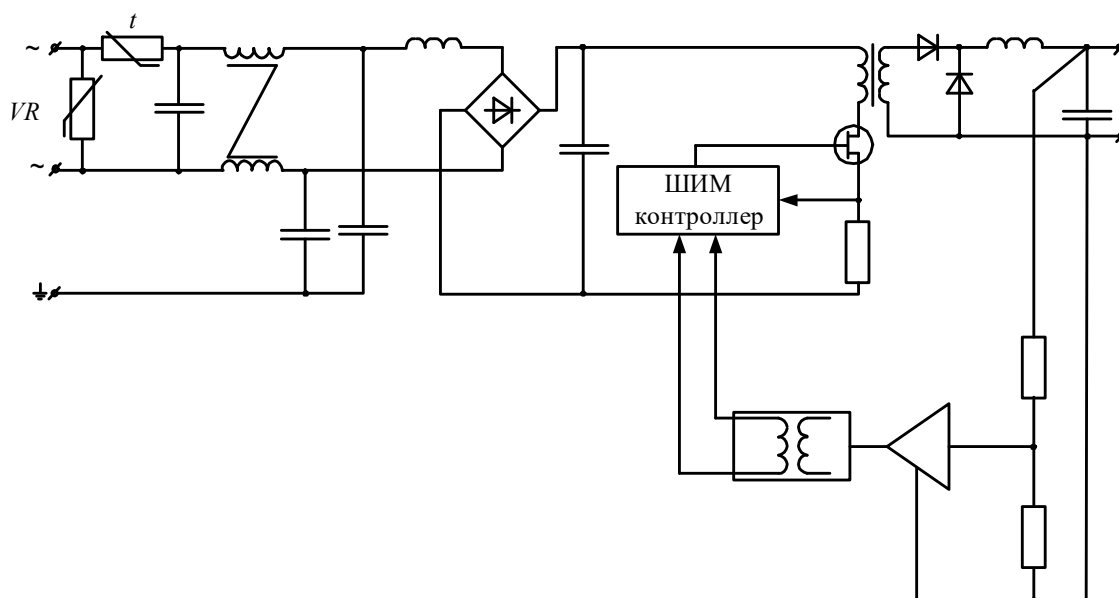


Рисунок 1.1 – Структурная схема однофазных модулей серии МАА мощностью 20-50 Вт

					БКЮС.430501.002 Д1	Лист
Изм.	Л.	№ докум.	Подп.	Дата		11
Инв. № подл.	Подп. и дата.		Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	

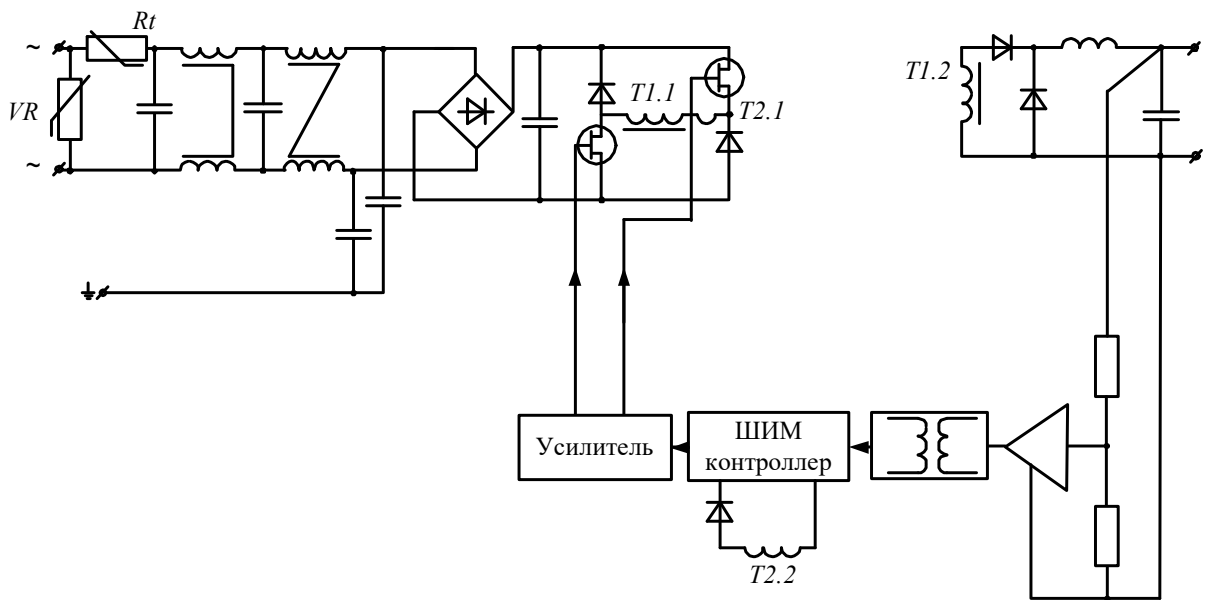


Рисунок 1.2 – Структурная схема однофазных модулей серии МАА мощностью 100-400 Вт

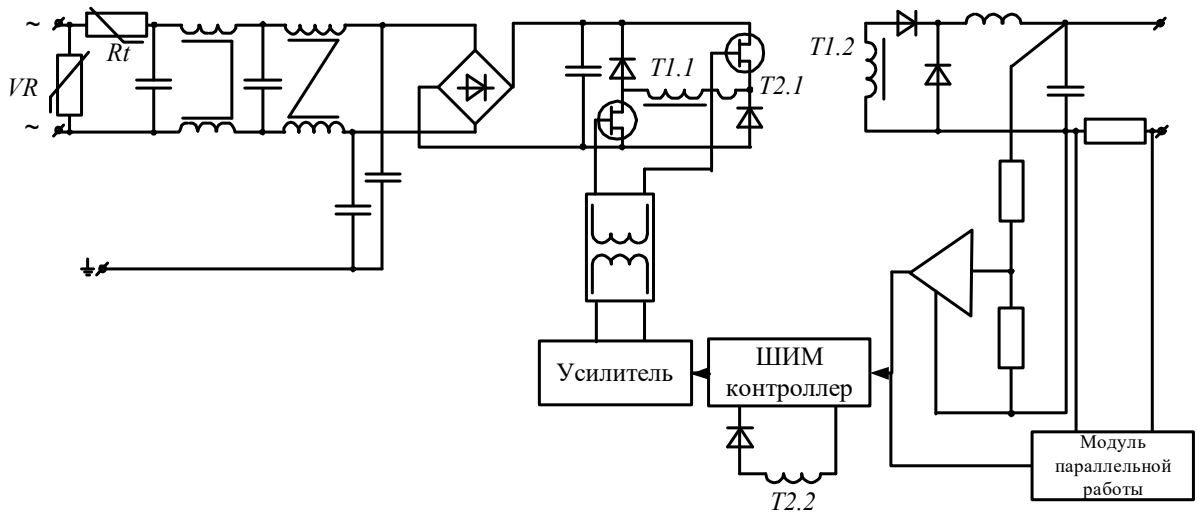


Рисунок 1.3 – Структурная схема однофазных модулей серии МАА мощностью 600-1200 Вт

					БКЮС.430501.002 Д1			Лист
Изм.	Л.	№ докум.	Подп.	Дата				12
Инв. № подл.		Подп. и дата.		Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата		

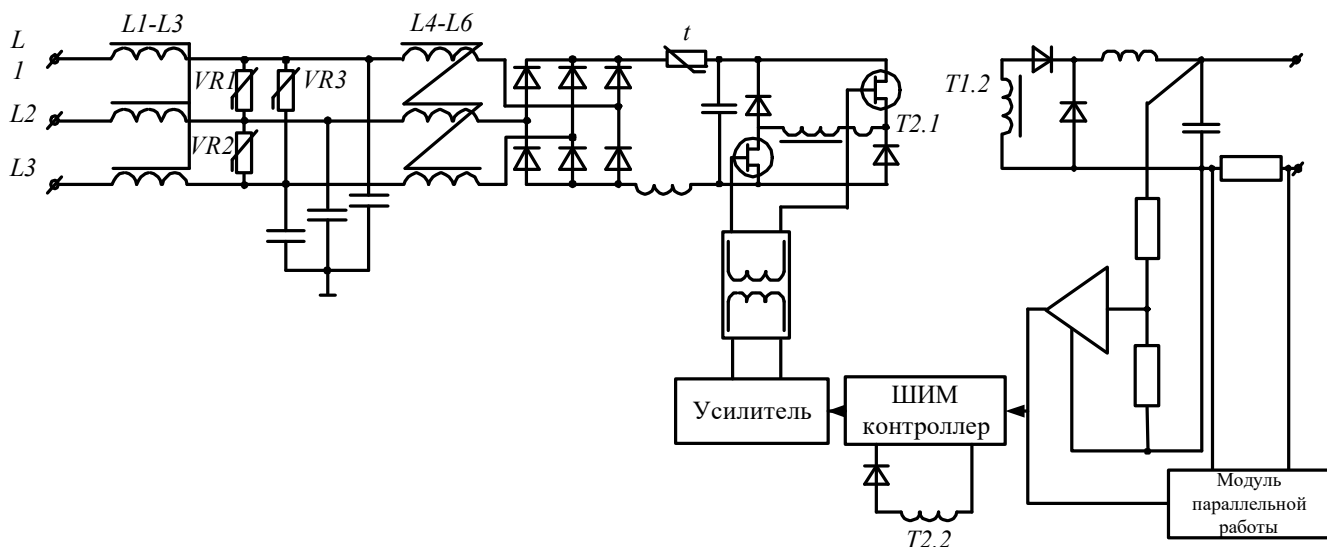


Рисунок 1.4 – Структурная схема трёхфазных модулей серии МАА мощностью 900, 1500 Вт

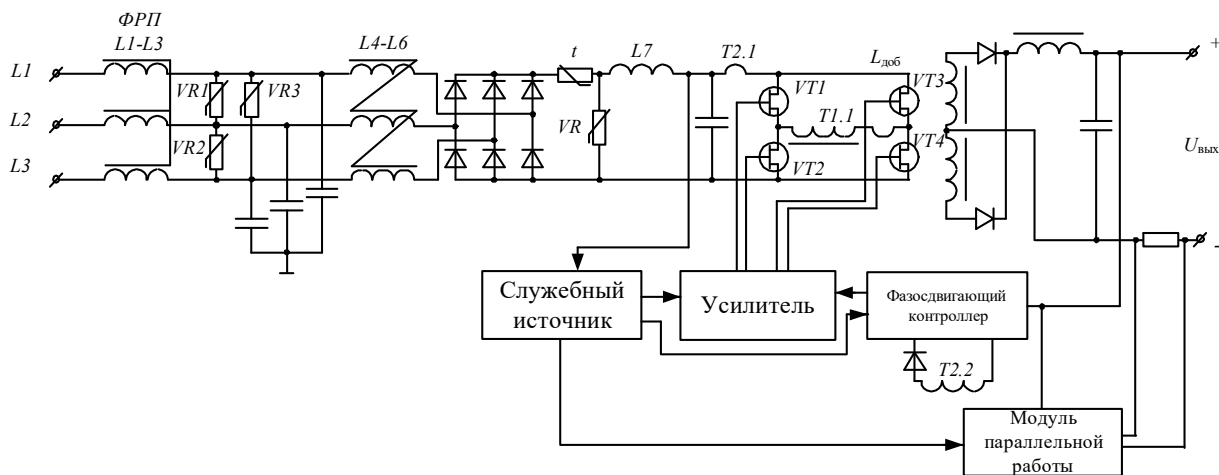


Рисунок 1.5 – Структурная схема трёхфазных модулей серии МАА мощностью 2000 Вт

Все модули имеют гальваническую развязку между входом и выходом, между входом и корпусом, между выходом и корпусом, а также между выходами для двух- и трёхканальных модулей. Модули также имеют гальваническую развязку между выходными каналами. Параметры сопротивления изоляции и прочности изоляции приведены в разделе «Электробезопасность».

					БКЮС.430501.002 Д1		Лист
Изм.	Л.	№ докум.	Подп.	Дата			13
Инв. № подл.		Подп. и дата.		Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	

2 Электрические параметры и режимы эксплуатации

Качество входной электроэнергии переменного тока для модулей серии МАА должно соответствовать требованиям ГОСТ РВ 20.39.309 с дополнениями и уточнениями, приведёнными в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Нормы качества электроэнергии на входе модулей серии МАА

Показатель качества электроэнергии	Характеристика показателя, размерность	Частное значение показателя			
		Входное напряжение			
		115 В, 400 Гц	220 В, 50 и 400 Гц	трёхфазное 220 В, 50 и 400 Гц	трёхфазное 380 В, 50 Гц
Отклонение напряжения	Установившееся отклонение, %	-30...20	-15...10	±15	±15
	Переходное отклонение, %	±30	±20	±20	±20
	Длительность переходного отклонения, с	1	1	1	1

Качество входной электроэнергии переменного тока для модулей серии МАА-П должно соответствовать требованиям ГОСТ РВ 20.39.309 с дополнениями и уточнениями, приведёнными в таблице 2.2.

Таблица 2.2 – Нормы качества электроэнергии на входе модулей серии МАА-П

Показатель качества электроэнергии	Характеристика показателя, размерность	Частное значение показателя	
		Входное напряжение	
		115 В, 400 Гц	220 В, 50 и 400 Гц
Отклонение напряжения	Установившееся отклонение, %	-18...15	-45...10
	Переходное отклонение, %	-50...57	-50...20
	Длительность переходного отклонения, с	1	1

Изм.	Л.	№ докум.	Подп.	Дата	БКЮС.430501.002 Д1	Лист
						14
Инв. № подл.		Подп. и дата.		Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

Модули серии МАА также имеют возможность включения в сеть постоянного напряжения. При этом

$$U_{BXDC} = 1,41 (U_{BX\text{MIN AC}} \dots U_{BX\text{MAX AC}}).$$

Учитывая отсутствие низкочастотных пульсаций питающего напряжения, диапазон постоянного входного напряжения, при котором выходные характеристики модуля будут соответствовать требованиям ТУ, составляет:

для однофазного напряжения 220 В	200...341 В;
для трёхфазного напряжения 220 В	251...357 В;
для трёхфазного напряжения 380 В	435...616 В.

Качество входной электроэнергии постоянного тока для модулей серии МДД должно соответствовать группе Г по ГОСТ В 24425 с дополнениями и уточнениями, приведёнными в таблице 2.3.

Таблица 2.3 – Нормы качества электроэнергии на входе модулей серии МДД

Номинальное значение $U_{ВХ\text{НОМ}}$, В	Условное обозначение	Установившееся значение U , В
27	В	18 ... 36
48	Д	36 ... 72
110	Ж	82 ... 160
220	Л	126 ... 360
220	И	175 ... 360

Значения номинального выходного напряжения модулей, их установившиеся отклонения в НКУ и значения выходного напряжения при холостом ходе должны соответствовать таблице 2.4.

Таблица 2.4 – Номинальное выходное напряжение, установившееся отклонение в НКУ и выходное напряжение при холостом ходе модулей серии МАА и МДД

Номинальное выходное напряжение $U_{ВЫХ\text{НОМ}}$, В	Установившееся отклонение $\Delta U_{ВЫХ\text{НОМ}}$, В			Выходное напряжение на холостом ходе $U_{ВЫХ\text{ХХ}}$, не более, В		МАА(МДД)20	МАА(МДД)40	МАА(МДД)50	МАА(МДД)75	МАА(МДД)100	МАА(МДД)150	МАА(МДД)180	МАА(МДД)200	МАА(МДД)300	МАА(МДД)400	МАА(МДД)600	МАА(МДД)800	МАА(МДД)900	МАА(МДД)1200	МАА(МДД)1500	МАА(МДД)2000
	*	**	***	*	** (***)																
3,3	±0,07	±0,33	±0,4	3,63	3,96	+	x	x	x	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	±0,10	±0,5	±0,6	5,5	6	+	+	x	x	+	x	x	+	x	x	x	x	x	x	x	x
6	±0,12	±0,6	±0,72	6,6	7,2	+	+	+	x	+	x	x	+	x	x	x	x	x	x	x	x
9	±0,18	±0,9	±1,08	9,9	10,8	+	+	+	+	+	+	+	+	+	x	x	x	x	x	x	x
12	±0,24	±1,2	±1,44	13,2	14,4	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	x	x	x	x	x	x
15	±0,30	±1,5	±1,8	16,5	18	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	x	x	x	x	x

Изм.	Л.	№ докум.	Подп.	Дата	БКЮС.430501.002 Д1					Лист
										15
Инв. № подл.		Подп. и дата.		Взам. инв. №		Инв. № дубл.		Подп. и дата		

Продолжение таблицы 2.4

Номинальное выходное напряжение $U_{\text{ВЫХ НОМ}}$, В	Установившееся отклонение $\Delta U_{\text{ВЫХ НОМ}}$, В			Выходное напряжение на холостом ходе $U_{\text{ВЫХ ХХ}}$, не более, В		МАО(МДД)20	МАО(МДД)40	МАО(МДД)50	МАО(МДД)75	МАО(МДД)100	МАО(МДД)150	МАО(МДД)180	МАО(МДД)200	МАО(МДД)300	МАО(МДД)400	МАО(МДД)600	МАО(МДД)800	МАО(МДД)900	МАО(МДД)1200	МАО(МДД)1500	МАО(МДД)2000	
	*	**	***	*	** (***)																	
20	±0,40	±2,0	±2,4	22	24	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	x	x	+
24	±0,48	±2,4	±2,88	26,4	28,8	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	x	+
27	±0,54	±2,7	±3,24	29,7	32,4	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
36	±0,72	±3,6	±4,32	39,6	43,2	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
48	±0,96	±4,8	±5,76	52,8	57,6	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
54	±1,08	±5,4	±6,48	59,4	64,8	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
68	±1,36	±6,8	±8,16	74,8	81,6	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
80	±1,6	±8	±9,6	88	96	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

* – для одноканальных модулей и основного канала двух- и трехканальных модулей;
 ** – для второго (третьего) канала модулей, если номинальное значение выходного напряжения второго (третьего) каналов отличается не более, чем на 20 % от основного канала;
 *** – для второго (третьего) канала модулей, если номинальное значение выходного напряжения второго (третьего) каналов отличается более, чем на 20 % от основного канала.

Примечания
 1 “+” – данный тип модулей изготавливается с указанными выходными напряжениями;
 “-” – данный тип модулей не изготавливается с указанными выходными напряжениями;
 “х” – данный тип модулей изготавливается с указанными выходными напряжениями, но меньшей мощностью; в соответствии с таблицей 2.4;
 2 Допускается изготовление модулей с выходными напряжениями, отличающимися от значений, указанных в таблице, в диапазоне от 3 до 80 В.

Установившееся отклонение выходного напряжения модулей в НКУ должно быть не более ±2 % для основного (первого) канала и не более ±10 % для второго (третьего) канала. В случае, если номинальное значение выходного напряжения второго или третьего канала отличается на 20 % и более от номинального значения выходного напряжения основного (первого) канала, их установившиеся отклонения в НКУ должны быть не более ±12 %.

Время установления выходного напряжения модулей должно быть не более 1 с.

Допускается работа модулей без нагрузки (при холостом ходе), при этом выходное напряжение основного канала увеличится не более, чем на 10 % от $U_{\text{НОМ}}$, а выходное напряжение дополнительных каналов не более, чем на 20 % от $U_{\text{НОМ}}$ (таблица 2.4).

Номинальное значение выходного тока ($I_{\text{НОМ}}$) рассчитывается по формулам:

для одноканальных модулей: $I_{\text{НОМ}1} = P_{\text{НОМ}} / U_{\text{ВЫХ}1}$; (1)

для двухканальных модулей: $I_{\text{НОМ}1} = P_{\text{НОМ}} / 2U_{\text{ВЫХ}1}$, (2)

$I_{\text{НОМ}2} = P_{\text{НОМ}} / 2U_{\text{ВЫХ}2}$; (3)

для трехканальных модулей: $I_{\text{НОМ}1} = P_{\text{НОМ}} / 2U_{\text{ВЫХ}1}$, (4)

$I_{\text{НОМ}2} = P_{\text{НОМ}} / 4U_{\text{ВЫХ}2}$, (5)

					БКЮС.430501.002 Д1			Лист	
Изм.	Л.	№ докум.	Подп.	Дата				16	
Инв. № подл.		Подп. и дата.		Взам. инв. №		Инв. № дубл.		Подп. и дата	

$$I_{\text{НОМЗ}} = P_{\text{НОМ}} / 4U_{\text{ВЫХЗ}}, \quad (6)$$

где $U_{\text{ВЫХ1}}, U_{\text{ВЫХ2}}, U_{\text{ВЫХЗ}}$ – номинальные выходные напряжения первого, второго, третьего каналов соответственно, В;

$P_{\text{НОМ}}$ – номинальная выходная мощность, Вт.

В случае, если на одном или нескольких каналах модуля действует ограничение по выходному току (таблица 2.5), номинальная мощность на других каналах и всего модуля также уменьшается для выполнения условий (1) – (6).

Для модулей серий МАА и МДД номинальный выходной ток не должен превышать значений, указанных в таблице 2.5.

Таблица 2.5 – Номинальный выходной ток модулей серий МАА и МДД

Номинальная мощность, $P_{\text{Н}}$, Вт	Номинальное значение выходного тока $I_{\text{ВЫХ НОМ}}$, не более, А		
	для одноканальных модулей	для каждого канала двухканальных и первого канала трехканальных модулей	для второго и третьего каналов трехканальных модулей
20	6	3	1,5
40	8	4	2
50	10	5	2,5
75	10	5	2,5
100	20	10	5
150	20	10	5
180	20	10	5
200	40	20	10
300	40	20	10
400	40	20	10
600	40	20	–
800	40	20	–
900	55,5	27,7	–
1200	55,5	27,7	–
1500	55,5	27,7	–
2000	100	–	–

“–” – модули с указанным количеством выходных каналов не изготавливаются

Диапазон рабочих выходных токов. Модули должны обеспечивать минимальный выходной ток первого канала $0,1 I_{\text{ВЫХ НОМ}}$, второго, третьего каналов – $0,3 I_{\text{ВЫХ НОМ}}$. В случае, если номинальное значение выходного напряжения второго (третьего) канала отличается более чем на 20 % от основного канала, минимальный выходной ток равен $0,1 I_{\text{ВЫХ НОМ}}$ для основного канала и $0,5 I_{\text{ВЫХ НОМ}}$ – для второго и третьего каналов. Установившееся отклонение выходного напряжения в НКУ для основного канала $\pm 2\%$, для второго, третьего каналов $\pm 10\%$. Если номинальное значение выходного напряжения второго (третьего) канала отличается более чем

Изм.	Л.	№ докум.	Подп.	Дата	БКЮС.430501.002 Д1	Лист
						17
Инв. № подл.		Подп. и дата.		Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

на 20 % от основного канала, установившееся отклонение выходного напряжения для дополнительных каналов должно быть не более ± 12 %.

Типовые значения тока потребления модулей на холостом ходу представлены в таблице 2.6.

Таблица 2.6 – Типовой входной ток при холостом ходу на выходе для модулей МАА БКЮС.436610.007 ТУ при номинальном входном напряжении

Тип модуля	МАА20-1С24-СУН, МАА40-1С24-СУН	МАА75-1С12-СУН, МАА50-1С12-СУН	МАА100-1С29-СУН, МАА150-1С29-СУН, МАА180-1С29-СУН	МАА200-1С10-СУН, МАА300-1С10-СУН, МАА40-1С10-СУН	МАА600-1С1224-СУН, МАА800-1С1224-СУНД	МАА900-1С32-СКНД, МАА1200-1С320-СУН	МАА900-1Т48-СУН, МАА1500-1Т48-СУН	МАА2000-1Т27-СУН
Ток, мА	18	21	48	60	50	82	90*	90*
* – суммарный ток по трём фазам								

Суммарная нестабильность выходного напряжения составляет не более ± 3 % для основного канала и не более ± 13 % по дополнительным каналам и рассчитывается по формуле

$$H_{\text{СУМ}} = H_U + H_I + H_T + H_t,$$

где H_U – нестабильность выходного напряжения при плавном изменении входного напряжения,

H_I – нестабильность выходного напряжения при плавном изменении выходного тока,

H_T – температурная нестабильность,

H_t – временная нестабильность.

В случае, если номинальные значения выходных напряжений второго и/или третьего каналов отличаются более чем на 20 % от основного канала, то минимальные выходные токи таких модулей $0,1 I_{\text{ВЫХ НОМ}}$ для основного канала, и $0,5 I_{\text{ВЫХ НОМ}}$ – для дополнительных каналов, а суммарная нестабильность для второго и третьего каналов в этом случае должна быть не более ± 15 %.

Нестабильность выходного напряжения модуля при плавном изменении входного напряжения H_U проверяют при номинальном выходном токе всех каналов.

Нестабильность выходного напряжения модуля при плавном изменении выходного тока H_I в канале измеряется при номинальном входном напряжении и изменении нагрузки измеряемого канала от I_{MIN} до $I_{\text{НОМ}}$. Для многоканальных модулей устанавливают выходные токи других каналов $0,5 I_{\text{ВЫХ НОМ}}$. Нестабильность выходного напряжения при плавном изменении входного напряжения и выходного тока должна быть не более ± 2 % от $U_{\text{ВЫХ НОМ}}$ для одноканальных

					БКЮС.430501.002 Д1			Лист
Изм.	Л.	№ докум.	Подп.	Дата				18
Инв. № подл.		Подп. и дата.		Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата		

модулей и для первого канала двух- и трёхканальных модулей и не более $\pm 10\%$ для второго (третьего) канала.

В случае, если номинальное значение выходного напряжения второго или третьего канала отличается на 20% и более от номинального значения выходного напряжения первого канала, нестабильность их выходного напряжения при плавном изменении входного напряжения и выходного тока должна быть не более $\pm 12\%$.

Температурную нестабильность H_T выходного напряжения проверяют при номинальном входном напряжении и номинальных выходных токах (для многоканальных модулей).

Амплитуда пульсации выходного напряжения – не более $0,01 U_{НОМ}$ во всем диапазоне температур (рисунок 2.1).

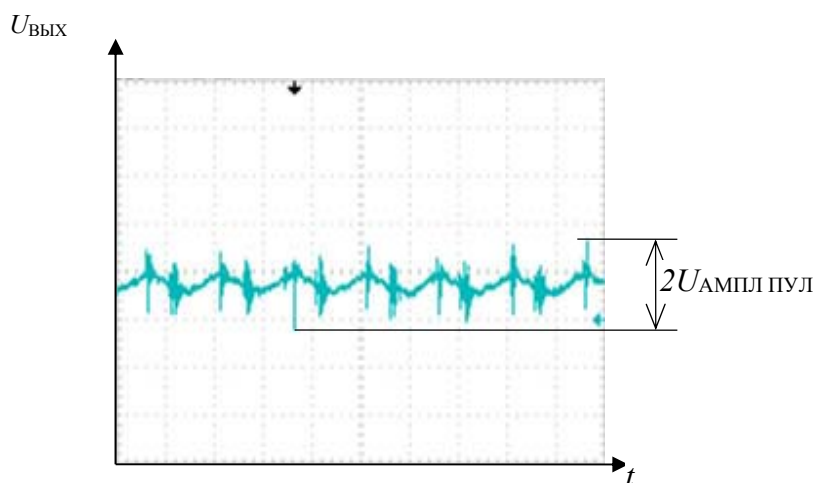


Рисунок 2.1 – Пульсации выходного напряжения

Для измерения пульсации выходного напряжения используется специальное приспособление – щуп, эскиз которого с указанными номиналами используемых элементов приведен на рисунке 2.2.

Слева распаивается коаксиальный кабель или витая пара (длина 30 мм), идущий от выходных контактов модуля, справа – коаксиальный кабель к осциллографу. Плата изготавливается из фольгированного стеклотекстолита. Неэкранированные концы кабеля должны быть длиной не более 10 мм. Щуп для измерения пульсаций имеет обозначение БКЮС.685119.101 и поставляется предприятием.

Применение щупа обеспечивает однозначность результатов измерения на предприятии-изготовителе и у потребителя.

					БКЮС.430501.002 Д1			Лист
Изм.	Л.	№ докум.	Подп.	Дата				19
Инв. № подл.		Подп. и дата.			Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	

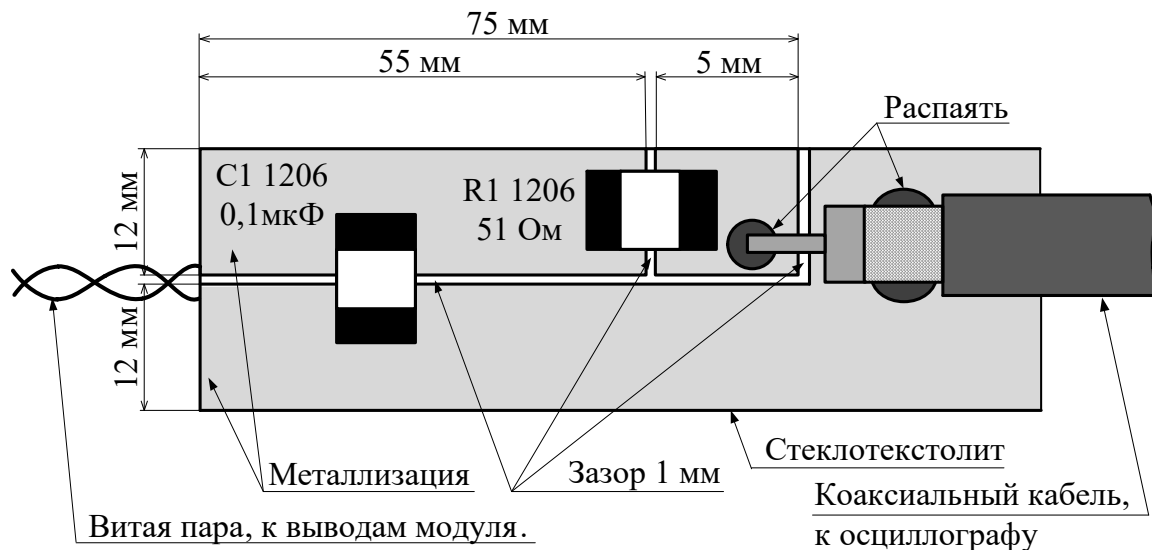
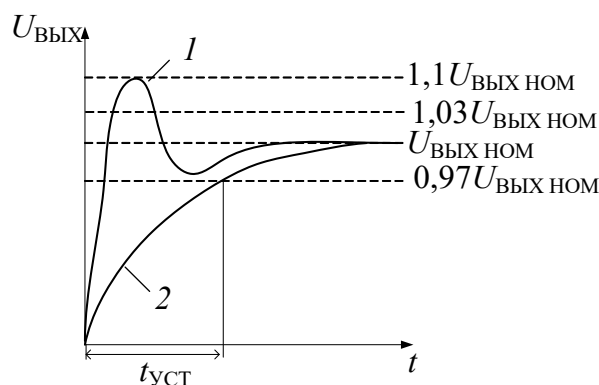


Рисунок 2.2 – Щуп для измерения пульсаций БКЮС.685119.101

Время установления выходного напряжения при включении модулей не более 1 с.
Процесс включения модуля представлен на рисунке 2.3.



$U_{\text{ВЫХ НОМ}}$ – значение выходного напряжения, замеренное при 50 % значении выходного тока,
 $t_{\text{УСТ}}$ – время установления выходного напряжения

Рисунок 2.3 – Характер изменения выходного напряжения модулей при включении

Кривая 1 на рисунке 2.3 показывает колебательный процесс установления выходного напряжения, кривая 2 – аperiodический процесс.

На рисунке 2.4 представлены **переходные процессы** на выходе модуля при его включении на холостом ходу (рисунок 2.4 а) и при номинальной нагрузке (рисунок 2.4 б). Выброс напряжения не превышает 10 % от номинального выходного напряжения. На рисунках 2.4 а, 2.4 б жёлтый луч – напряжение на выходе модуля питания, синий луч – напряжение на входе модуля питания.

					БКЮС.430501.002 Д1	Лист
Изм.	Л.	№ докум.	Подп.	Дата		20
Инв. № подл.		Подп. и дата.		Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

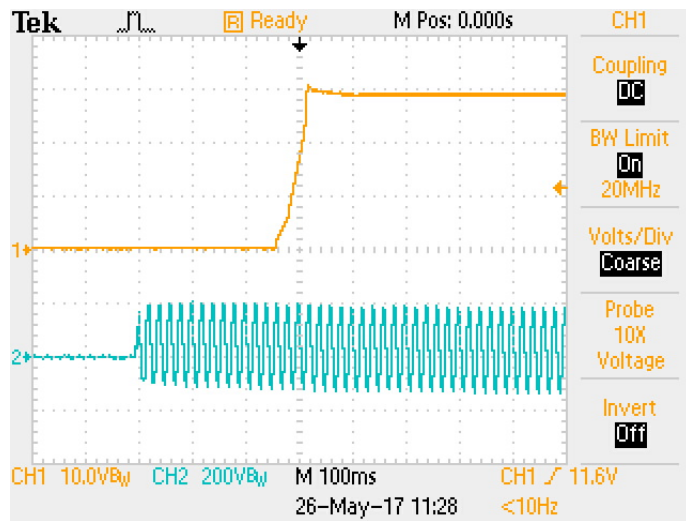


Рисунок 2.4 а – Переходные процессы на выходе модулей МАА при включении на холостом ходу

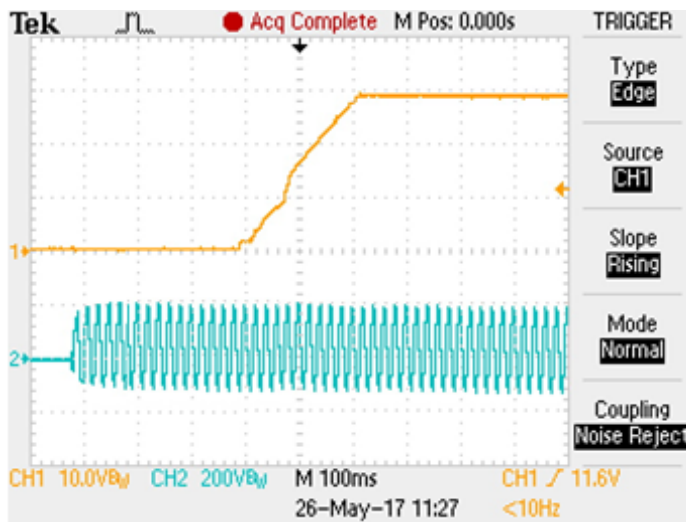


Рисунок 2.4 б – Переходные процессы на выходе модулей МАА при включении на номинальную нагрузку

Переходное отклонение выходного напряжения основного канала при воздействии переходного отклонения входного напряжения в пределах норм и требований, представленных в таблице 2.1, и при скачкообразном изменении выходного тока от $0,1 I_{ном}$ до $I_{ном}$ не должно превышать 10 % от номинального выходного напряжения. Характер изменения выходного напряжения представлен на рисунке 2.5.

					БКЮС.430501.002 Д1		Лист
Изм.	Л.	№ докум.	Подп.	Дата			21
Инв. № подл.		Подп. и дата.		Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	

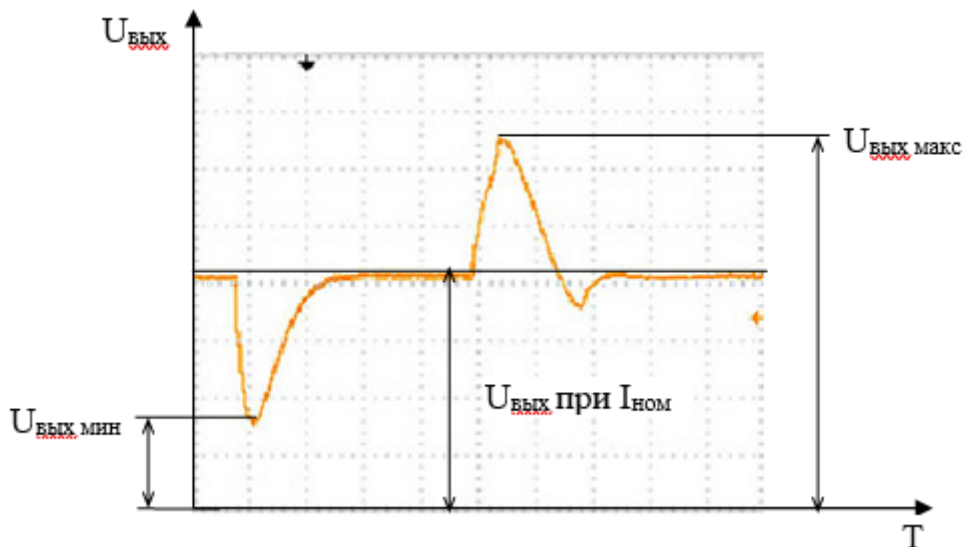


Рисунок 2.5 – Характер изменения выходного напряжения при скачкообразном изменении выходного тока

На рисунках 2.6 и 2.7 показан переходный процесс на выходе модуля при сбросе и набросе нагрузки от $0,1 I_{НОМ}$ до $I_{НОМ}$. При этом отклонение напряжения не превышает 10 % от значения номинального выходного напряжения для модулей серий МАА, МАА-П.

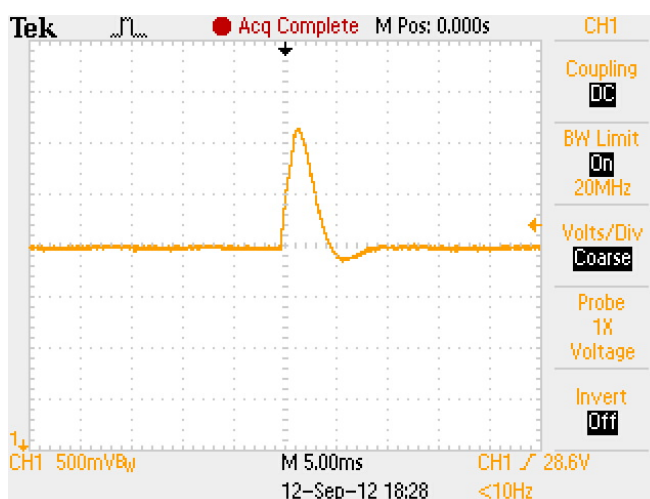


Рисунок 2.6 – Сброс нагрузки для модуля МАА900-1С27

					БКЮС.430501.002 Д1			Лист
Изм.	Л.	№ докум.	Подп.	Дата				22
Инв. № подл.		Подп. и дата.		Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата		

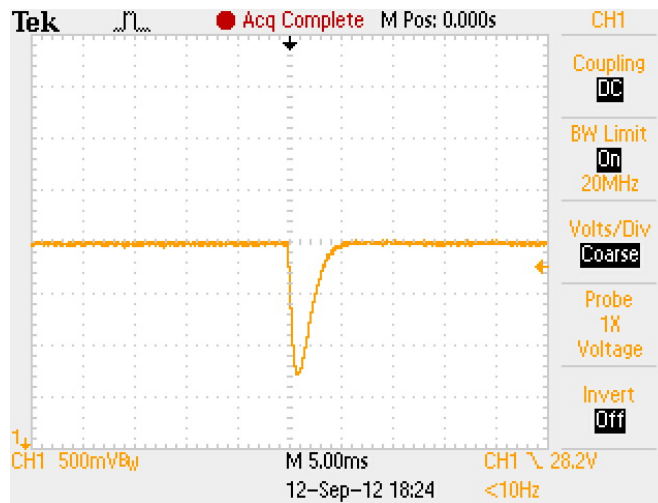


Рисунок 2.7 – Наброс нагрузки для модуля МАА900-1С27

Коэффициент полезного действия (КПД) модулей составляет не менее 78 %. Измерение КПД модулей проводят при установившемся минимальном значении входного напряжения $U_{ВХ\ MIN}$ и выходном токе, равном $0,8 I_{ВЫХ\ ном}$.

График зависимости КПД от выходного тока модуля представляет собой кривую, изображённую на рисунке 2.8. Типовой КПД модулей с выходным напряжением 27 В составляет 86 %. Точка перегиба кривой, а также крутизна снижения КПД с уменьшением нагрузки варьируется для модулей различных мощностей. Максимальный КПД модуля достигается при нагрузке около $0,8 I_{ном}$ и превышает значение в номинальном режиме на 1,5 - 3 %.

В приложении В для каждого типа модулей приведены графики зависимости КПД от нагрузки.

					БКЮС.430501.002 Д1			Лист
Изм.	Л.	№ докум.	Подп.	Дата				23
Инв. № подл.		Подп. и дата.		Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата		

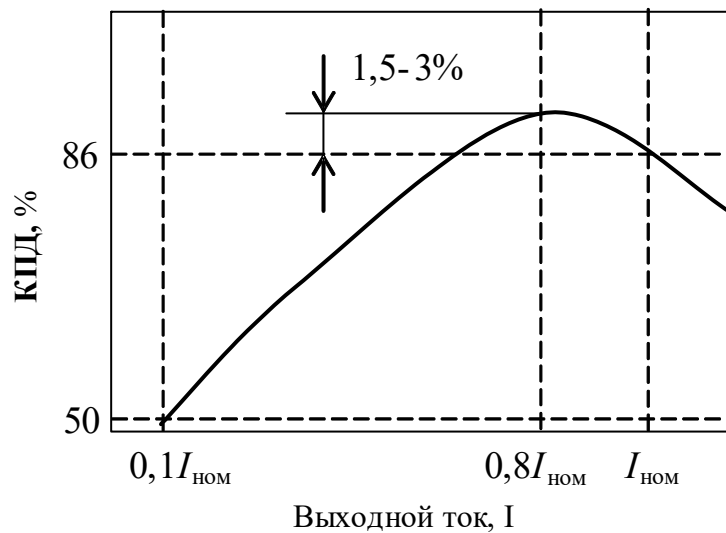


Рисунок 2.8 – Зависимость КПД от выходного тока

Защита модуля от перегрузки по току ограничивает выходную мощность модуля при увеличении выходного тока более $1,05...1,4 I_{НОМ}$ (рисунки 2.9-2.11, H_I – нестабильность выходного напряжения от изменения выходного тока). Также модули имеют защиту от короткого замыкания в цепи нагрузки, которая срабатывает при увеличении выходного тока до $1,5 I_{НОМ}$ с последующим автоматическим возвратом в режим стабилизации напряжения после снятия короткого замыкания. Режим защиты от короткого замыкания – длительный.

Модули серии МАА(МДД)600...2000 Вт имеют режим стабилизации тока, ограничивающий максимальный выходной ток на уровне $1,05 I_{НОМ}...1,07 I_{НОМ}$ (рисунок 2.10).

Типовые нагрузочные характеристики модулей представлены на рисунках 2.9 – 2.11.

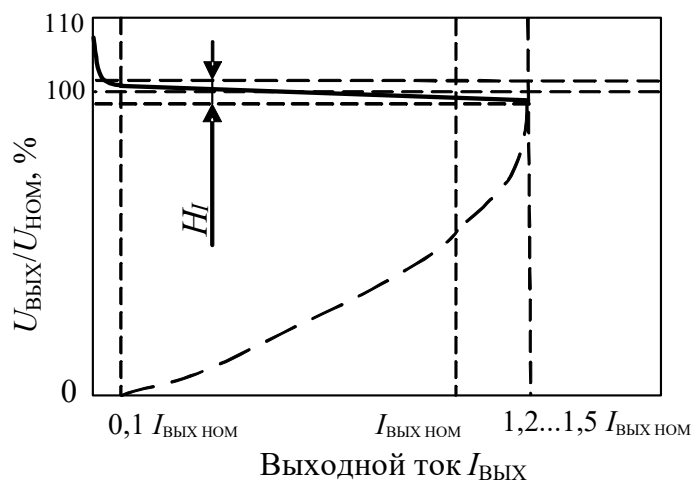


Рисунок 2.9 – Защита модулей серии МАА-П мощностью 40; 80; 160 Вт от перегрузки по току и короткого замыкания

					БКЮС.430501.002 Д1		Лист
Изм.	Л.	№ докум.	Подп.	Дата			24
Инв. № подл.		Подп. и дата.		Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	

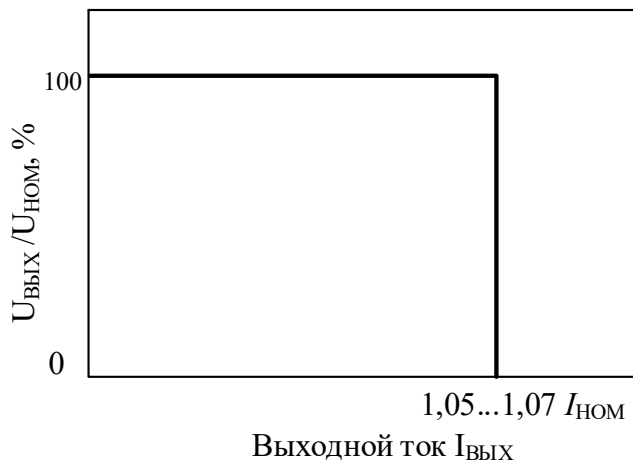


Рисунок 2.10 – Защита модулей серии МАА мощностью 600-2000 Вт от перегрузки по току и короткого замыкания

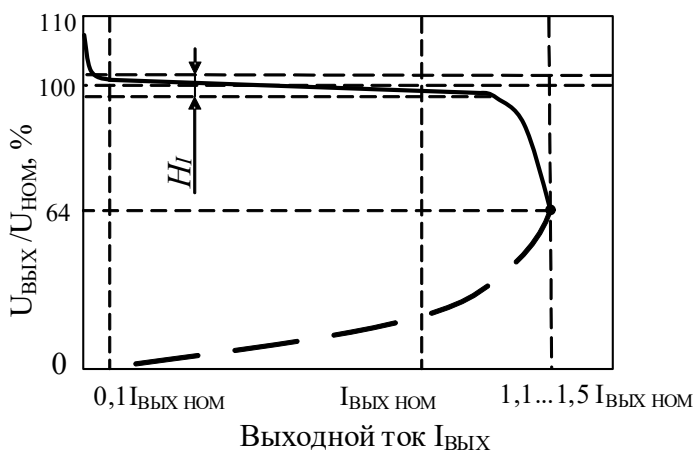


Рисунок 2.11 – Защита модулей серии МАА мощностью 20-400 Вт от перегрузки по току и короткого замыкания

Ток, потребляемый от сети при включении модуля, не должен превышать трехкратной величины по сравнению с током установившегося режима при полной мощности. На рисунке 2.12 представлена типовая осциллограмма входного тока и входного напряжения модуля при включении. В момент подключения модуля к источнику питания происходит кратковременный выброс тока, связанный с зарядом входной емкости. Величина выброса также обусловлена схемой ограничения пускового тока, предусмотренной для модулей серий МАА, МАА-П.

Измерение величины выброса входного тока производится при номинальном входном напряжении. Пусковой ток не зависит от величины нагрузки модуля.

					БКЮС.430501.002 Д1			Лист
Изм.	Л.	№ докум.	Подп.	Дата				25
Инв. № подл.		Подп. и дата.		Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата		

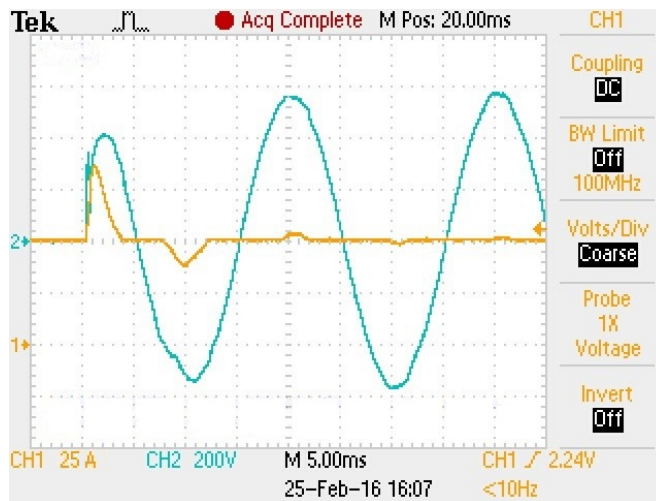


Рисунок 2.12 – Напряжение фазы и ток потребления модуля МАА1500-1Т27 при включении

Нарращивание мощности и параллельная работа. Модули мощностью 600...2000 Вт с индексом «Р» допускают параллельное соединение по выходу (до девяти модулей) при работе на общую нагрузку. Мощность нагрузки рассчитывается исходя из того, что её суммарная мощность должна быть равна $N \times P_{\text{ВЫХ}}$, где $P_{\text{ВЫХ}}$ – выходная мощность каждого модуля с коэффициентом загрузки 0,9, N – количество модулей ($N \leq 9$).

Выводы «+ОС», «-ОС» каждого модуля подключаются непосредственно к нагрузке в одной точке (рисунок 2.13 а для однофазной сети и сети постоянного тока, рисунок 2.13 б для трехфазной сети) для компенсации падения напряжения на проводах и контактах. Падение напряжения на проводниках, соединяющих модули с нагрузкой (для каждого модуля), не должно превышать 15 % от $U_{\text{ВЫХ ном}}$.

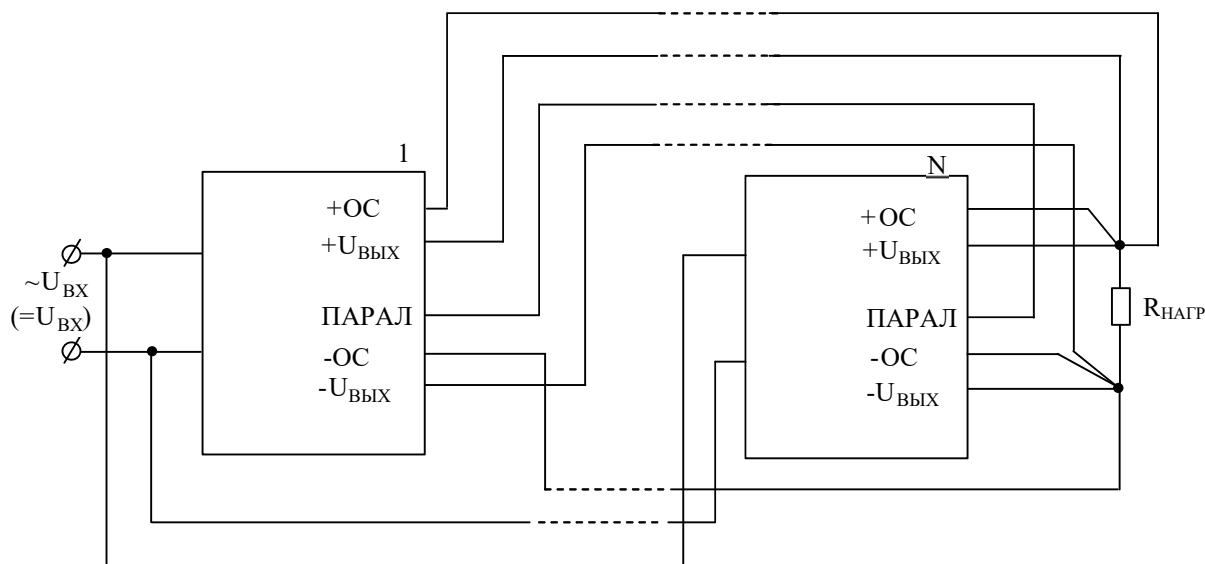


Рисунок 2.13 а – Параллельное подключение модулей питания по выходу для однофазной сети постоянного и переменного тока

					БКЮС.430501.002 Д1		Лист
Изм.	Л.	№ докум.	Подп.	Дата			26
Инв. № подл.		Подп. и дата.		Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	

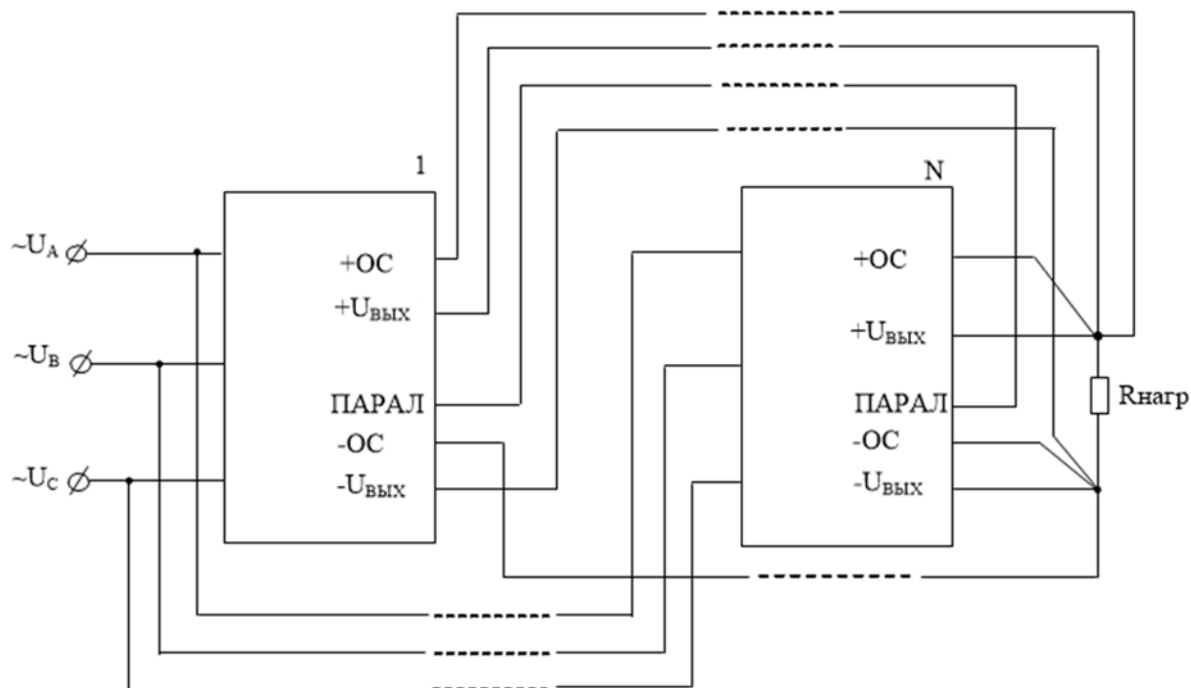


Рисунок 2.13 б – Параллельное подключение модулей питания по выходу для трёхфазной сети

Переходный процесс на выходе параллельно подключённых модулей серии МАА при сбросе/набросе нагрузки в пределах 10-100 % будет аналогичным переходному процессу одного модуля (рисунки 2.14 а, 2.14 б).

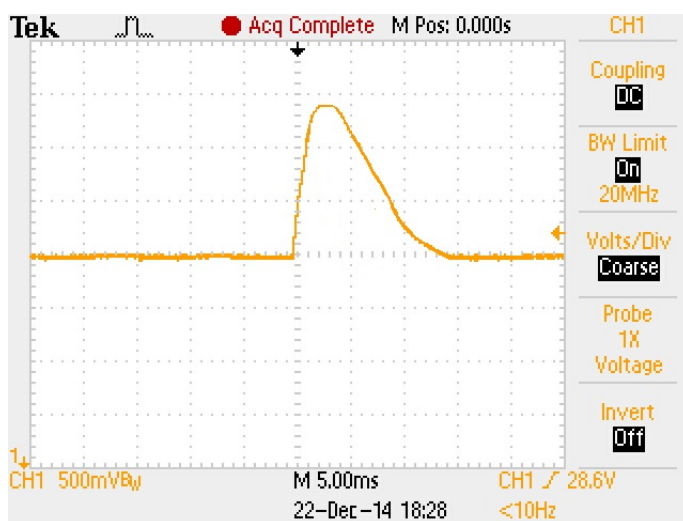


Рисунок 2.14 а – Переходный процесс на выходе трёх параллельно подключённых модулей МАА900-1С27-СУНР при сбросе нагрузки

					БКЮС.430501.002 Д1		Лист
Изм.	Л.	№ докум.	Подп.	Дата			27
Инв. № подл.		Подп. и дата.		Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	

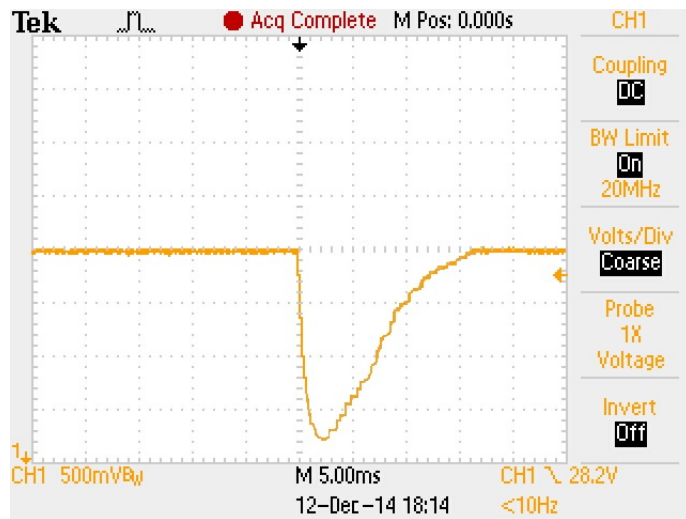


Рисунок 2.14 б – Переходный процесс на выходе трёх параллельно подключённых модулей МАА900-1С27-СУНР при набросе нагрузки

Повышение надёжности. Возможность параллельного включения, выносная обратная связь в модулях с индексом «Р» в конце обозначения позволяют создавать на их основе надёжные системы электропитания по схеме резервирования $N+1$, где N модулей обеспечивают мощность нагрузки P_N , а один модуль мощностью P_N/N используется как резерв.

Предположим, что полная нагрузка системы 2430 Вт, в этом случае для электропитания требуются три МАА900-1-Р с коэффициентом загрузки 0,9, четвертый – это резерв. Диоды, включенные на выходе каждого модуля (рисунок 2.15 а для однофазной сети и сети постоянного тока, рисунок 2.15 б для трехфазной сети), защищают систему от КЗ по выходу отказавшего модуля, а также позволяют упростить индикацию отказа модулей.

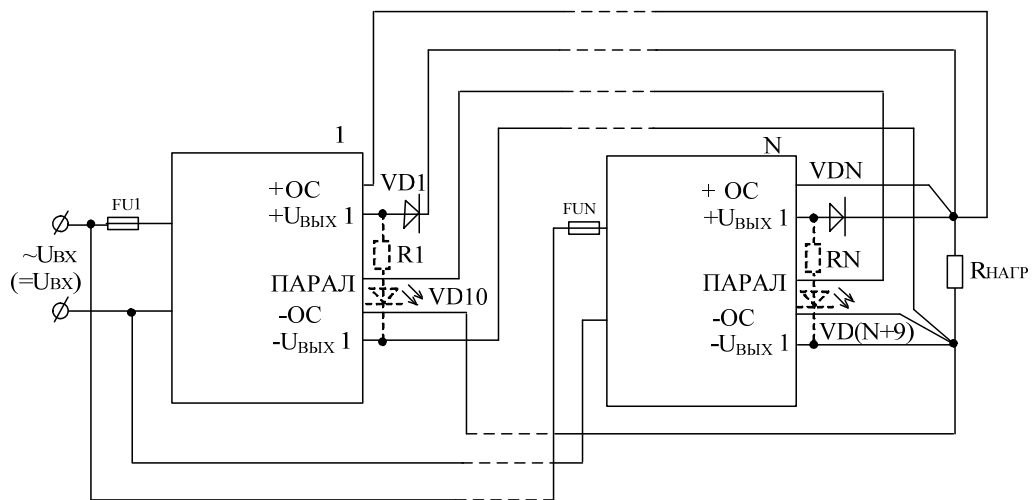


Рисунок 2.15 а

					БКЮС.430501.002 Д1		Лист
Изм.	Л.	№ докум.	Подп.	Дата			28
Инв. № подл.		Подп. и дата.		Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	

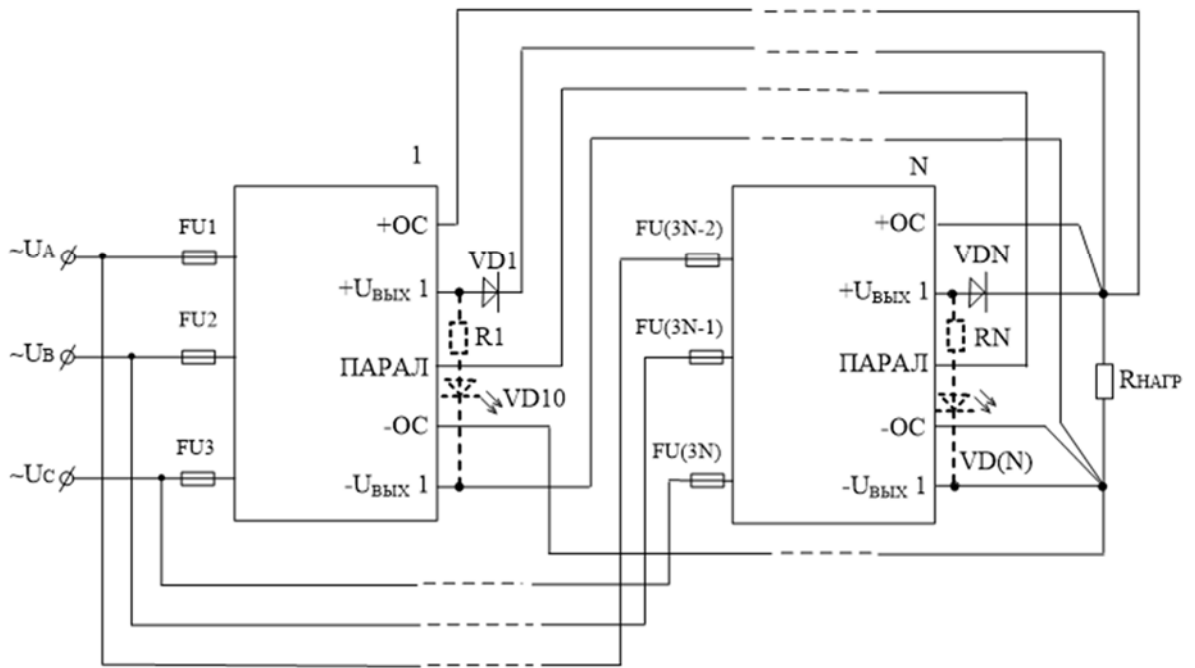


Рисунок 2.15 б

Увеличение среднего времени между отказами ($T_{срc}$) для системы электропитания с резервированием $N+1$ достигает значения

$$T_{срc} = T_{срм}^2 / T_3 \times (N^2 + N), \quad (7)$$

где T_3 – время замены модуля,

$T_{срм}$ – среднее время наработки на отказ одного модуля,

N – минимальное количество модулей, необходимое для обеспечения требуемой мощности нагрузки.

$$N = \frac{P_H}{P_M},$$

где P_H - требуемая мощность нагрузки,

P_M – мощность одного модуля.

Из формулы (7) следует, что каждый дополнительный модуль увеличивает значение $T_{срc}$ в $T_0 / (t_2 (n+1))$ раз, то есть на несколько порядков.

Система обладает такой высокой надёжностью только при условии своевременной замены модуля, поэтому система должна иметь индикацию ($R1...RN, VD10...VD(N)$) и дистанционную сигнализацию оператору об отказавшем модуле.

Учитывая вышесказанное, а также ряд экономических причин, процент резервирования рекомендуется выбирать в пределах от 33 до 20 % от выходной мощности или по принципу $(n+1)$. На рисунке 2.16 показан источник вторичного электропитания (ИБЭП), состоящий из четырех

					БКЮС.430501.002 Д1	Лист
Изм.	Л.	№ докум.	Подп.	Дата		29
Инв. № подл.		Подп. и дата.		Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

модулей, где мощность модуля для резервирования равна 33 %. ИВЭП из четырех модулей, при мощности каждого 900 Вт, имеет полную мощность 3600 Вт, резервируемую 2700 Вт.

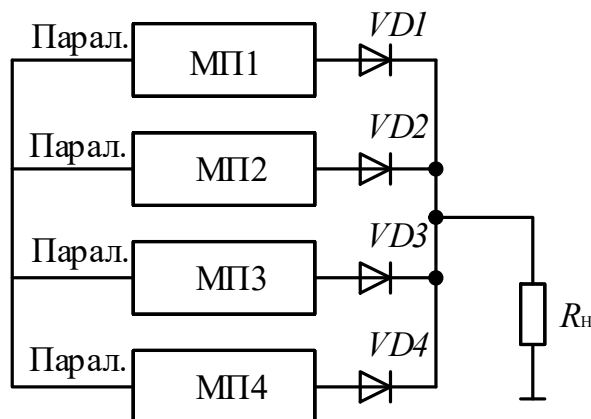


Рисунок 2.16

В момент отказа одного из четырёх модулей переходный процесс незначителен, если суммарная нагрузка параллельно подключённых модулей не превышает P_n (рисунок 2.17).



Рисунок 2.17

Подстройка выходного напряжения. Подстройка позволяет изменить выходное напряжение одноканальных модулей в пределах $\pm 5\%$ или $\pm 10\%$ в зависимости от модификации модуля.

Для повышения выходного напряжения одноканальных модулей серии МАА (МДД) на 5 % (10 %) необходимо соединить выводы «РЕГ» и «-ОС», а при отсутствии вывода «-ОС» – выводы «РЕГ» и «- $U_{\text{ВЫХ1}}$ ».

Для повышения выходного напряжения модуля менее, чем на 5 % (10 %) между выводами «РЕГ» и «-ОС» (при отсутствии вывода «-ОС», между выводами «РЕГ» и «- $U_{\text{ВЫХ1}}$ ») необходимо установить резистор R_1 (рисунок 2.18 а), величина которого рассчитывается по формуле:

					БКЮС.430501.002 Д1		Лист
Изм.	Л.	№ докум.	Подп.	Дата			30
Инв. № подл.		Подп. и дата.		Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	

$$R_1 = \left[2,1 \cdot \frac{U_{\text{ВЫХ НОМ}} - 2,5}{U_{\text{ВЫХ}} - U_{\text{ВЫХ НОМ}}} \right] - K_1, [\text{кОм}],$$

где $U_{\text{ВЫХ НОМ}}$ – номинальное выходное напряжение модуля, В;

$U_{\text{ВЫХ}}$ – требуемое выходное напряжение модуля от $U_{\text{НОМ}}$ до $1,05 U_{\text{НОМ}}$ ($1,1 U_{\text{НОМ}}$), В;

$K_1=K_{+5\%}$ – коэффициент, определяемый из таблицы 2.7 для модулей с подстройкой $\pm 5\%$;

$K_1=K_{+10\%}$ – коэффициент, определяемый из таблицы 2.7 для модулей с подстройкой $\pm 10\%$.

Таблица 2.7

$U_{\text{НОМ}}, \text{В}$	$K_{+5\%}$	$K_{+10\%}$
3,3	10,18	5,09
5	21,00	10,50
6	24,50	12,25
9	30,33	15,17
12	33,25	16,63
15	35,00	17,50
20	36,75	18,38
24	37,63	18,81
27	38,11	19,06
36	39,08	19,54
48	39,81	19,91
54	40,06	20,03
68	40,46	20,23
80	40,69	20,34

Таблица 2.8

$U_{\text{НОМ}}, \text{В}$	$K_{-5\%}$	$K_{-10\%}$
3,3	1,14	0,17
5	18,50	8,00
6	32,67	14,58
9	81,61	37,56
12	134,58	62,54
15	189,17	88,33
20	281,75	132,13
24	356,54	167,52
27	412,87	194,19
36	582,53	274,51
48	809,52	382,01
54	923,19	435,84
68	1188,63	561,57
80	1416,31	669,41

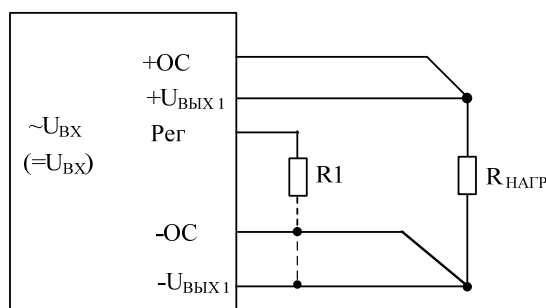


Рисунок 2.18 а

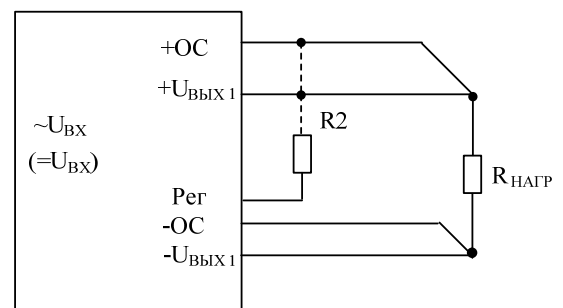


Рисунок 2.18 б

Для понижения выходного напряжения одноканальных модулей серии МАА (МДД) на 5 % (10 %) необходимо соединить выходы «РЕГ» и «+OC», при отсутствии вывода «+OC» – выходы «РЕГ» и «+ $U_{\text{ВЫХ1}}$ ».

					БКЮС.430501.002 Д1	Лист
Изм.	Л.	№ докум.	Подп.	Дата		31
Инв. № подл.		Подп. и дата.		Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

Для снижения выходного напряжения модуля менее чем на 5 % (10 %), между выводами «РЕГ» и «+ОС» (при отсутствии вывода «+ОС» – выводы «РЕГ» и «+U_{ВЫХ1}») необходимо установить резистор R₂ (рисунок 2.18 б), величина которого рассчитывается по формуле:

$$R_2 = \left[(U_{\text{ВЫХ}} - 2,9) \cdot \frac{U_{\text{ВЫХ НОМ}} - 2,5}{U_{\text{ВЫХ НОМ}} - U_{\text{ВЫХ}}} \right] - K_2, [\text{КОМ}],$$

где U_{ВЫХ НОМ} – номинальное выходное напряжение модуля, В;

U_{ВЫХ} – требуемое выходное напряжение модуля от U_{НОМ} до 0,95 U_{НОМ} (0,9 U_{НОМ}), В;

K_{2=K-5%} – коэффициент, определяемый из таблицы 2.8 для модулей с подстройкой ±5 %;

K_{2=K-10%} – коэффициент, определяемый из таблицы 2.8 для модулей с подстройкой ±10 %.

Для модулей с регулировкой в заданном диапазоне от U_{НОМ} до 0,5 U_{НОМ} (модули с индексом «Д» в конце обозначения) необходимо установить переменный резистор R₂ мощностью не менее 0,25 Вт между выводами «РЕГ» и «+U_{ВЫХ1}» (рисунок 2.18 б).

При регулировке U_{ВЫХ} от U_{НОМ} до 0,5 U_{НОМ} значение сопротивления резистора R₂ выбирается в соответствии с таблицей 2.10 и рассчитывается по формуле:

$$R_2 = \left[(U_{\text{ВЫХ}} - 2,9) \cdot \frac{U_{\text{ВЫХ НОМ}} - 2,5}{U_{\text{ВЫХ НОМ}} - U_{\text{ВЫХ}}} \right] - K_{-50\%}, [\text{КОМ}],$$

где U_{ВЫХ НОМ} – номинальное выходное напряжение модуля, В;

U_{ВЫХ} – требуемое выходное напряжение модуля (от U_{НОМ} до 0,5 U_{НОМ}), В;

K_{-50%} – коэффициент, определяемый из таблицы 2.9.

Таблица 2.9

U _{НОМ} , В	K _{-50%}
6	0,12
9	2,31
12	4,91
15	7,67
20	12,43
24	16,30
27	19,24
36	28,10
48	40,00
54	45,97
68	59,91
80	71,88

Повышение точности стабилизации. Для компенсации падения напряжения на контактах и проводах, предотвращения влияния омических сопротивлений проводов и контактов на точность стабилизации напряжения при изменении нагрузки модули с выносной обратной связью (с индексом «Р» в конце обозначения) должны быть подключены по цепи обратной связи

					БКЮС.430501.002 Д1		Лист
Изм.	Л.	№ докум.	Подп.	Дата			32
Инв. № подл.		Подп. и дата.		Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	

непосредственно к нагрузке (рисунок 2.19). Подключение выполняется витой парой, сечение проводников $S \geq 0,2 \text{ мм}^2$.

В случае, если обратная связь не используется, вывод «+ОС» должен быть соединён с выводом «+ $U_{\text{ВЫХ}}$ », а вывод «-ОС» должен быть соединён с выводом «- $U_{\text{ВЫХ}}$ » (рисунок 2.20).

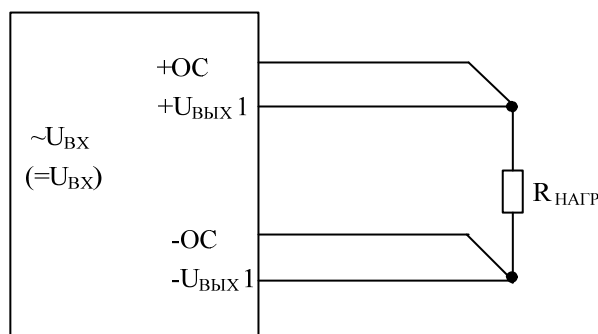


Рисунок 2.19

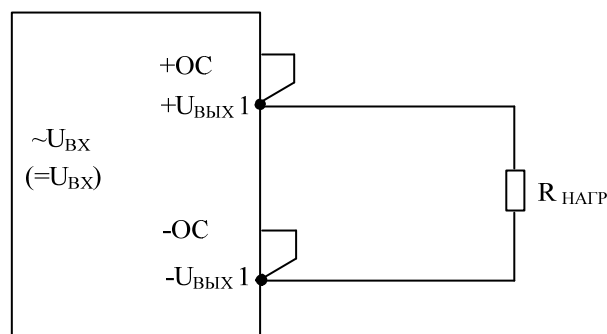


Рисунок 2.20

Дистанционное выключение/включение может осуществляться с помощью механического ключа, реле или электронного ключа типа «открытый коллектор». Дистанционное включение для модулей с номинальной выходной мощностью 100 Вт и более необходимо осуществлять путём снятия с выводов «+УПР», «-УПР» постоянного напряжения от 3,5 до 6 В от независимого источника (рисунок 2.21). Контакты гальванически развязаны от входных и выходных сетей. Ток потребления не более 20 мА

Для модулей с номинальной выходной мощностью 900 Вт и более дистанционное включение также осуществляется размыканием контактов «+УПР1», «-УПР1». Контакт «-УПР1» гальванически соединен с контактом «- $U_{\text{ВЫХ}1}$ » или «-ОС» (рисунок 2.22).

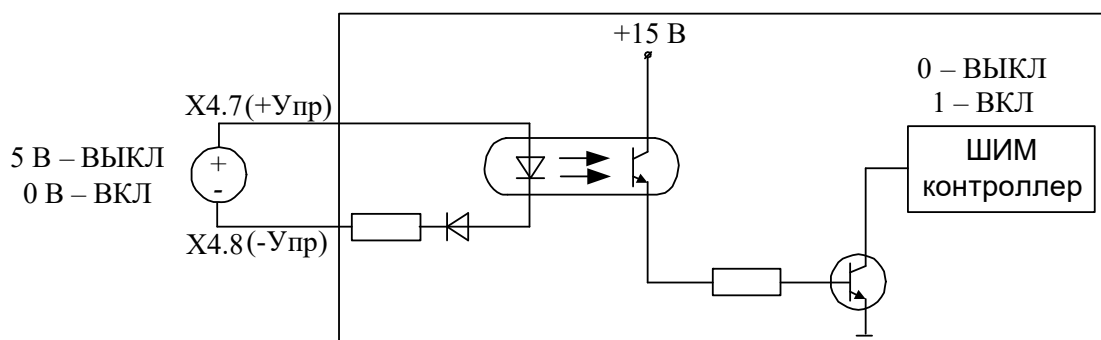


Рисунок 2.21 – Дистанционное выключение/включение модуля питания
подачей/снятием напряжения

					БКЮС.430501.002 Д1		Лист
Изм.	Л.	№ докум.	Подп.	Дата			33
Инв. № подл.		Подп. и дата.		Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	

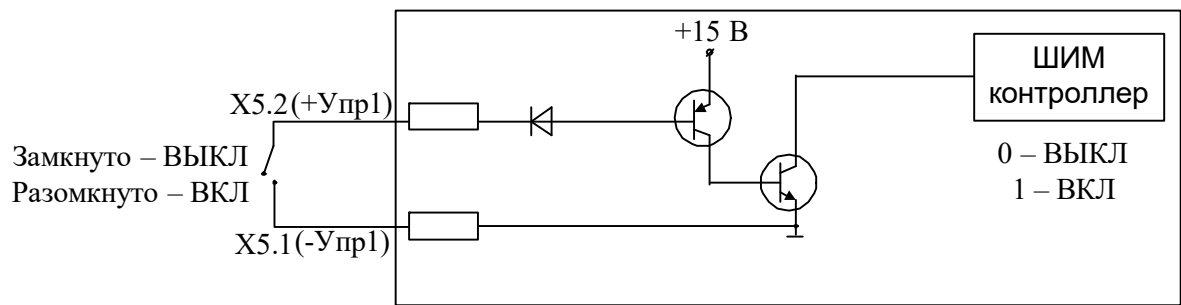


Рисунок 2.22 – Дистанционное выключение/включение модуля питания замыканием/размыканием контактов

Типовые значения входных токов модулей при выключении по выводу «ВКЛ» представлены в таблице 2.10.

Таблица 2.10 – Типовой входной ток при выключении по выводу «ВКЛ» при номинальном входном напряжении для модулей МАА БКЮС.436610.007 ТУ

Тип модуля	МАА100-1С-СУН	МАА200-1С-СУН, МАА300-1С-СУН, МАА400-1С-СУН	МАА600-1С-СУНД, МАА800-1С-СУНД	МАА900-1С-СКНД, МАА1200-1С-СКНД	МАА900-1Т27-СУН, МАА1500-1Т27-СУН	МАА2000-1Т27-СУН
Ток, мА	20	25	30	60	78*	4*
* – действующее значение тока по каждой из трёх фаз						

Модули имеют **защиту от превышения напряжения на выходе**, которая срабатывает при достижении значения выходного напряжения $1,15 U_{ном}$. Предназначена для защиты оборудования в случае обрыва обратной связи в модуле питания.

Тепловая защита срабатывает при температуре корпуса $95\text{ }^{\circ}\text{C}$ и обеспечивает защиту модуля от перегрева, выключая его при превышении температуры корпуса значений, приведенных в таблице 2. При снижении температуры корпуса модуль автоматически восстанавливает свою работоспособность.

Модули могут быть включены последовательно по выходу для **увеличения выходного напряжения и/или мощности** (рисунок 2.23). При этом необходимо к выводам «+ВЫХ», «-ВЫХ» каждого модуля присоединить обратно включенные диоды, чтобы избежать переплюсовки при включении. При использовании двухканального модуля в режиме

					БКЮС.430501.002 Д1		Лист
Изм.	Л.	№ докум.	Подп.	Дата			34
Инв. № подл.		Подп. и дата.		Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	

одноканального необходимо к выводам «+ВЫХ 1», «-ВЫХ 1», «+ВЫХ 2», «-ВЫХ 2» также присоединить обратно включенные диоды (рисунок 2.24).

Диоды следует выбирать с обратным напряжением не менее $1,5 U_{\text{ВЫХ ном}}$ и током не менее $1,5 I_{\text{ВЫХ ном}}$ одного модуля.

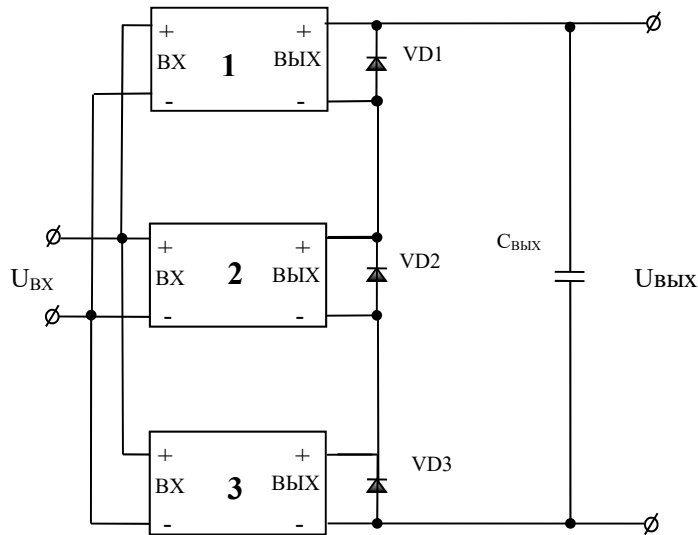


Рисунок 2.23 – Последовательное включение модулей питания по выходу

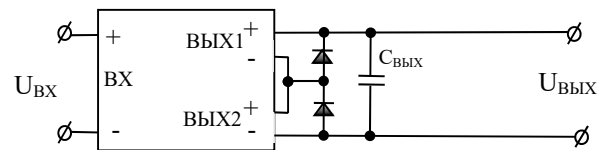


Рисунок 2.24 – Использование двухканального модуля в режиме одноканального

					БКЮС.430501.002 Д1	Лист
Изм.	Л.	№ докум.	Подп.	Дата		35
Инв. № подл.		Подп. и дата.		Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

3 Конструкция и тепловые режимы

3.1 Внешний вид, качество покрытия, габаритные, установочные и присоединительные размеры модуля должны соответствовать требованиям ТУ, комплекту конструкторской документации и инструкции по контролю внешнего вида, маркировки и качества покрытия БКЮС.435714.001.И54.

Масса модуля не должна превышать значений, указанных в таблице 1.

Выводы модулей должны быть механически прочными и выдерживать без механических повреждений воздействие растягивающей силы в соответствии с ГОСТ РВ 20.39.412.

Покрытие выводов обеспечивает пайку без лужения и допускает трехкратную перепайку без нарушения целостности выводов и ухудшения электрических свойств.

Материалы, защитные покрытия, комплектующие изделия, применяемые в модулях, должны соответствовать требованиям ГОСТ РВ 20.39.412.

Конструкция модулей должна быть выполнена в металлических герметизированных корпусах с теплоотводящим основанием. Модули могут быть выполнены в конструктивных исполнениях СУН, СКН, СТН, СПН, ПКМ. В зависимости от конструктивных особенностей теплоотводы могут крепиться к резьбовым, сквозным отверстиям и резьбовым втулкам, предназначенным для крепления корпусов модулей в аппаратуру, или к специально предназначенным для крепления радиаторов резьбовым отверстиям (МАО600, МАО800, МАО900, МАО1200, МАО1500, МАО2000).

В основе конструкции модуля лежит печатная плата (рисунок 3.1) с элементами поверхностного монтажа, размещенная в металлическом корпусе и залитая эластичным компаундом.

					БКЮС.430501.002 Д1	Лист
Изм.	Л.	№ докум.	Подп.	Дата		36
Инв. № подл.		Подп. и дата.		Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

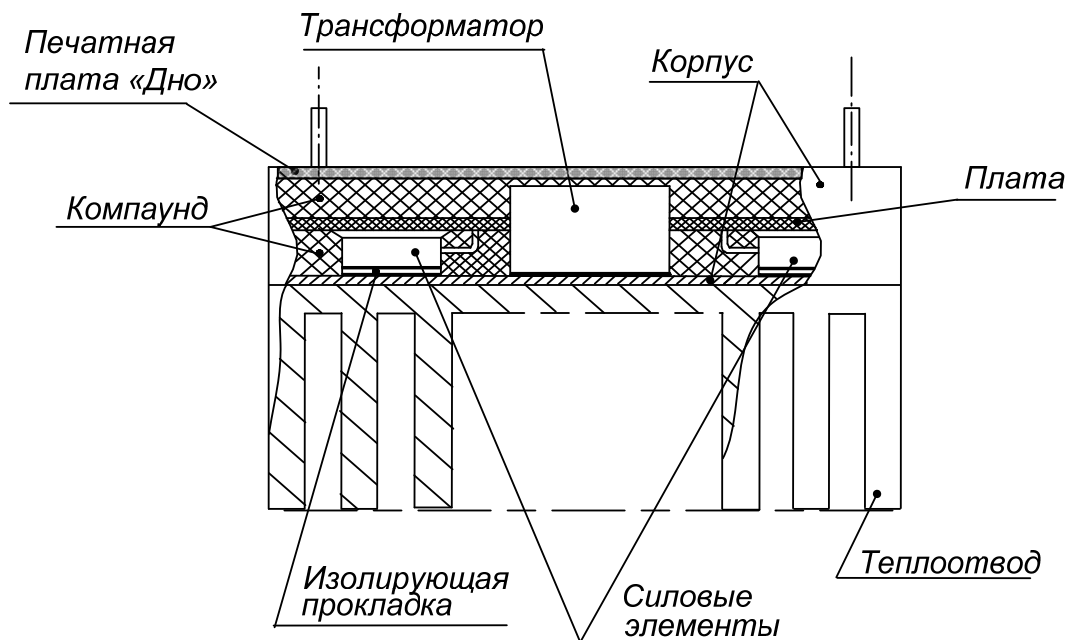


Рисунок 3.1 – Эскиз модуля в разрезе

Корпуса модулей изготавливаются с покрытием, которое обеспечивает пайку низкотемпературными припоями. На модули устанавливается опаиваемая печатная плата «Дно», которая обеспечивает механическую защиту элементов и является экраном от излучаемых радиопомех.

Обеспечение теплового режима

Тепловая энергия модуля выделяется в окружающее пространство излучением и конвекцией, причем основное тепло отдается за счет конвекции.

Теплоотдача путем конвекции с поверхности модуля, корпус которого нагрет до температуры θ_k в окружающую среду с температурой $\theta_{ср}$ определяется законом Ньютона (8).

$$P_{\Pi} = \alpha_k \cdot S \cdot \Delta\theta, \quad (8)$$

где P_{Π} – мощность потерь модуля (Вт),

α_k – коэффициент конвекции (Вт / °С·см²),

S – площадь поверхности (см²),

$\Delta\theta$ – разница между температурами корпуса и среды, $\Delta\theta = \theta_k - \theta_{ср}$ (°С).

По формуле (8) можно определить температуру перегрева $\Delta\theta$ модуля относительно окружающей среды (9).

$$\Delta\theta = P_{\Pi} / (\alpha_k \cdot S). \quad (9)$$

Большинство предприятий, выпускающих универсальные модули, заменяют выражение $1/(\alpha_k \cdot S)$ на тепловое сопротивление R_{θ} , которое приводят в datasheet, при этом формула (9) принимает вид (10).

					БКЮС.430501.002 Д1	Лист
Изм.	Л.	№ докум.	Подп.	Дата		37
Инв. № подл.		Подп. и дата.		Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

$$\Delta\theta = P_{\Pi} \cdot R_{\theta}. \quad (10)$$

Мощность потерь P_{Π} определяется по формуле (11).

$$P_{\Pi} = P_{\text{ВЫХ}} \cdot (\eta^{-1} - 1), \quad (11)$$

где $P_{\text{ВЫХ}}$ – мощность, потребляемая нагрузкой,

η – КПД.

Поскольку в ТУ приведен только типовой КПД модулей, при расчётах следует уточнять КПД для каждого типа модуля по графикам, показывающим зависимость КПД от выходной мощности и входного напряжения. Эти графики также приводятся в datasheet на модули. Пример таких графиков для модулей МАА40-П с входными напряжениями 187, 220 и 242 В приведен на рисунке 3.2.

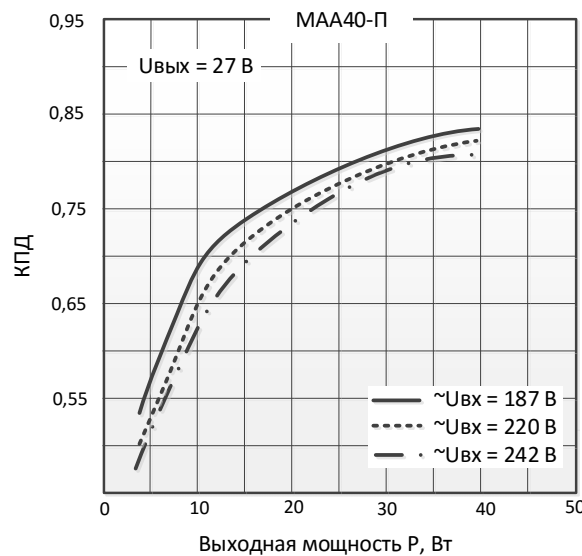


Рисунок 3.2 – График зависимости КПД модуля МАА40-П от нагрузки

По известным значениям R_{θ} и P_{Π} используя формулу (10) можно рассчитать температуру перегрева $\Delta\theta$ и определить температуру окружающей среды $\theta_{\text{СР}}$, при которой модуль может работать без радиатора (12).

$$\theta_{\text{СР}} = \theta_{\text{К МАКС}} - \Delta\theta, \quad (12)$$

где $\theta_{\text{К МАКС}}$ – максимально допустимая температура корпуса модуля.

Пример 1.

Определить максимальную выходную мощность $P_{\text{ВЫХ МАХ}}$ модуля МАА50-1С05-СКН напряжением при температуре окружающей среды 70°C без использования радиатора при естественной конвекции.

По формуле (12) с учетом выражений (10) и (11) получаем:

					БКЮС.430501.002 Д1		Лист
Изм.	Л.	№ докум.	Подп.	Дата			38
Инв. № подл.		Подп. и дата.		Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	

$$P_{\text{ВЫХ МАХ}} = (\theta_{\text{К МАХ}} - \theta_{\text{СР}}) / R_{\theta} \cdot (\eta^{-1} - 1); \quad (13)$$

Из datasheet на модуль МАА50-1С05-СКН имеем

$$\theta_{\text{К МАХ}} = 85 \text{ }^{\circ}\text{C}; R_{\theta} = 4,6 \text{ }^{\circ}\text{C} / \text{Вт}; \eta = 0,78.$$

$$P_{\text{ВЫХ МАХ}} = (85 - 70) / 4,6 \cdot (0,78^{-1} - 1) = 3,86 \text{ [Вт]}.$$

Также при расчётах необходимо учитывать снижение КПД при снижении выходной мощности.

Тепловые графики, приведенные в datasheet, также позволяют решить эту задачу. Эти графики показывают, как меняется допустимая мощность на выходе модуля в зависимости от внешней температуры. До температуры среды $\theta_{\text{СР}}$, равной

$$\theta_{\text{СР}} = \theta_{\text{К МАКС}} - P_{\text{НОМ}} \cdot R_{\theta} \cdot (\eta^{-1} - 1) \quad (14)$$

график идет параллельно оси абсцисс с ординатой $P_{\text{НОМ}}$, где $P_{\text{НОМ}}$ – номинальная выходная мощность. Далее допустимая выходная мощность начинает снижаться и становится равной нулю при температуре $\theta_{\text{СР}} = \theta_{\text{К МАХ}}$. Наиболее часто в datasheet ниспадающий участок графика представлен прямой, соединяющей эти две точки. Прямая является приближенным решением уравнения:

$$\theta_{\text{К МАХ}} = \theta_{\text{СР}} + P_{\text{НОМ}} \cdot R_{\theta} \cdot (\eta^{-1} - 1) \quad (15)$$

так как параметр η - нелинейный и зависит от выходной мощности.

Аппроксимирующая прямая 1 на рисунке 3.3 дает хорошее совпадение с реальной только для значений выходной мощности в диапазоне от $0,5 P_{\text{НОМ}}$ до $P_{\text{НОМ}}$, когда изменения КПД незначительны. Для малых выходных мощностей допустимое значение температуры $\theta_{\text{СР}}$ необходимо считать по формуле (14). Для подтверждения этого вывода на рисунке 3.3 приведена кривая 2, которая построена по формуле (14), для десяти значений $P_{\text{ВЫХ}}$ в диапазоне от $0,1 P_{\text{НОМ}}$ до $P_{\text{НОМ}}$.

					БКЮС.430501.002 Д1			Лист
Изм.	Л.	№ докум.	Подп.	Дата				39
Инв. № подл.		Подп. и дата.		Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата		

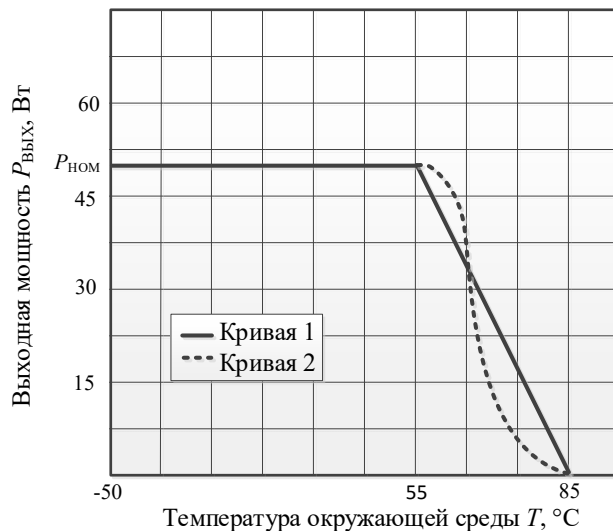


Рисунок 3.3 – Тепловой график модуля МАА50

Для каждого значения мощности $P_{\text{вых}}$ рассчитывалась мощность потерь по формуле (11), при этом был использован график зависимости КПД данного модуля от нагрузки (рисунок 3.2), а затем определяли температуру перегрева по формуле (10). Из сравнения тепловых графиков видно, что определение допустимой температуры среды $\theta_{\text{ср}}$ в диапазоне малых мощностей по аппроксимирующей прямой приводит к значительным ошибкам. Разработчики, которые используют модули при малых нагрузках, не учитывают значительное уменьшение КПД, и модули могут перегреваться.

Тепловые графики показывают, что в широком диапазоне температур модули мощностью до 30 Вт могут быть использованы без радиатора при номинальной мощности или при ее незначительном уменьшении. Модули большей мощности требуют установки на теплоотводы с плотным прилеганием через теплопроводящую пасту (рисунок 3.4).

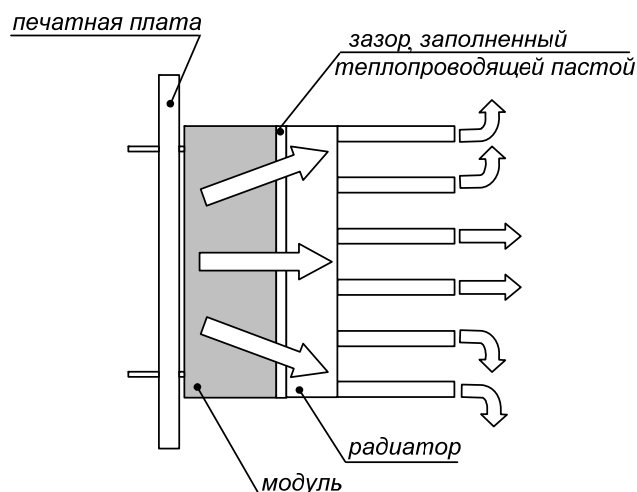


Рисунок 3.4

					БКЮС.430501.002 Д1	Лист
Изм.	Л.	№ докум.	Подп.	Дата		40
Инв. № подл.		Подп. и дата.		Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

Допускается установка модулей на теплоотводы любой конструкции. Необходимая площадь поверхности теплоотвода, обеспечивающая допустимый перегрев, зависит от многих факторов: высоты ребер радиатора, расстояния между ребрами, толщины основания и пр. Тепловые расчеты в этих условиях крайне сложны. Целесообразно для модулей использовать специальные радиаторы. Для модулей серии МАА (МДД) выпускается несколько типов стандартных радиаторов охлаждения для применения вместе с модулями (таблица 3.1), размеры основания которых соответствуют размерам модуля (рисунок 3.5). В радиаторах использованы профили двух типов с высотой 26 и 46 мм соответственно.

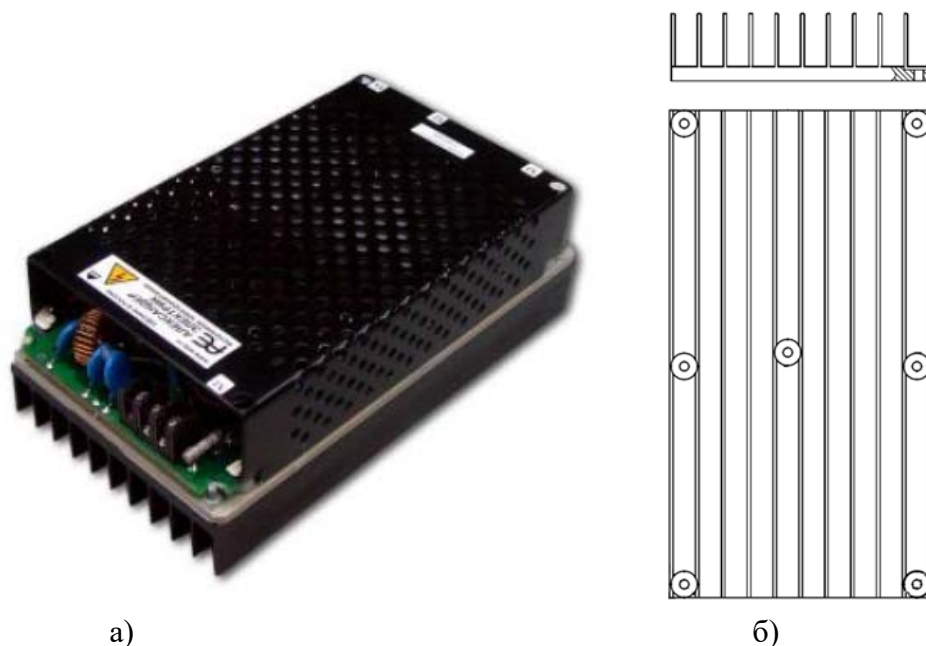


Рисунок 3.5 – Модуль с радиатором (а), габаритный чертеж радиатора (б)

Таблица 3.1 – Стандартные радиаторы охлаждения для модулей серии МАА (МДД)

Модуль для применения	Децимальный номер	Размеры $A \times B \times C \times D$ (мм)	S , cm^2	Коэффициент α
Продольные с высотой профиля 26 мм				
МАА(МДД)20,40	БКЮС.752695.411	102x51x26x6	315	0,0009
МАА(МДД)50,75	БКЮС.752695.415	126x57x26x6	396	
МАА(МДД)100,150,180	БКЮС.752695.410	133x94x26x6	684	
МАА (МДД)200, 300	БКЮС.752695.400	102x190x26x6	1070	
МАА (МДД)600, 900	БКЮС.752695.401	122x238x26x6	1385	
Поперечные с высотой профиля 46 мм				
МАА (МДД)200,300	БКЮС.752695.267, БКЮС.752695.268	87x106x46x6, 122x106x46x6	2155	0,00067
МАА (МДД)600	БКЮС.752695.402, БКЮС.752695.403	122x131x46x6, 122x131x46x6	3125	
МАА (МДД)200, 300, 600, 900	МДЯИ.752695.006	122x165x46x6	3925	

					БКЮС.430501.002 Д1		Лист
Изм.	Л.	№ докум.	Подп.	Дата			41
Инв. № подл.		Подп. и дата.		Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	

Тепловой расчет модуля, установленного на стенке корпуса

Рассмотрим случай, когда стенка корпуса РЭА используется в качестве теплоотвода.

С целью упрощения расчета температуры модуля, расположенного на стенке корпуса, прямоугольное основание модуля с размерами l_1 , l_2 и пластина стенки с размерами L_1 , L_2 заменяются эквивалентными дисками с размерами r_0 и R_0 (рисунок 3.6).

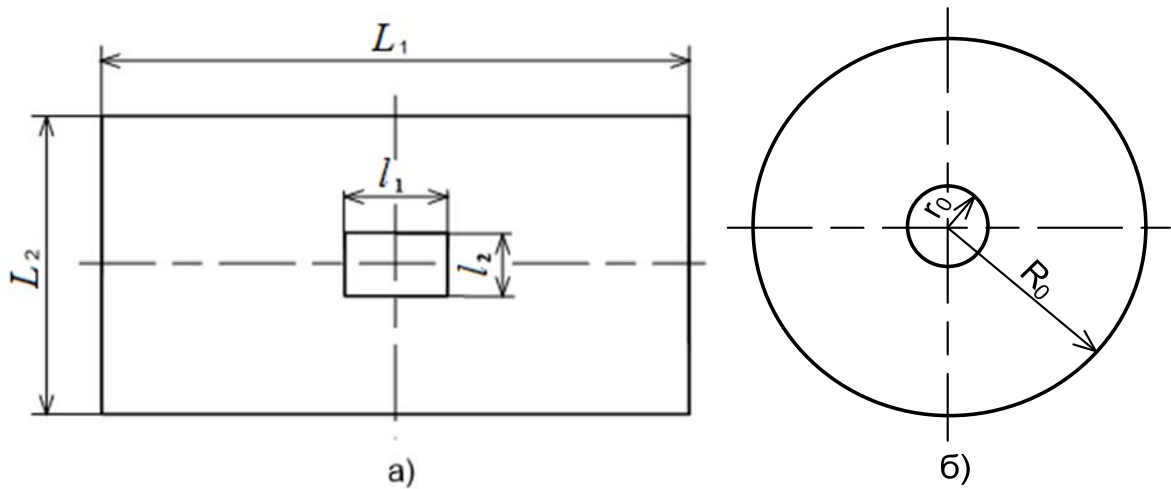


Рисунок 3.6

Рассчитывается тепловой коэффициент F , определяющий зависимость между мощностью потерь в модуле и температурой перегрева (16).

$$F = 0,5 \cdot \varphi / \lambda \cdot \delta, \quad (16)$$

$$\text{где } \varphi = 0,64 \cdot [\lg(R_0/\gamma \cdot r_0) + \gamma^{-2} - 0,25], \quad (17)$$

λ – коэффициент теплопроводности,

δ – толщина пластины.

Коэффициент φ зависит от безразмерных параметров.

$$\gamma = \sqrt{B_i \cdot K_{\text{ц}}}, \quad (18)$$

$$r_0/R_0 = a \cdot l_2/L_1, \quad (19)$$

$$\text{где } B_i = \alpha_0 \cdot L_1^2 / \lambda \cdot \delta, \quad (20)$$

$$K_{\text{ц}} = L_2 / \pi \cdot L_1, \quad (21)$$

$$a = 1 / \sqrt{1 + \left(\frac{L_2}{L_1}\right)^2}, \quad (22)$$

α_0 – коэффициент теплоотдачи стенки.

Определяется температура перегрева модуля.

$$\Delta\theta = \theta_{\text{к}} - \theta_{\text{ср}} = F \cdot P_{\text{п}}, \quad (23)$$

где $\theta_{\text{к}}$ – температура корпуса модуля,

$\theta_{\text{ср}}$ – температура окружающей среды.

					БКЮС.430501.002 Д1	Лист
Изм.	Л.	№ докум.	Подп.	Дата		42
Инв. № подл.		Подп. и дата.		Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

Пример 2.

В центре прямоугольной дюралюминиевой стенки кожуха ($\lambda = 170 \text{ Вт / м} \cdot \text{°C}$) с размерами $L_1 = 28 \text{ см}$, $L_2 = 17 \text{ см}$, $\delta = 4 \text{ мм}$ смонтирован модуль МАА80-ПКМ. Между стенками и средой происходит естественная конвекция, коэффициент теплоотдачи поверхности $\alpha_0 = 16 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{°C}$. Найти температуру модуля, когда мощность потерь в нем составляет 10,8 Вт.

Решение:

1. По формулам (22) и (21) определяем параметры a и $K_{\text{ц}}$.

$$a = 1/\sqrt{1 + (17/28)^2} = 0,86;$$

$$K_{\text{ц}} = 17/28\pi = 0,19.$$

2. По формулам (20), (18) находим критерий B_i и γ .

$$B_i = 16 \cdot 0,28^2 / 170 \cdot 4 \cdot 10^{-3} = 1,85;$$

$$\gamma = \sqrt{1,85 \cdot 0,19} = 0,59.$$

3. По формуле (19) рассчитываем отношение:

$$r_0/R_0 = 0,86 \cdot \frac{10,7}{28} = 0,33.$$

4. По формуле (17) находим критерий φ .

$$\varphi = 0,64 \cdot [\log((1/0,33 \cdot 0,59) + 1/0,59^2 - 0,25)] = 0,57.$$

5. По формулам (16) и (23) находим тепловой коэффициент F и температуру перегрева модуля $\Delta\theta$.

$$F = 0,5 \cdot 0,57 / 17 \cdot 4 \cdot 10^{-3} = 4,2 \text{ °C/Вт};$$

$$\Delta\theta = 4,2 \cdot 10,8 = 45,4 \text{ °C}.$$

Программа, реализующая расчет, приведена на сайте предприятия www.aeir.ru.

Тепловой расчет модуля после включения

Рассмотрим работу модуля без радиатора после включения. Определим время, которое модуль может работать без превышения максимальной температуры.

Повышение температуры модуля $\Delta\theta_M$ после включения происходит по экспоненте.

$$\Delta\theta_M = P_{\text{п}} \cdot R_{\theta} \cdot (1 - e^{-t/T}), \quad (24)$$

где $P_{\text{п}}$ – мощность потерь в модуле (Вт), определяется как $P_{\text{п}} = P_{\text{вых}} \cdot (\eta^{-1} - 1)$,

R_{θ} – тепловое сопротивление (°C/Вт), которое приводится в datasheet,

$T = C_0 \cdot M \cdot R_{\theta}$ – временная тепловая постоянная, (25)

C_0 – удельная теплоемкость,

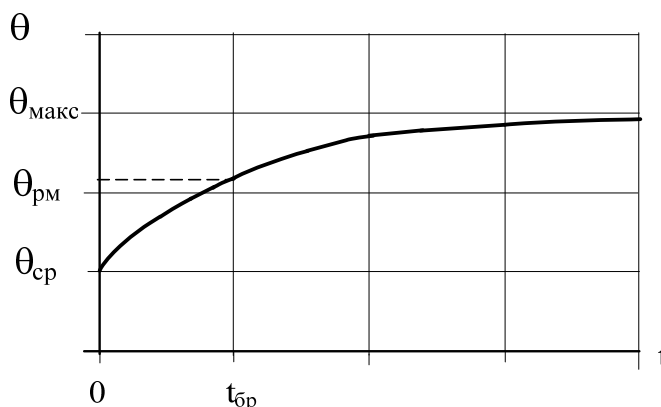
M – масса.

					БКЮС.430501.002 Д1			Лист
Изм.	Л.	№ докум.	Подп.	Дата				43
Инв. № подл.		Подп. и дата.		Взам. инв. №		Инв. № дубл.	Подп. и дата	

Температура модуля после включения изменяется от значения температуры среды θ_{CP} до максимального значения $\theta_{\text{МАКС}}$ (рисунок 3.7):

$$\theta_{\text{МАКС}} = \theta_{\text{CP}} + \Delta\theta_y, \quad (26)$$

где $\Delta\theta_y = P_{\text{П}} \cdot R_{\theta}$ – установившаяся температура перегрева модуля.



Изменение температуры модуля после включения

Рисунок 3.7

В момент $t_{\text{БР}}$ температура модуля без радиатора (БР) достигает предельно допустимой рабочей температуры $\theta_{\text{РМ}}$ (27).

$$\Delta\theta = \Delta\theta_y \cdot \left(1 - e^{-t_{\text{БР}}/T}\right), \quad (27)$$

где $\Delta\theta = \theta_{\text{РМ}} - \theta_{\text{CP}}$ – допустимое значение перегрева модуля. (28)

Решение уравнения (27) относительно $t_{\text{БР}}$ имеет вид (29).

$$t_{\text{БР}} = T \cdot \ln(\Delta\theta_y / (\Delta\theta_y - \Delta\theta)). \quad (29)$$

В уравнении (22) все величины известны, кроме удельной теплоемкости C_0 модуля, которая входит в выражение (18) для временной тепловой постоянной T . В справочниках приводятся значения C_0 только для конкретных материалов, в то время как модуль состоит из различных материалов и электронных компонентов.

На предприятии выполнено экспериментальное определение значения удельной теплоёмкости и установлено, что $C_0 \sim 1050 \text{ Вт}\cdot\text{сек}/\text{кг}\cdot^\circ\text{C}$.

Это значение несколько выше удельной теплоемкости алюминия ($C_0 = 890 \text{ Вт}\cdot\text{сек}/\text{кг}\cdot^\circ\text{C}$) и ниже удельной теплоемкости компаунда ($C_0 = 2000 \text{ Вт}\cdot\text{сек}/\text{кг}\cdot^\circ\text{C}$). Именно эти материалы определяют основную массу модуля.

					БКЮС.430501.002 Д1		Лист
Изм.	Л.	№ докум.	Подп.	Дата			44
Инв. № подл.		Подп. и дата.		Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	

Пример 3.

Определить время работы модуля МАА160-1С27-ПКМ без радиатора при естественной конвекции после включения на нагрузку 160 Вт при температуре среды $\theta_{\text{ср}} = 35 \text{ }^\circ\text{C}$. Выписываем основные характеристики модуля МАА160-1С27-ПКМ из datasheet. Тепловое сопротивление $R_\theta = 4,6 \text{ }^\circ\text{C/Вт}$, масса $M = 0,3 \text{ кг}$, $\eta = 0,86$, предельно допустимая рабочая температура $\theta_{\text{рм}} = 85 \text{ }^\circ\text{C}$, удельная теплоемкость $C_0 = 1050 \text{ Вт сек / кг }^\circ\text{C}$.

Определяем мощность потерь:

$$P_{\text{п}} = P_{\text{ввых}} \cdot (\eta^{-1} - 1) = 160 \cdot (0,86^{-1} - 1) = 26,05 \text{ Вт.}$$

По формуле (19) определяем установившееся превышение температуры корпуса модуля над температурой окружающей среды:

$$\Delta\theta_y = P_{\text{п}} \cdot R_\theta = 26,05 \cdot 4,6 = 119,81 \text{ }^\circ\text{C.}$$

По формуле (25) рассчитываем тепловую постоянную времени:

$$T = C_0 \cdot M \cdot R_\theta = 1050 \cdot 0,3 \cdot 4,6 = 1449 \text{ сек.}$$

Определяем из (21) допустимый перегрев модуля:

$$\Delta\theta = \theta_{\text{рм}} - \theta_{\text{ср}} = 85 - 35 = 50 \text{ }^\circ\text{C.}$$

Подставляем найденные значения в уравнение (29) и вычисляем значение времени работы модуля без радиатора после включения:

$$t_{\text{бр}} = T \cdot \ln(\Delta\theta_y / (\Delta\theta_y - \Delta\theta)) = 1449 \cdot \ln(119,81 / (119,81 - 50)) = 783 \text{ сек.}$$

Тепловой расчет модуля при кратковременном режиме отдачи максимальной мощности

Достаточно часто модуль питает аппаратуру, которая потребляет мощность в виде импульсов длительностью τ , которые повторяются с периодом T_U (рисунок 3.8).

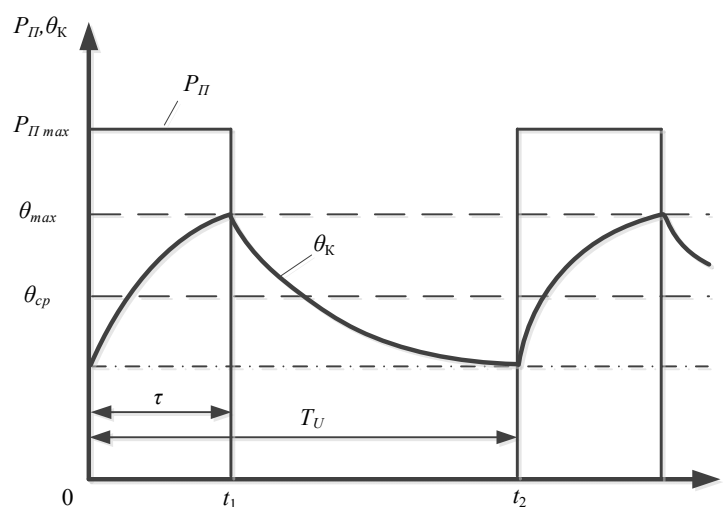


Рисунок 3.8

					БКЮС.430501.002 Д1			Лист
Изм.	Л.	№ докум.	Подп.	Дата				45
Инв. № подл.		Подп. и дата.		Взам. инв. №		Инв. № дубл.	Подп. и дата	

Изменение температуры модуля в режиме импульсной нагрузки можно вычислить по формулам Граннемана:

$$\theta_k = \theta_{cp} + (P_{п макс} - P_{п ср}) \cdot R_{\theta} \cdot \left(1 - e^{-\frac{t}{T}}\right), 0 \leq t \leq t_1, \quad (30)$$

$$\theta_k = \theta_{к макс} + P_{п ср} \cdot R_{\theta} \cdot \left(1 - e^{-(t_2-t_1)/T}\right), t_2 \geq t \geq t_1, \quad (31)$$

$$\text{где } P_{п ср} = P_{п макс} \cdot \tau / T_u. \quad (32)$$

$$\theta_{cp} = P_{cp} \cdot R_{\theta}, \quad (33)$$

$$\text{где } T = C_0 \cdot M \cdot R_{\theta} - \text{временная тепловая постоянная}, \quad (34)$$

C_0 – удельная теплоемкость,

M – масса.

Пример 4.

Определить максимальную температуру модуля МАА80-1С27-ПКМ, работающего на нагрузку без радиатора при естественной конвекции в НКУ, мощность в импульсе 80 Вт, длительность $\tau = 600$ сек, длительность периода повторения $T_u = 50$ мин. Из datasheet на модуль МАА80-1С27-ПКМ находим: $R_{\theta} = 5,6$ °С / Вт; $\eta = 0,83$; $M = 0,2$ кг; $C_0 = 1050$ Вт сек / кг °С.

По формулам (11), (32), (33), (34) определяем параметры:

$$T = 1050 \cdot 0,2 \cdot 5,6 = 1176 \text{ сек};$$

$$P_{п макс} = 80 \cdot (1 / 0,83 - 1) = 16,4 \text{ Вт};$$

$$P_{п ср} = 16,4 \cdot 600 / 3000 = 3,28 \text{ Вт};$$

$$\theta_{cp} = 3,3 \cdot 5,6 = 18,5 \text{ °С}.$$

Перегрев модуля θ_k вычисляем по формуле (30) для момента времени $t = \tau$:

$$\theta_k = 18,5 + (16,38 - 3,28) \cdot 5,6 \cdot (1 - e^{-600/1176}) = 47,8 \text{ °С}.$$

При этом максимальная температура корпуса модуля составит

$$\theta_{к макс} = 25 + 47,8 = 72,8 \text{ °С}.$$

Принудительное охлаждение

Диапазон работы модуля может быть расширен, если применить принудительное охлаждение. Наиболее эффективно тепловое сопротивление снижается при увеличении скорости воздушного потока до 0,5 м/сек (перемешивания воздуха). Уже при скорости 1,5 м/сек начинается срыв воздуха с поверхности модуля и тепловое сопротивление остается практически постоянным. В качестве подтверждения на рисунке 3.9 приведен график зависимости теплового импеданса модуля МАА2000 с радиатором высотой 46 мм от скорости воздушного потока.

					БКЮС.430501.002 Д1			Лист
Изм.	Л.	№ докум.	Подп.	Дата				46
Инв. № подл.		Подп. и дата.		Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата		

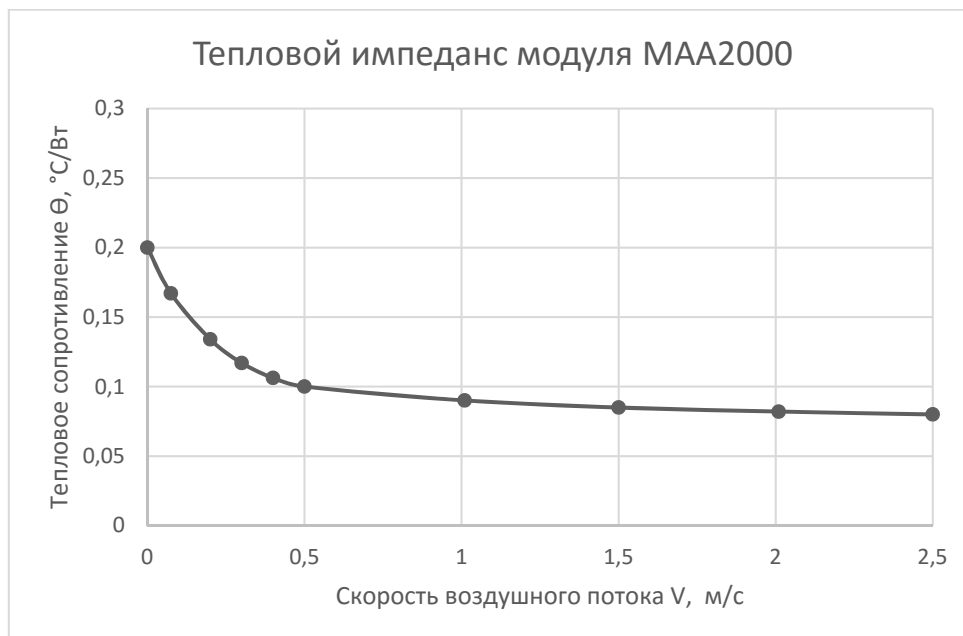


Рисунок 3.9 – Зависимость теплового импеданса модуля МАА2000 с радиатором высотой 46 мм от скорости воздушного потока

Таким образом, успешное решение вопроса эффективности устройств охлаждения невозможно без учета конструктивных особенностей аппаратуры и режимов её эксплуатации.

					БКЮС.430501.002 Д1	Лист
Изм.	Л.	№ докум.	Подп.	Дата		47
Инв. № подл.		Подп. и дата.		Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

4 Электробезопасность

Электрическое сопротивление изоляции цепей модулей, не имеющих гальванической связи между собой, а также между токоведущими цепями и корпусом должно быть не менее:

в НКУ	– 20 МОм;
при повышенной влажности	– 1 МОм;
при повышенной температуре	– 5 МОм.

Значение напряжения постоянного тока для измерения сопротивления изоляции 100 В.

Для модулей серии МАА электрическая прочность изоляции токоведущих цепей модулей, не имеющих гальванической связи между собой, и токоведущих цепей относительно корпуса должна обеспечивать отсутствие пробоев и поверхностных перекрытий в течение 1 мин при воздействии переменного напряжения частотой 50 Гц:

– для модулей с входным напряжением 27, 48 В	
в НКУ (вход-выход; вход-корпус)	– 0,5 кВ;
в НКУ (выход-корпус)	– 0,5 кВ;
в НКУ (между выходными каналами)	– 0,5 кВ;
при повышенной влажности	– 0,3 кВ;
– для модулей с входным напряжением 110...380 В	
в НКУ (вход-выход; вход-корпус)	– 1,5 кВ;
в НКУ (выход-корпус)	– 0,5 кВ;
в НКУ (между выходными каналами)	– 0,5 кВ;
при повышенной влажности	– 0,5 кВ.

					БКЮС.430501.002 Д1	Лист
Изм.	Л.	№ докум.	Подп.	Дата		48
Инв. № подл.		Подп. и дата.		Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

5 Надежность

Показатели надежности:

срок службы, $T_{сл}$, лет 20;

гамма-процентный ресурс, T_γ , ч 150 000 ($\gamma = 0,95$).

Гамма-процентная наработка до отказа T_γ при $\gamma = 95 \%$, в типовом режиме эксплуатации в пределах срока службы 20 лет должна быть не менее 100 000 часов.

Характеристики типового режима:

$U_{вых} = U_{ном}$;

$I_{вых} = I_{ном}$;

$t_{кор} \leq 85 \text{ }^\circ\text{C}$.

Гамма-процентный срок сохраняемости $T_{с\gamma}$ при $\gamma = 99 \%$ при хранении модулей питания в упаковке поставщика в условиях отапливаемых хранилищ или вмонтированных в защищенную аппаратуру, а также в защищенном комплекте ЗИП, составляет не менее 25 лет.

Гамма-процентный срок сохраняемости модулей питания в упаковке поставщика в неотапливаемых хранилищах или под навесом должен быть не менее 12,5 лет. Хранение модулей питания в упаковке поставщика на открытой площадке не допускается.

Гамма-процентный срок сохраняемости модулей питания в незащищенной аппаратуре и незащищенном комплекте ЗИП в неотапливаемых хранилищах должен быть не менее 12,5 лет, под навесом на открытой площадке не менее 8 лет.

В настоящее время среди расчетных параметров надежности наиболее часто используется средняя наработка.

Модули являются элементами, которые отказывают и не восстанавливаются, и в соответствии с ГОСТ 27.002-89 к ним применяется понятие средняя наработка до отказа – время от начала эксплуатации до первого отказа. Это понятие имеет международное обозначение МТТФ (mean time to failures). Для наиболее распространенной модели надежности, предполагающей экспоненциальные распределения, т.е. постоянную интенсивность отказов, справедливо соотношение:

$$T_0(MTTF) = \frac{1}{\lambda},$$

$$T_0 = \frac{1}{\sum \lambda_{эi}},$$

где $\lambda_{эi}$ – интенсивность отказов i -го ЭРИ.

Оценить надежность модуля для других температур можно по следующему критерию: интенсивность отказов увеличивается примерно в два раза при повышении температуры на $15 \text{ }^\circ\text{C}$.

					БКЮС.430501.002 Д1			Лист
Изм.	Л.	№ докум.	Подп.	Дата				49
Инв. № подл.		Подп. и дата.		Взам. инв. №		Инв. № дубл.	Подп. и дата	

Кроме температуры на значение T_0 влияет также коэффициент нагрузки (K_n).

Для модулей зависимость интенсивности отказов в функции времени при разных коэффициентах K_n показана на рисунке 5.1.

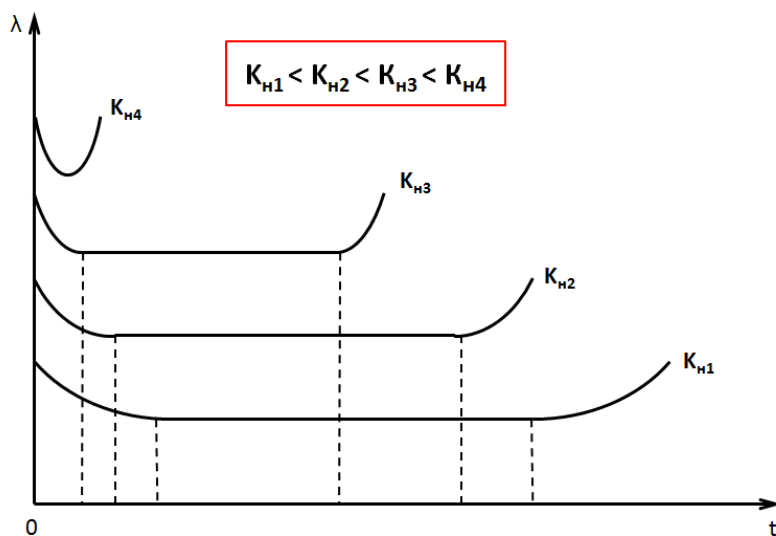


Рисунок 5.1 – График зависимости интенсивности отказов при разных коэффициентах нагрузки K_n

Из графиков следует, что с увеличением коэффициента нагрузки кривая $\lambda = f(t)$ смещается вверх влево. При этом участок нормальной работы сокращается до нуля.

На графике (рисунок 5.1) показана качественная картина изменения интенсивности отказов в зависимости от коэффициента нагрузки.

Рекомендуется использовать модули с коэффициентом загрузки не более 0,7.

					БКЮС.430501.002 Д1	Лист
Изм.	Л.	№ докум.	Подп.	Дата		50
Инв. № подл.		Подп. и дата.		Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

6 Указания по применению модулей в радиоэлектронной аппаратуре (РЭА)

Установку модулей и способ их крепления в РЭА необходимо производить с учетом механических нагрузок, в которых работает аппаратура, и обеспечения отвода тепла.

Модули могут крепиться к плате и к теплоотводу с помощью собственных резьбовых втулок или резьбовых отверстий. При отсутствии втулок или резьбовых отверстий на их месте могут быть сквозные отверстия для крепления. Не допускается касание крепежных элементов компаунда.

Момент затяжки для резьбы М3 должен быть не более 0,5 Н м (0,05 кгс м), а для резьбы М4 не более 1,2 Н м (0,12 кгс м).

Необходимо учитывать особенности конструкции модулей при их креплении в аппаратуре. В основе конструкции лежит печатная плата с элементами для поверхностного монтажа, размещенная и залитая эластичным компаундом в тонкостенном алюминиевом корпусе. Со стороны выводов на модули некоторых исполнений устанавливают печатную плату «дно». Недопустимо приложение механических усилий при креплении модуля хомутом, планкой, радиатором и т.п. к печатной плате «дно».

В условиях механических воздействий модули, не имеющие резьбовых втулок или фланцев, рекомендуется подклеивать к печатной плате или элементам конструкции клеями-демпферами (например, КВК-68). Допускается наносить клей-демпфер на открытое дно корпуса со стороны выводов.

При установке модулей допускается:

- незначительный изгиб выводов, возникший в процессе установки модулей в антистатическую прокладку;
- обрезка выводов на расстоянии не менее 3 мм от плоскости компаунда;
- обрезка неиспользуемых штыревых выводов на расстоянии не менее 0,2 мм от плоскости компаунда;
- одноразовый изгиб выводов на угол не более 90° от первоначального положения в плоскости, перпендикулярной плоскости основания корпуса, на расстоянии не менее 5 мм от корпуса с радиусом изгиба не менее 1,7 диаметра вывода.

При обрезке, изгибе и формовке выводов необходимо применять специальные шаблоны, а также обеспечивать неподвижность выводов между местом изгиба и корпусом модуля. Кручение выводов вокруг оси не допускается.

Пайку выводов модулей рекомендуется производить электропаяльником мощностью не более 60 Вт при температуре не более 260 °С в течение не более десяти секунд на один вывод. Допускается перепайка выводов не более трёх раз на расстоянии не менее 2 мм от корпуса.

					БКЮС.430501.002 Д1			Лист
Изм.	Л.	№ докум.	Подп.	Дата				51
Инв. № подл.		Подп. и дата.		Взам. инв. №		Инв. № дубл.	Подп. и дата	

Допускается при проведении входного контроля, технологических проверок, лабораторных испытаний осуществлять подключение пайкой в течение 2 сек на один вывод.

Запрещается производить монтаж и подключение модулей к электрическим цепям, находящимся под напряжением.

При использовании модулей питания в составе изделий потребителя, подвергающихся влагозащите или иным операциям общей технологической обработки, допускается кратковременное обезжиривание изделий с установленными в них модулями питания только в спирто-бензиновой смеси 1:1 в течение не более 3 мин, исключая использование вибрационных и ультразвуковых способов обработки.

При применении модулей питания в условиях воздействия повышенной влажности, соляного (морского) тумана, агрессивных сред, статической, динамической пыли и песка, плесневых грибов рекомендуется дополнительная герметизация модулей лаком УР-231 ТУ 6-10-863-84 или ЭП-730 ГОСТ 20824-81.

					БКЮС.430501.002 Д1	Лист
Изм.	Л.	№ докум.	Подп.	Дата		52
Инв. № подл.		Подп. и дата.		Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

7 Электромагнитная совместимость

Для улучшения электромагнитной совместимости с питающей сетью и радиоэлектронной аппаратурой в блоках питания используются модули защиты и фильтрации МРМ, МРР БКЮС.468240.004 ТУ, снижающие радиопомехи на входе и выходе модуля до уровня, не превышающего значений графика 2 Норм по ГОСТ 30429-96. Рекомендуемая схема включения однофазных модулей приведена на рисунке 6.1. Для модулей питания DC/DC на входе будет стоять модуль защиты и фильтрации постоянного тока.

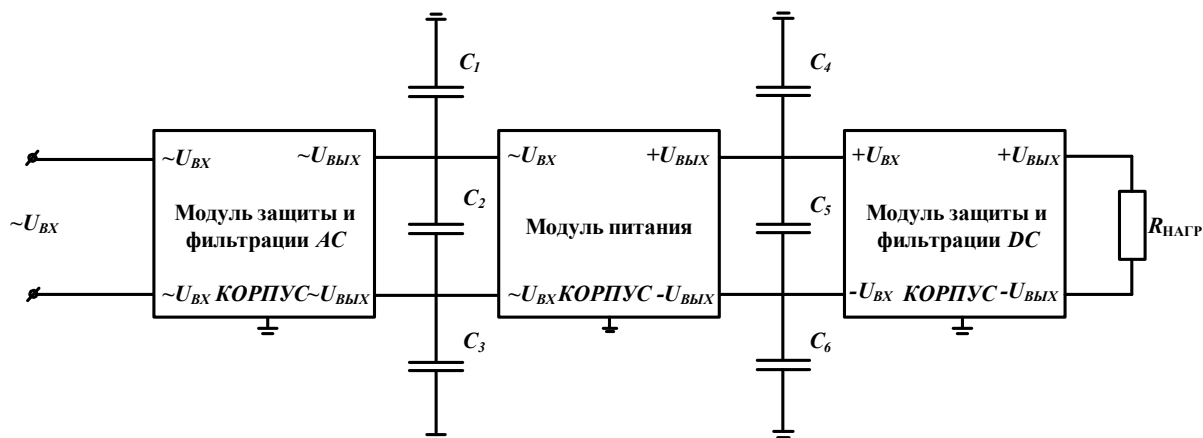


Рисунок 6.1 – Рекомендуемая схема включения однофазного AC/DC модуля

Рекомендуемая схема включения трёхфазных модулей приведена на рисунке 6.2.

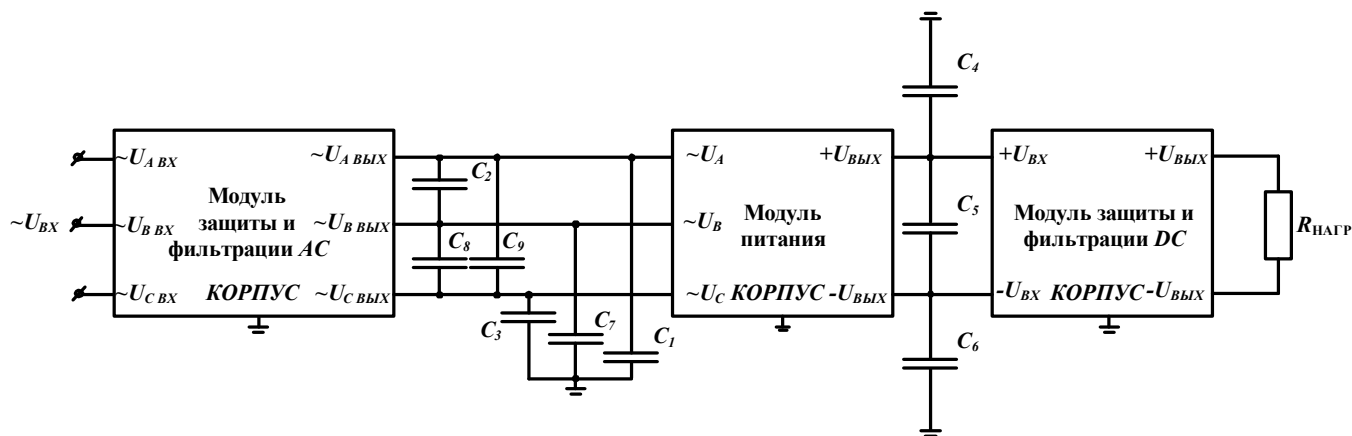


Рисунок 6.2 – Рекомендуемая схема включения трёхфазного AC/DC модуля

Для обеспечения эффективной работы модуля защиты и фильтрации совместно с модулями питания необходима установка внешних дополнительных керамических конденсаторов C_1 , C_3 , C_4 , C_6 , C_7 , например, типа К15-20 в (предпочтительно), К15-20 б, а также металлоплёночных или

					БКЮС.430501.002 Д1			Лист
Изм.	Л.	№ докум.	Подп.	Дата				53
Инв. № подл.		Подп. и дата.		Взам. инв. №		Инв. № дубл.		Подп. и дата

металлизированных конденсаторов C_2 , C_5 , C_8 , C_9 , например, типа К73-17 или К78-2 соответствующего напряжения, как показано на рисунках 6.1, 6.2.

Ёмкость конденсаторов выбирается согласно таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Значения ёмкостей дополнительных внешних конденсаторов

Обозначение	C_1, C_3, C_4, C_6, C_7 , нФ	C_2, C_8, C_9 , мкФ	C_5 , мкФ
МРМ4-С(К)	3,3	0,1...0,47	0,47...1,5
МРР2-С(К)	3,3	0,15...0,6	1,5...4,7
МРР3-С(К)	3,3	0,33...1,5	2,2...10,0
МРР2-П(Т)	3,3	0,1...1,0	2,2...10,0
МРР4-П(Т)	3,3	0,47...1,5	10,0...30,0

К одному модулю защиты и фильтрации могут быть подключены несколько модулей, если суммарный входной ток модулей питания не превышает проходной ток модуля защиты и фильтрации.

Варианты использования модулей питания серий МАА(МДД), МАА-П с модулями защиты и фильтрации серий МРМ, МРР БКЮС.468240.004 ТУ приведены в таблице 6.2.

Таблица 6.2 – Варианты использования модулей серии МАА (МДД) с модулями защиты и фильтрации

Обозначение ИВЭП	Обозначение модуля защиты и фильтрации													
	МРМ4-К1АМ(У)	МРМ4-С1АМ(У)	МРР2-К3АМУ	МРР2-С3АМУ	МРР2-К7,5АМУ	МРР2-С7,5АМУ	МРР3-К7,5АМУ	МРР3-С7,5АМУ	МРР3-К15АМУ	МРР3-С15АМУ	МРР2-П5АМУ	МРР2-Т5АМУ	МРР4-П25АМУ	МРР4-Т25АМУ
МАА20	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
МАА40	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
МАА40-П	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
МАА50	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
МАА75	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
МАА80-П	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
МАА100	-	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
МАА150	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
МАА160-П	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
МАА180	-	-	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
МАА200	-	-	-	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-
МАА300	-	-	-	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-
МАА400	-	-	-	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-
МАА600	-	-	-	-	-	+	-	+	+	-	-	-	-	-

Изм.	Л.	№ докум.	Подп.	Дата	БКЮС.430501.002 Д1					Лист
										54
Инв. № подл.		Подп. и дата.		Взам. инв. №		Инв. № дубл.		Подп. и дата		

Продолжение таблицы 6.2

Обозначение ИВЭП	Обозначение модуля защиты и фильтрации													
	МРМ4-К1АМ(У)	МРМ4-С1АМ(У)	МРР2-К3АМУ	МРР2-С3АМУ	МРР2-К7,5АМУ	МРР2-С7,5АМУ	МРР3-К7,5АМУ	МРР3-С7,5АМУ	МРР3-К15АМУ	МРР3-С15АМУ	МРР2-П5АМУ	МРР2-Т5АМУ	МРР4-П25АМУ	МРР4-Т25АМУ
МАО800	-	-	-	-	-	+	-	+	+	+	-	-	-	-
МАО900	-	-	-	-	-	+	-	+	+	+	-	-	-	-
МАО1200	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-
МАО900-1П(Т)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+
МАО1500-1П(Т)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+
МАО2000-1П(Т)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+

Рекомендации по выбору и применению выходных и входных фильтров МРМ, МРО, МРР БКЮС.468240.004 ТУ, БКЮС.468240.003 ТУ, БКЮС.468240.003-01 ТУ приведены в руководящих технических материалах БКЮС.681468.240 Д1.

					БКЮС.430501.002 Д1				Лист
Изм.	Л.	№ докум.	Подп.	Дата					55
Инв. № подл.		Подп. и дата.		Взам. инв. №		Инв. № дубл.		Подп. и дата	

8 Модульные блоки питания (БП)

Изготовление БП на основе универсальных модулей в несколько раз сокращает сроки разработки, упрощает схему и конструкцию, облегчает настройку и обслуживание.

При разработке БП достаточно дополнить модуль необходимыми аксессуарами (радиаторами, тумблерами, разъемами, фильтрами радиопомех) и решить вопросы конструирования.

Эти преимущества обеспечили широкое применение модульных БП. В настоящее время БП электронной аппаратуры (ЭА) в 70 % случаев строятся на основе модулей.

Может быть рекомендована структурная схема модульного БП (рисунок 7.1), в которой к основному элементу – модулю – добавляются разъемы, предохранитель, выключатель и индикаторы.

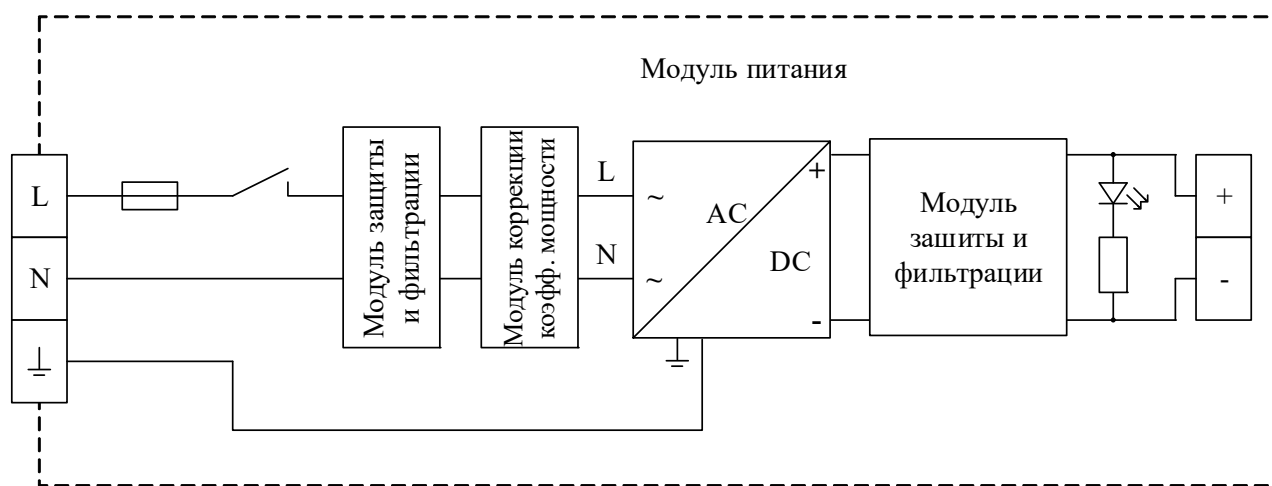


Рисунок 7.1 – Структурная схема блока питания

Особое внимание при разработке модульных БП необходимо уделить вопросам электромагнитной совместимости и эффективности отвода тепла.

Если в модульном БП уровни помех превышают допустимые уровни для РЭА, применяют внешние фильтры. При изготовлении БП могут быть рекомендованы МЗФ серии МРМ, МРР и МРО, выпускаемые предприятием.

При совместном применении МЗФ и модуля помехи на выходе БП не превышают значений, определяемых графиком 2 Норм.

Унифицированные ряды МЗФ для двухпроводных сетей с изолированными шинами питания типа МРМ и для однопроводных сетей (с общей шиной) типа МРО представлены модулями на токи от 2,5 до 120 (40) А в двух номиналах входного напряжения 27 и 60 В. Модули выпускаются в типовом корпусе и в корпусе с фланцами (таблица 7.1 и рисунки 7.2, 7.3, 7.4).

					БКЮС.430501.002 Д1	Лист
Изм.	Л.	№ докум.	Подп.	Дата		56
Инв. № подл.		Подп. и дата.		Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

Таблица 7.1

Наименование модуля	Проходной ток, А	Габаритные размеры, мм		Масса не более, г
		Типовой корпус	Усиленный корпус с фланцами	
МРМ1, МР01	2,5	30 × 20 × 10	40 × 20 × 10	20
МРМ2, МР02	5	40 × 30 × 10	50 × 30 × 10	30
МРМ3, МР03	10	47,5 × 33 × 10	57,5 × 33 × 10	40
МРМ4, МР04	20	57,5 × 40 × 10	67,5 × 40 × 10	60
МР05	40	72,5 × 52,5 × 12,7	84,5 × 52,5 × 12,7	90
МРР3	60	–	168 × 61 × 22	380
МРР4	120	–	175 × 97 × 33,5	700



Рисунок 7.2 – Модуль МРМ2



Рисунок 7.3 – Модуль МРМ2 в корпусе с фланцами

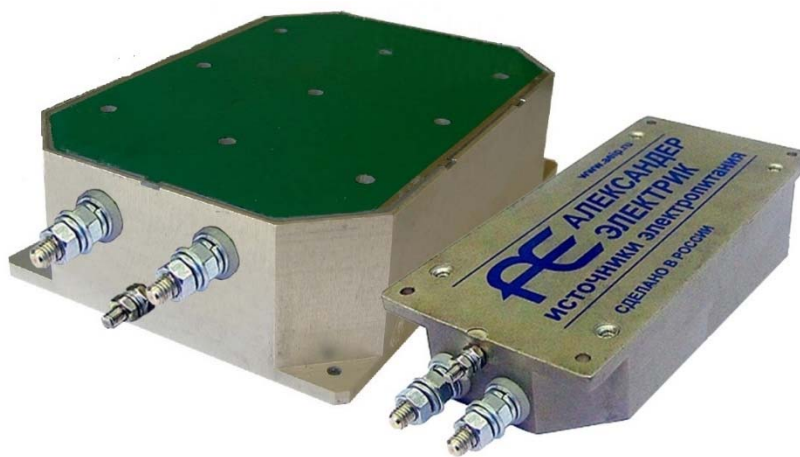


Рисунок 7.4 – Модули МРР4 (120А), МРР3 (60А)

Для отвода тепла в БП рекомендуется использовать специализированные радиаторы (таблица 3.1), размеры которых согласованы с модулем, и применять вентиляционное охлаждение, что позволяет примерно в три раза снизить массу и объем блока.

					БКЮС.430501.002 Д1		Лист
Изм.	Л.	№ докум.	Подп.	Дата			57
Инв. № подл.		Подп. и дата.		Взам. инв. №		Инв. № дубл.	Подп. и дата

9 Типичные ошибки потребителей при использовании, а также действия, приводящие к выходу из строя модулей

- поломка выводов в результате их неоднократного перегиба;
- приложение механических усилий к плате «дно» при креплении модуля, что ведет к повреждению конструкции и выходу модуля из строя;
- приложение очень сильного механического воздействия к модулю при монтаже модуля на радиатор, что приводит к повреждению его внутренней конструкции и выходу из строя;
- ошибки при подключении: подача на вход модулей серии МДД напряжения обратной полярности выводит модуль из строя;
- измерение сопротивления изоляции и проверка прочности изоляции при отсутствии соединения выводов на входе и выводов на выходе модуля;
- измерение выходного напряжения на нагрузке, а не на выходных штырьках. При этом не учитывается падение напряжения в выходных цепях (особенно актуально для мощных модулей с большими выходными токами);
- перегрев штырьков при пайке, что приводит к растеканию припоя на печатную плату и замыканию, которое в свою очередь ведет к отказу модуля;
- пайка более двух проводников на один вывод модуля;
- нарушение условий хранения модуля, что ведет к преждевременному окислению выводов;
- плохой тепловой контакт корпуса модуля и поверхности радиатора, что ведет к перегреву модуля;
- нагрузка дополнительных каналов при холостом ходе в основном канале;
- подача на выходные контакты напряжения, значение которого превышает $1,5 U_{ном}$.

					БКЮС.430501.002 Д1	Лист
Изм.	Л.	№ докум.	Подп.	Дата		58
Инв. № подл.		Подп. и дата.		Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Перечень литературы, на которую в РТМ имеются ссылки

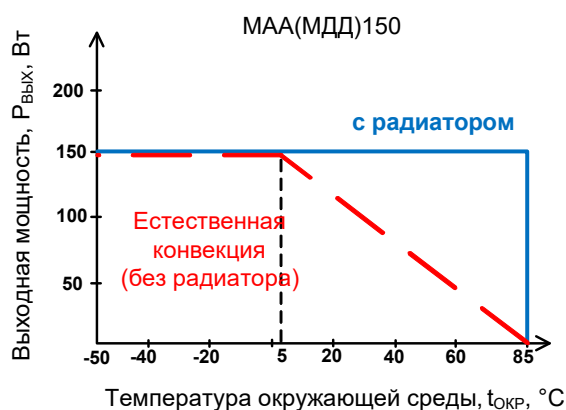
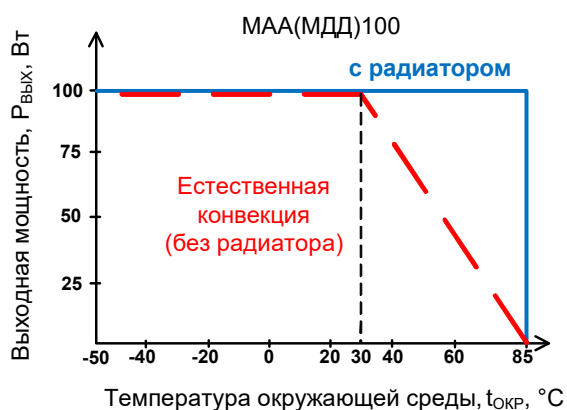
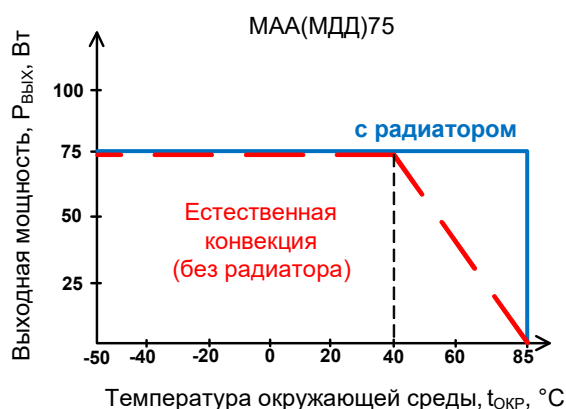
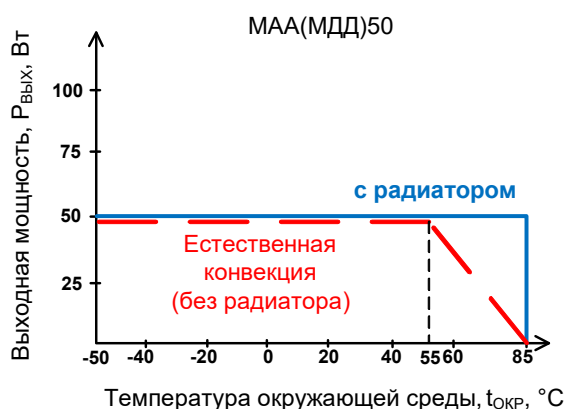
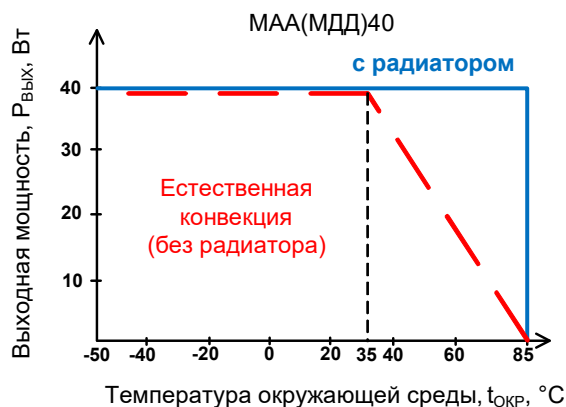
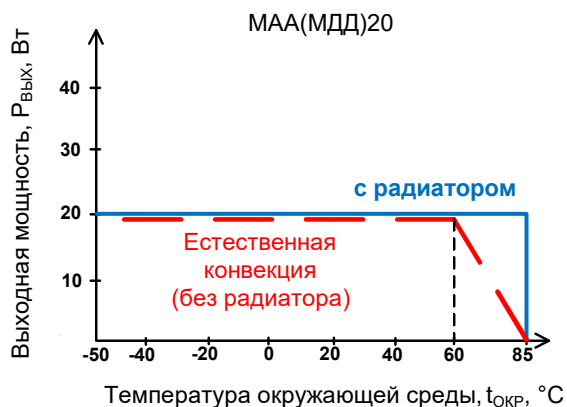
Название	Номер раздела, ссылки	
<p>1. И. Плоткин, С. Маняшин, О. Комаров. «АЛЕКСАНДЕР ЭЛЕКТРИК источники электропитания производитель унифицированных вторичных источников для вооружения и военной техники». Электронные Компоненты №4 2005.</p>		
<p>2. И. Твердов, А. Нагайцев, Н. Сагайдаков «Параллельное включение модулей питания предприятия «АЛЕКСАНДЕР ЭЛЕКТРИК источники электропитания». Электронные Компоненты №9 2005.</p>		
<p>3. И. Плоткин «Производство средств защиты от помех на предприятии АЭИЭП» Автоматизация в промышленности №2 2007.</p>		
<p>4. И. Твердов, А. Миронов, С. Затулов «Модули фильтрации радиопомех и защиты». Силовая электроника №4, 2007.</p>		
<p>5. И. Твердов «Охлаждение универсальных модулей питания». Электронные компоненты №8 2008.</p>		3.9, 3.10, 3.11
<p>6. CD-диск с каталогом продукции АЭИЭП, 2017.</p>		

					БКЮС.430501.002 Д1	Лист
Изм.	Л.	№ докум.	Подп.	Дата		59
Инв. № подл.		Подп. и дата.		Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

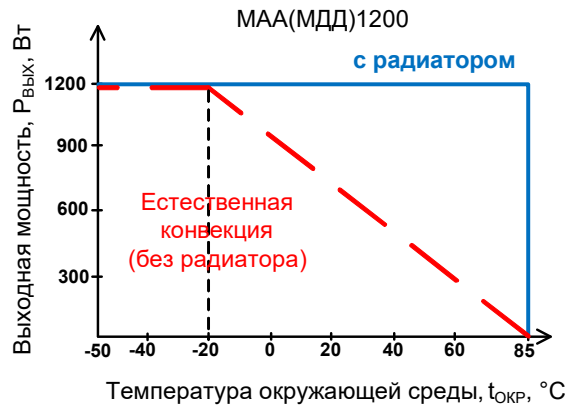
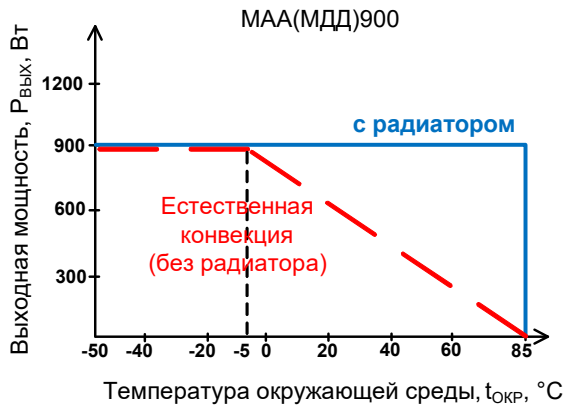
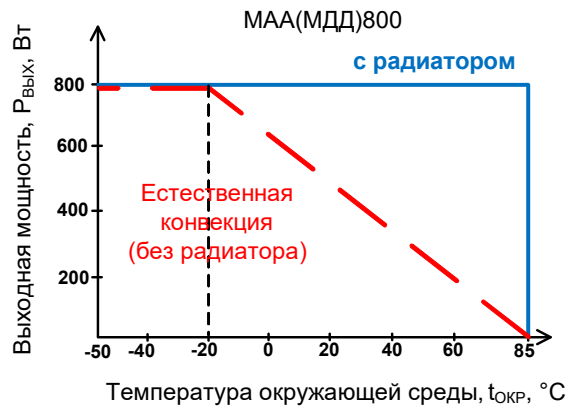
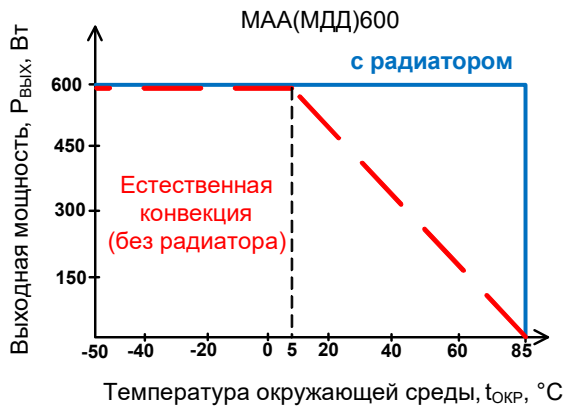
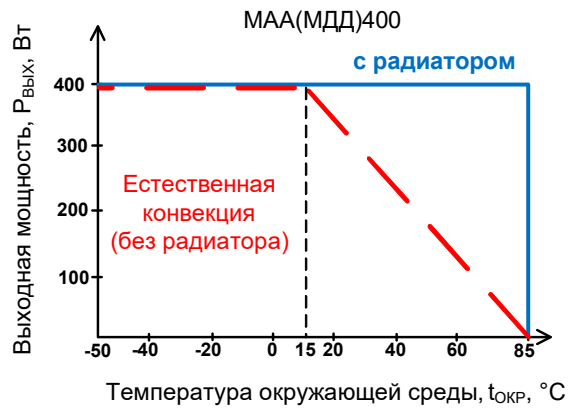
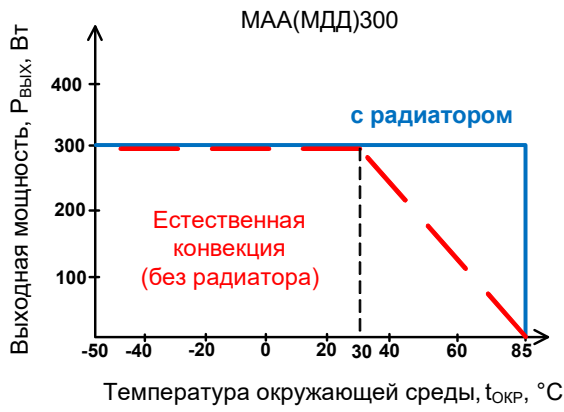
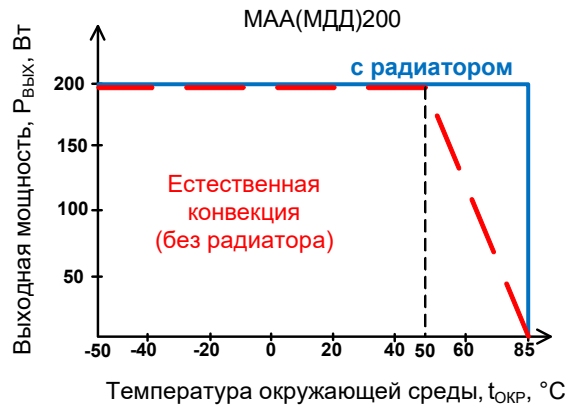
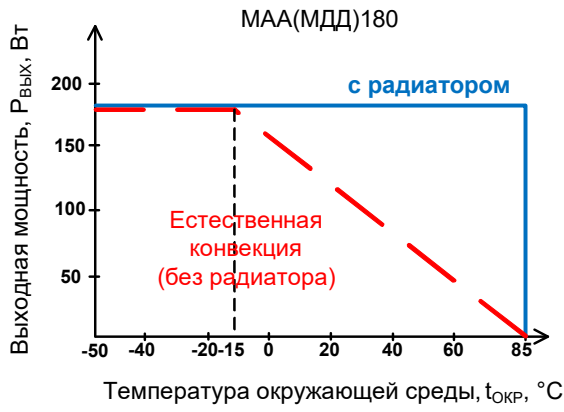
ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Зависимости максимальной выходной мощности модулей от температуры окружающей среды

На рисунке Б.1 изображены графики снижения мощности для модулей серий МАА(МДД) БКЮС.436610.007 ТУ мощностью 20; 40; 50; 75; 100; 150; 180; 200; 300; 400; 600; 800; 900; 1200; 1500; 2000 Вт.



					БКЮС.430501.002 Д1	Лист
Изм.	Л.	№ докум.	Подп.	Дата		60
Инв. № подл.	Подп. и дата.		Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	



					БКЮС.430501.002 Д1	Лист
Изм.	Л.	№ докум.	Подп.	Дата		61
Инв. № подл.		Подп. и дата.		Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

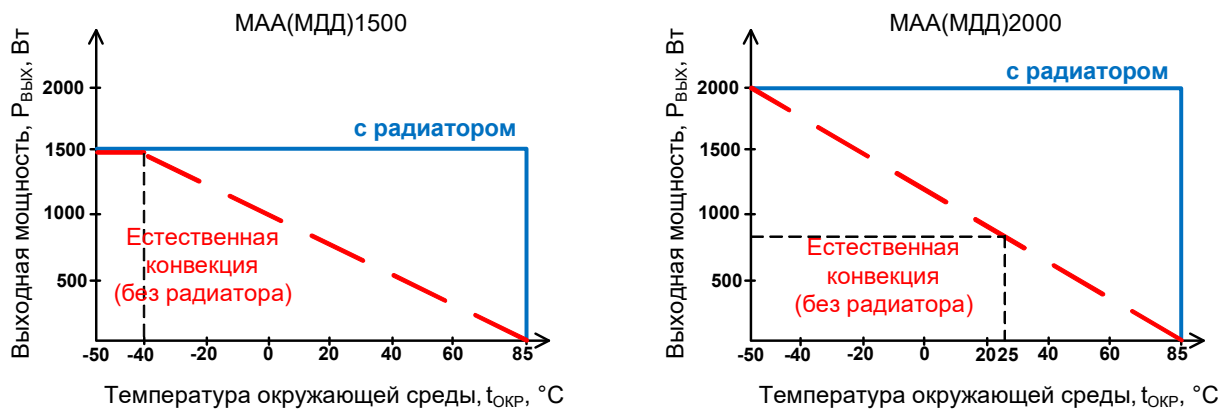


Рисунок Б.1 – Графики снижения мощности для модулей серий
МАО(МДД) БКЮС.436610.007 ТУ

На рисунке Б.2 изображены графики снижения мощности для модулей серии
МАО-П БКЮС.436640.005 ТУ мощностью 40; 80; 160 Вт.

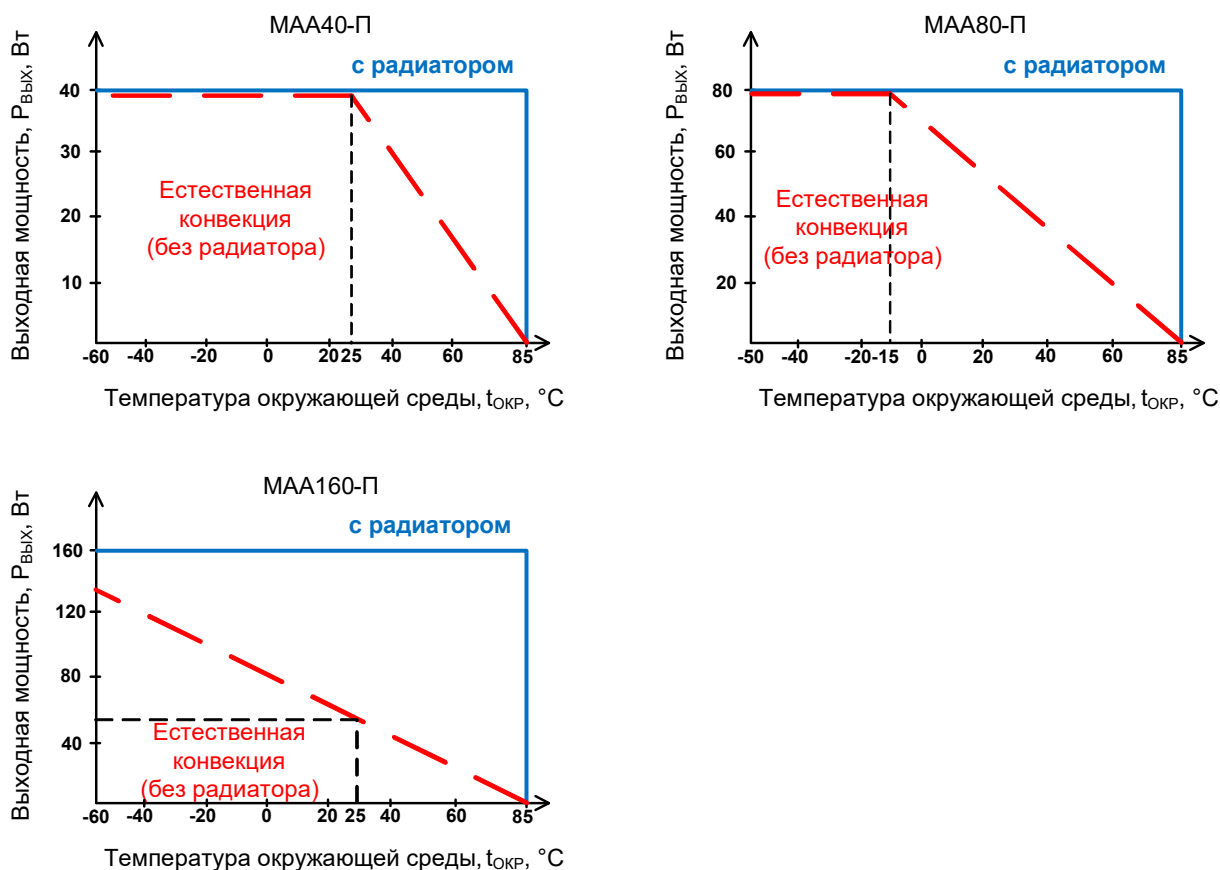
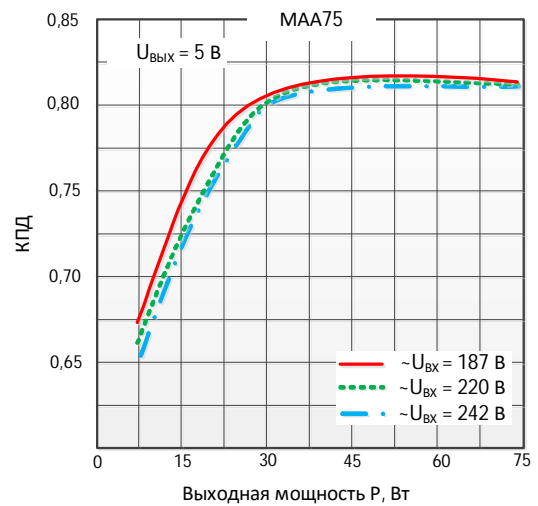
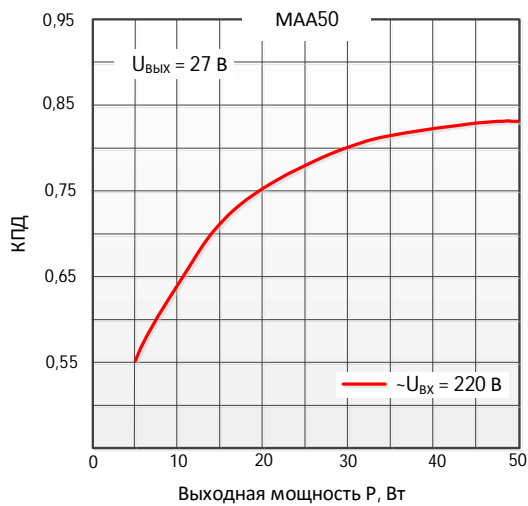
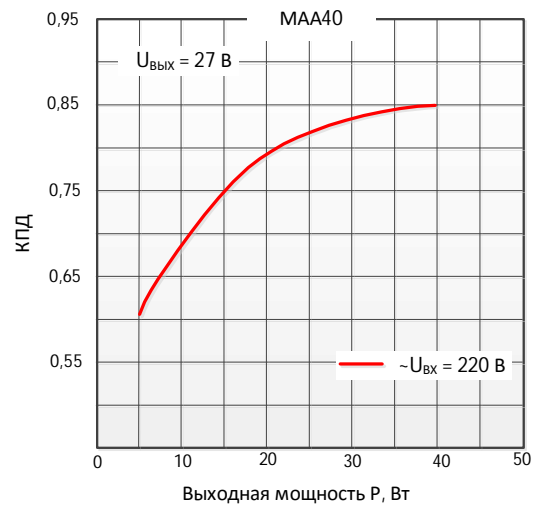
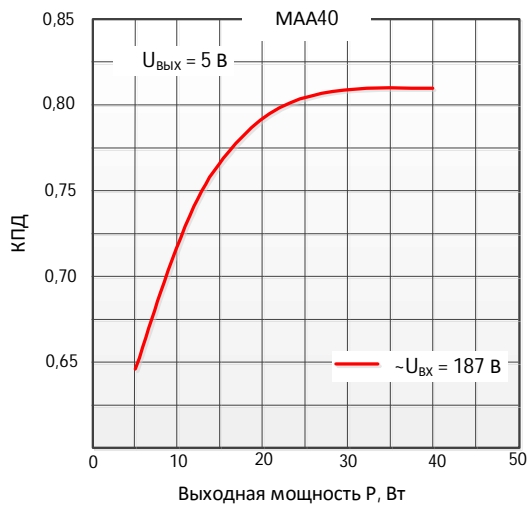
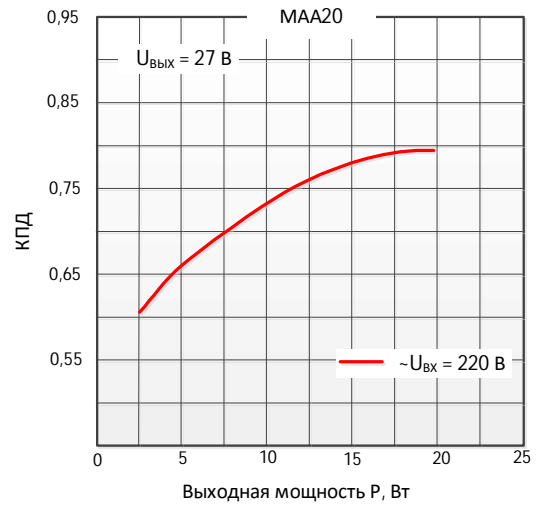
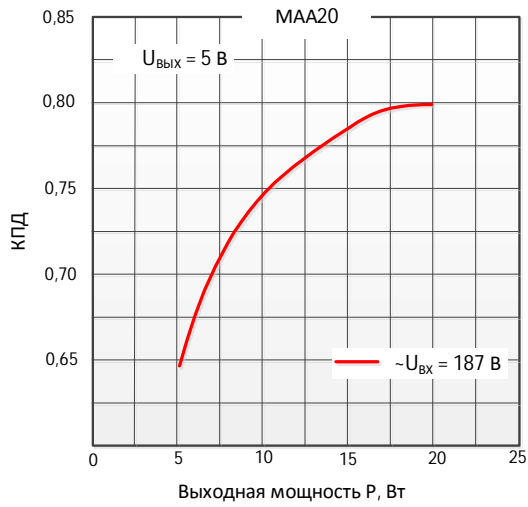


Рисунок Б.2 – Графики снижения мощности для модулей серии МАО-П БКЮС.436640.005 ТУ

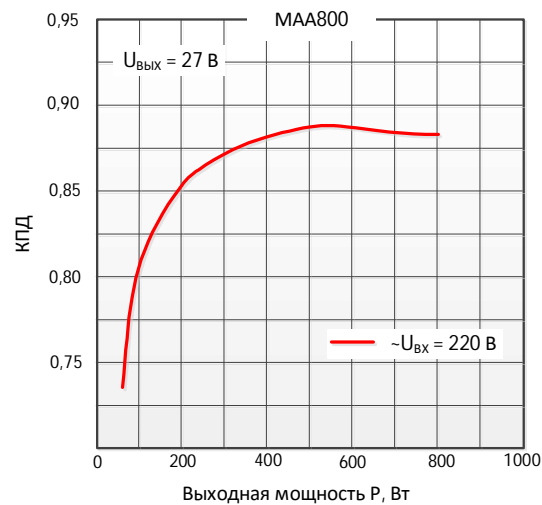
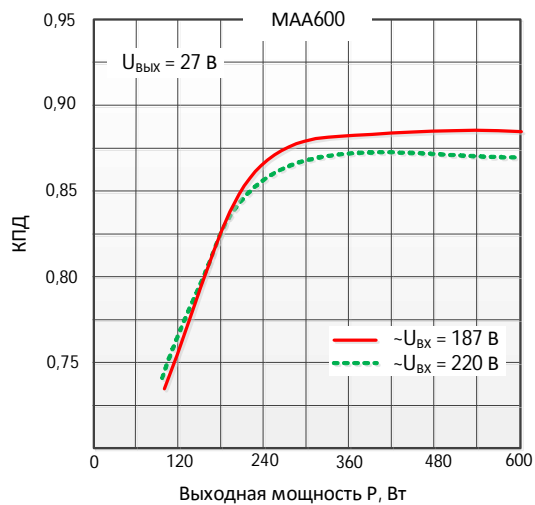
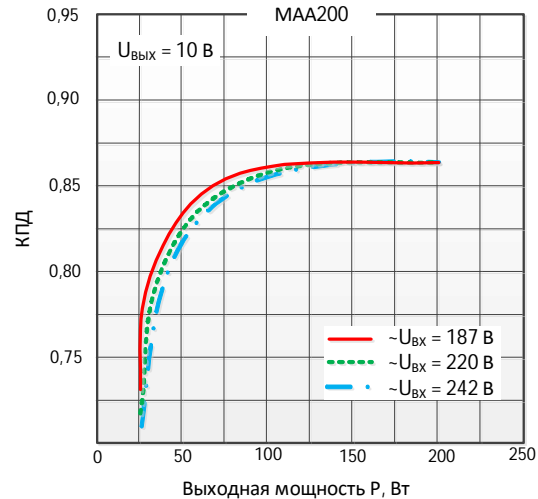
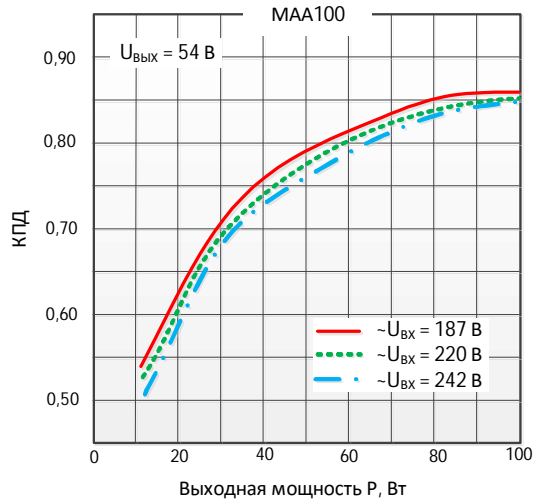
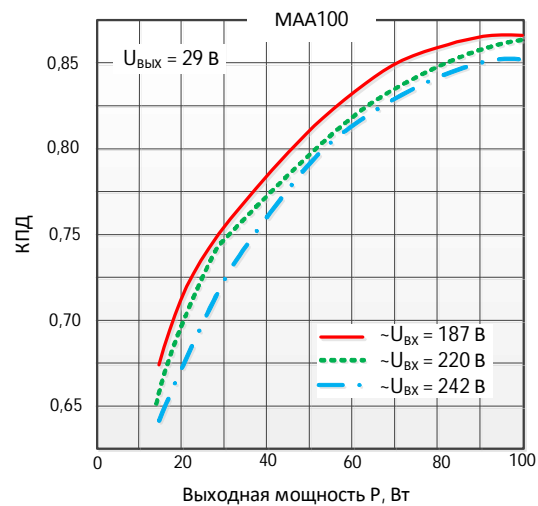
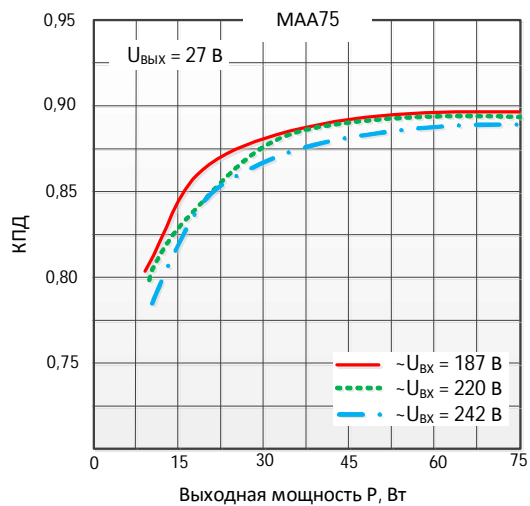
					БКЮС.430501.002 Д1	Лист
Изм.	Л.	№ докум.	Подп.	Дата		62
Инв. № подл.		Подп. и дата.		Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

ПРИЛОЖЕНИЕ В

На рисунке В.1 представлены графики зависимости КПД от выходной мощности модулей серии МАА БКЮС.436610.007 ТУ мощностью 20; 40; 50; 75; 100; 150; 180; 200; 300; 400; 600; 800; 900; 1200; 1500; 2000 Вт.



					БКЮС.430501.002 Д1	Лист
Изм.	Л.	№ докум.	Подп.	Дата		63
Инв. № подл.	Подп. и дата.		Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	



					БКЮС.430501.002 Д1		Лист
Изм.	Л.	№ докум.	Подп.	Дата			64
Инв. № подл.		Подп. и дата.		Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	

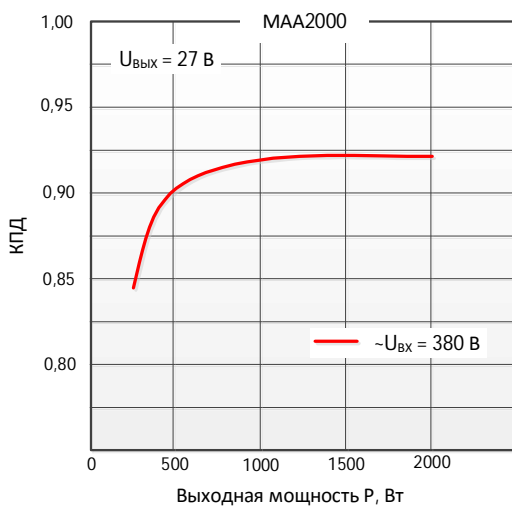
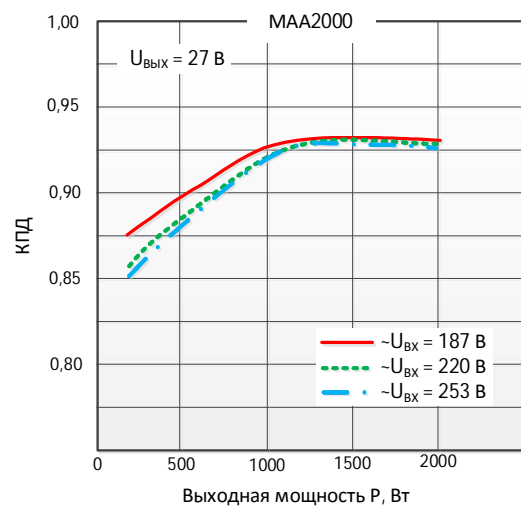
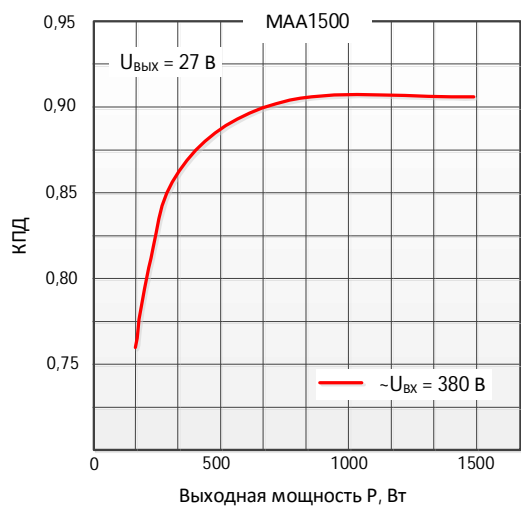
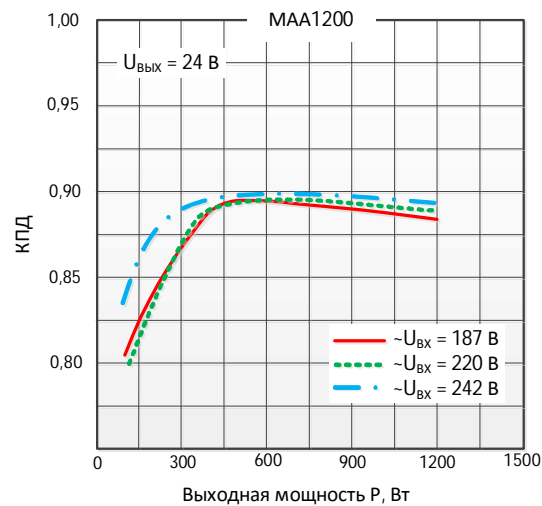
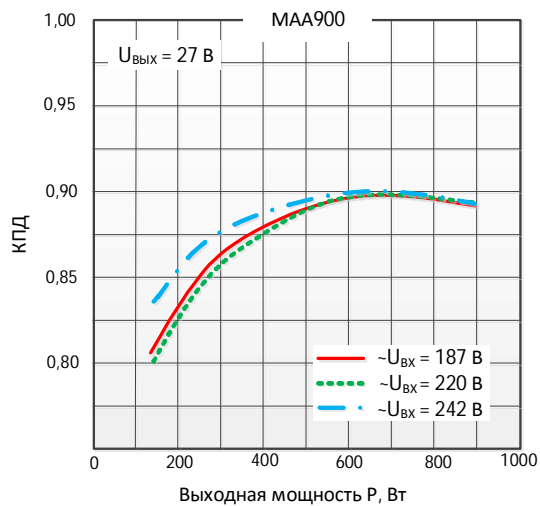


Рисунок В.1 – Графики зависимости КПД от мощности для модулей серии МАА БКЮС.436610.007 ТУ

					БКЮС.430501.002 Д1		Лист
Изм.	Л.	№ докум.	Подп.	Дата			65
Инв. № подл.		Подп. и дата.		Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	

На рисунке В.2 представлены графики зависимости КПД от выходной мощности модулей серии МАА-П БКЮС.436640.005 ТУ мощностью 40; 80; 160 Вт.

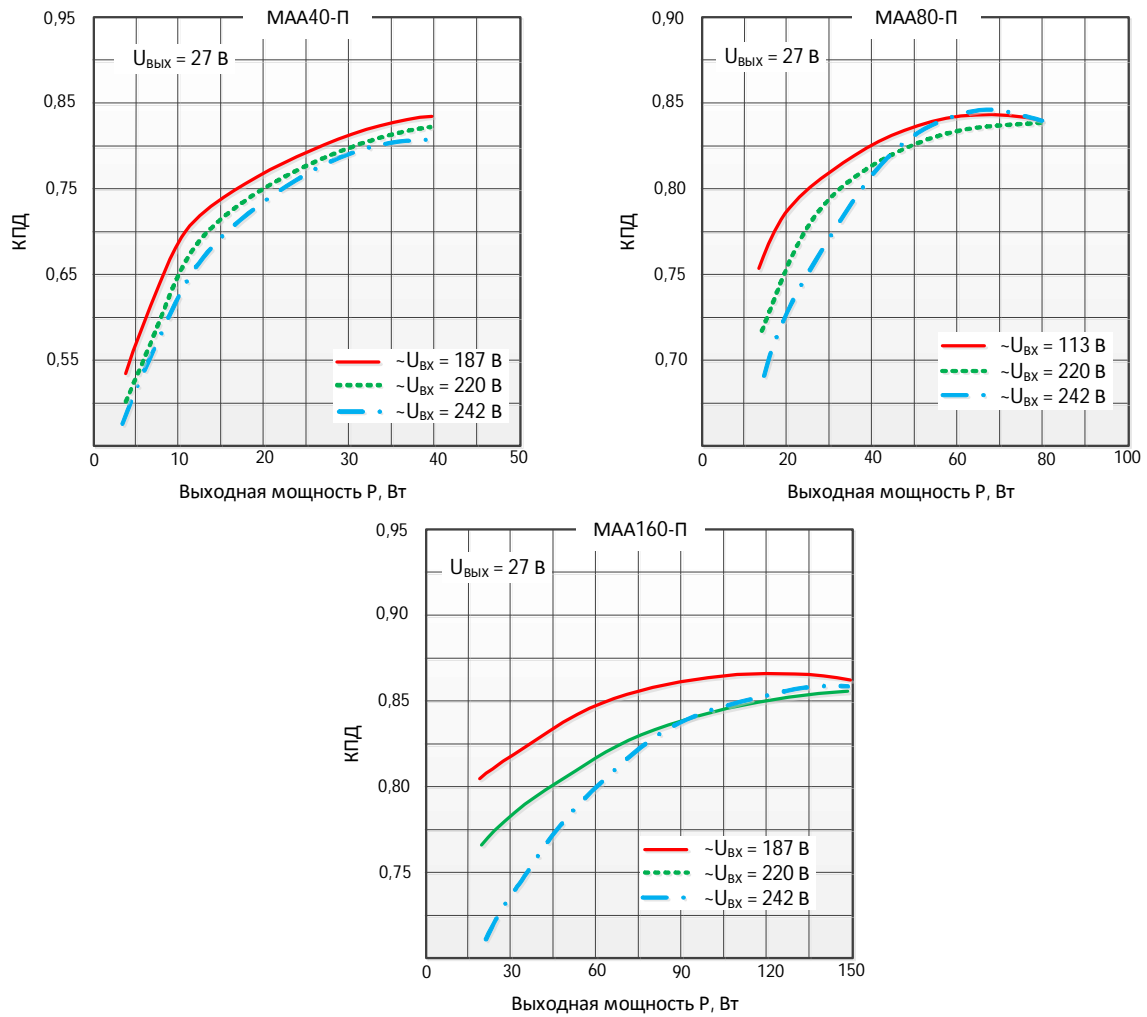


Рисунок В.2 – Графики зависимости КПД от мощности для модулей серии МАА-П БКЮС.436640.005 ТУ

					БКЮС.430501.002 Д1	Лист
Изм.	Л.	№ докум.	Подп.	Дата		66
Инв. № подл.		Подп. и дата.		Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

