

Подавление радиопомех от многоканальных модульных источников питания

ООО «Александр Электрик источники электропитания». Тел.: (499)181-19-20, (499)181-26-04, (909)156-54-97. Факс: (499)181-05-22, (916)950-87-53. Web-сайт: www.aeip.ru. E-mail: alecsan@aeip.ru.

И.В. Твердов, С.Л. Затулов, А.В. Журба

В статье описан многоканальный источник питания с малым уровнем помех – ниже графика 1 Норм. При построении источника питания использовались результаты поэтапно экспериментального определения уровня помех после установки фильтров на входе и выходе.

Ключевые слова: модуль питания, модульный источник питания, блок питания, подавление радиопомех, фильтр радиопомех.

The paper describes a multichannel power supply with a low noise level – below the curve 1 of the Regulations. When you build the power supply used a stepwise experimental determination of the noise level after the installation of filters on input and output.

Keywords: power supply module, modular power supply, power supply, radio interference suppression, radio interference filter.

Комплексирование нескольких универсальных модулей питания (УМП) позволяет оперативно создать многоканальный источник питания. Высокая надежность и КПД, малые габариты и масса УМП определяют эффективность такого источника.

Выбор и применение УМП только на первый взгляд кажутся простыми и не требующими особого внимания. На самом деле применение УМП предполагает решение целого комплекса задач – электротехнических, теплофизических, конструктивных, задач ЭМС.

Большинство этих задач решено авторами в публикациях [1...4] и РТМ [5...7]. В статье предложено использовать для подавления радиопомех серийные дроссели и фильтры, выпускаемые АЛЕКСАНДЕР ЭЛЕКТРИК источники электропитания.

Подавление высокочастотных помех на входе и выходе УМП осуществляется встроенными фильтрами. Эти фильтры подавляют помехи до уровней, допустимых для многих применений. Но разместить в миниатюрных модулях фильтры, подавляющие помеху до уровня Норм практически не возможно. На рис. 1 и 2 показаны типичные для модулей МДМ [5] зависимости уровня помех от частоты (график 4).

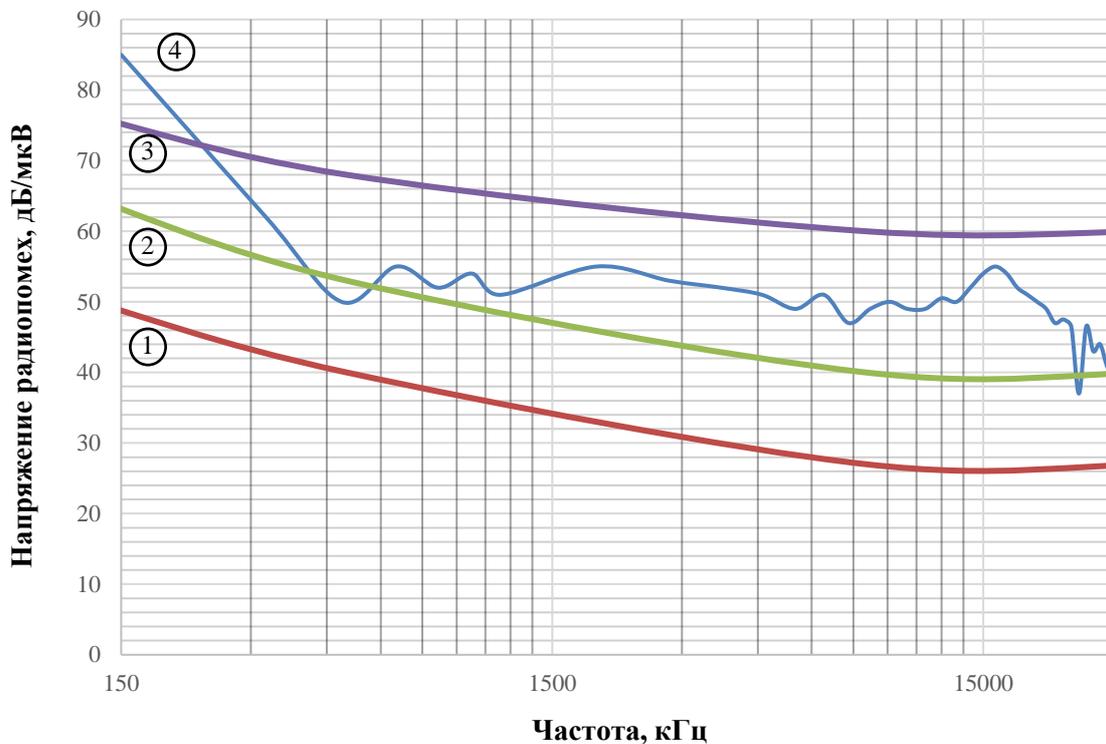


Рисунок 1. Входная спектрограмма.

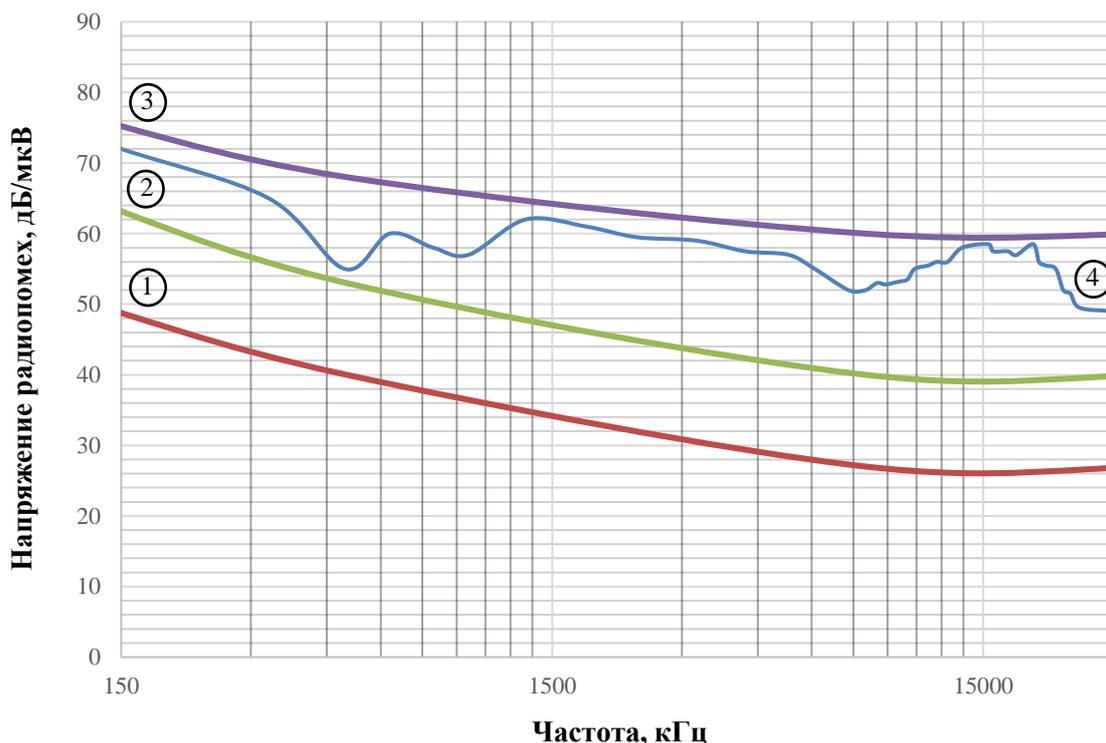


Рисунок 2. Выходная спектрограмма.

Также представлены Нормы напряжения радиопомех по ГОСТ 30429-96 в диапазоне частот 150 кГц – 30 МГц (графики 1-3). Сравнение показывает, что уровни радиопомех от модулей значительно выше Норм во всем диапазоне частот. Уровни радиопомех на входе выше помех на выходе на 10 – 20 дБ. Напряжение помех выше Норм графика 2 (эти Нормы распространяются на большую часть оборудования

стационарных и подвижных объектов с радиоэлектронной аппаратурой). Таким образом, модули питания могут оказывать существенное воздействие средствами радиосвязи в диапазоне от длинных волн до УКВ.

Чтобы уменьшить радиопомехи на входе и выходе модулей МДМ устанавливаются LC-фильтры. В первую очередь фильтры по типовой схеме [3] были установлены на входе модуля, где помехи наибольшие (рис. 3).

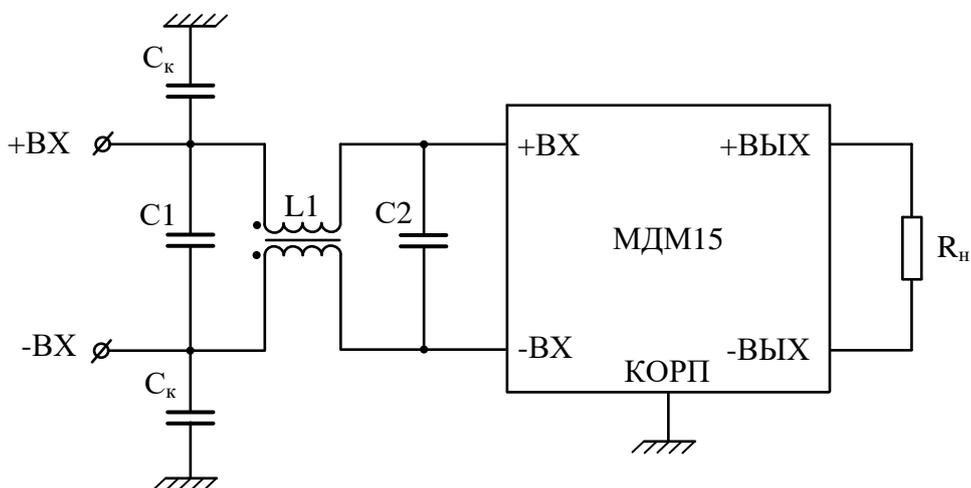


Рисунок 3. Модуль МДМ15 с фильтром на входе. $C1, C2 = 33 \text{ мкФ} \times 100 \text{ В}$, $C_k = 0,47 \text{ мкФ} \times 100 \text{ В}$, $L1$ – дроссель ДФ15-2Р/3,0.

В фильтре использован серийный дроссель ДФ15 с индуктивностью $L1 = 0,9 \text{ мГн}$ [3]. Дроссели специально разработаны на АЭИЭП для ФРП и обеспечивают создание эффективных фильтров. Всего выпускается 170 типонаименований дросселей в широком диапазоне токов и напряжений, в бескорпусном и корпусном исполнении (индекс К) для однопроводных (ДФП, ДФПК) и двухпроводных (ДФ, ДФК) фильтров.

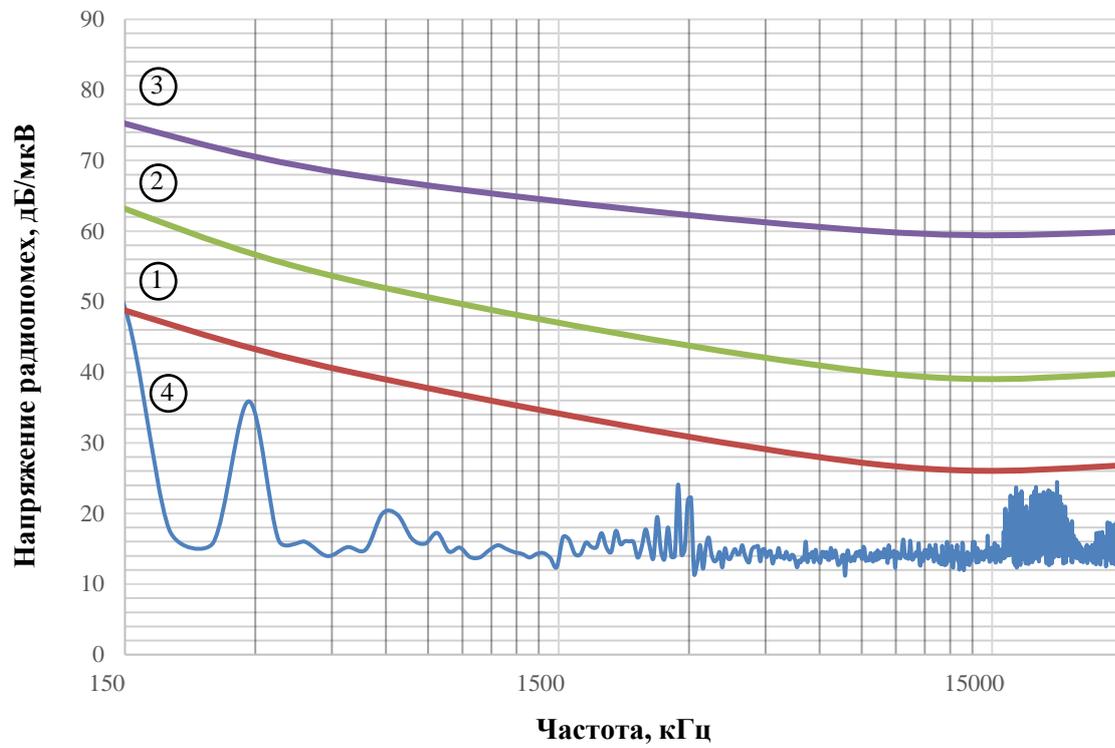


Таблица 1. Токи и индуктивности типовых дросселей.

	Ток, А	Индуктивность, мГн (режим измерения 1 В, 1кГц)**										
		Серия ДФ и ДФК						Серия ДФП и ДФПК				
		7,5	15	30	60	120	240	480	7,5	15	30	60
2-х обмоточные	0,2	2,7(Р)*							2,86			
	0,3	3,6(Д)		11(М)								
	0,4	1,6(Р)	4,1(Р)						0,7	4,3	7,66	14,25
	0,6	2,3(В)	4,6(Д)	8,9(Н)	8,9(М)							
	0,8	1(Р)	2,4(Р)	3,6(Р)					0,26	0,9	1,68	4,2
	1	1,3(А)										
	1,1					6,8(М)						
	1,2		2,7(В)	4,1(Д)	4,6(Н)							
	1,5	0,79(Р)	1,4(Р)	1,7(Р)	2,4(Р)				0,075	0,3	0,55	1,2
	2		1,7(А)									
	2,1					4,1(Н)	4,1(М)					
	2,5			2,4(В)	2,7(Д)							
	3		0,9(Р)	1,1(Р)	1,4(Р)	1,4(Р)			0,019	0,075	0,13	0,3
	4			1,4(А)					0,011	0,04	0,065	0,17
	4,1											
	4,2						1,4(Н)	1,4(М)				
	5				1,7(В)	1,7(Д)						
	6			0,35(Р)	0,5(Р)	0,5(Р)					0,03	0,075
	7,5							0,9(Н)				
	8				1,1(А)							
10				0,35(Р)	0,5(В)	0,35(Д)						
12					0,22(Р)						0,019	
16					0,22(А)						0,008	
20					0,12(Р)	0,22(В)					0,005	
3-х обмоточные	0,1	1,9(Р)										
	0,2	1,3(Р)	2,4(Р)									
	0,4	0,79(Р)	1,7(Р)	2,4(Р)								
	0,8	0,4(Р)	0,9(Р)	1,4(Р)								
	1,5		0,5(Р)	0,9(Р)								
	3			0,5(Р)								

Примечание. * В скобках указаны номинальные напряжения для ДФ, ДФК (А – 12 В, В – 27 В, Д – 60 В, Н – 110 В, М – 230 В, Р – 5 В), при которых нормируется падение напряжения (1 %).

** В режиме измерения 1 В 100 кГц индуктивность дросселей ДФ, ДФК в 4 раза меньше, для дросселей ДФП и ДФПК не меняется.

Дроссели разработаны для эксплуатации в особо жестких условиях и предназначены для применения в БП аппаратуры, выпускаемой в соответствии с ГОСТ РВ 20.39.301 – ГОСТ РВ 20.39.309 и включены в перечень ЭКБ-12.

Как видно из входной спектрограммы (рис. 4) уровень помех значительно снизился и только на частоте преобразования 150 кГц незначительно превышает Нормы графика 1.

На следующем этапе измерений фильтры по типовой схеме были размещены на входе и выходе модуля (рис. 5).

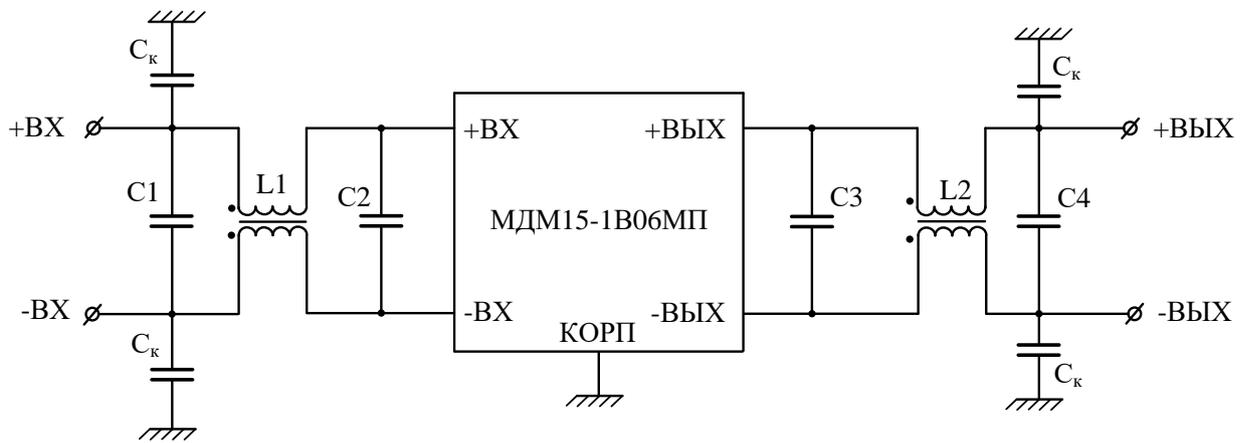


Рисунок 5. Модуль МДМ с фильтрами на входе и выходе. $L1 = L2 = ДФ15$, $C1, C2, C3, C4 = 33 \text{ мкФ} \times 100 \text{ В}$.

Входная и выходная спектрограммы для такого включения модуля представлены на рис. 6, 7.

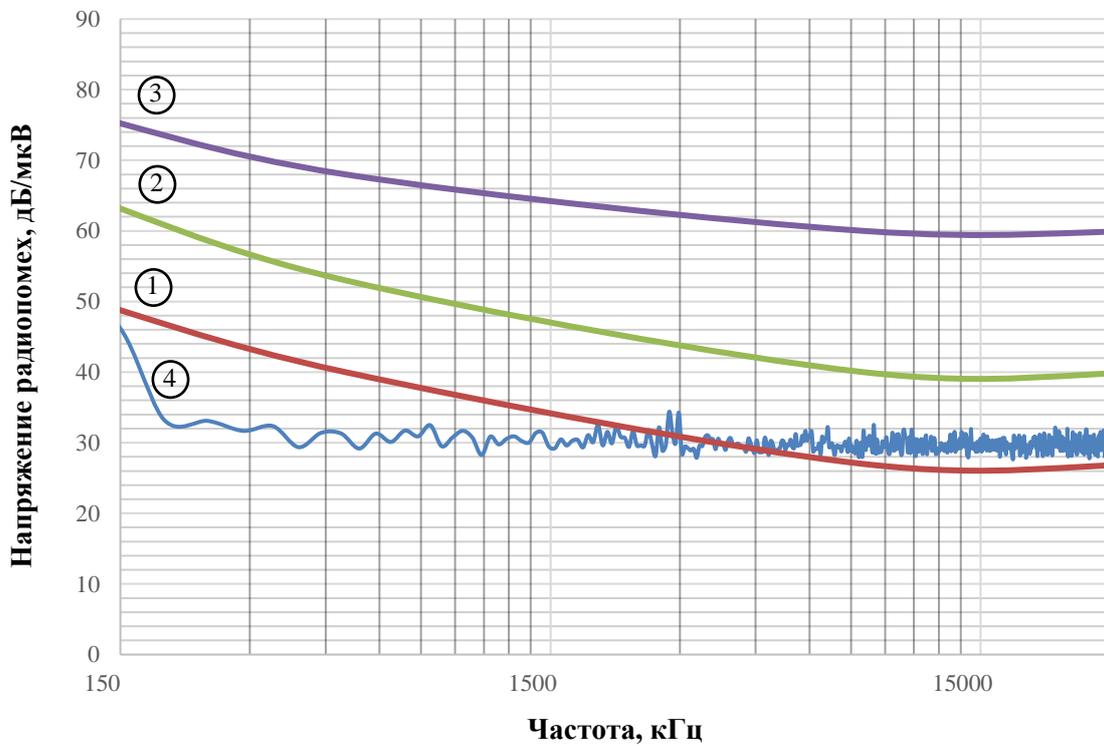


Рисунок 6. Входная спектрограмма напряжения помех модуля с фильтрами.

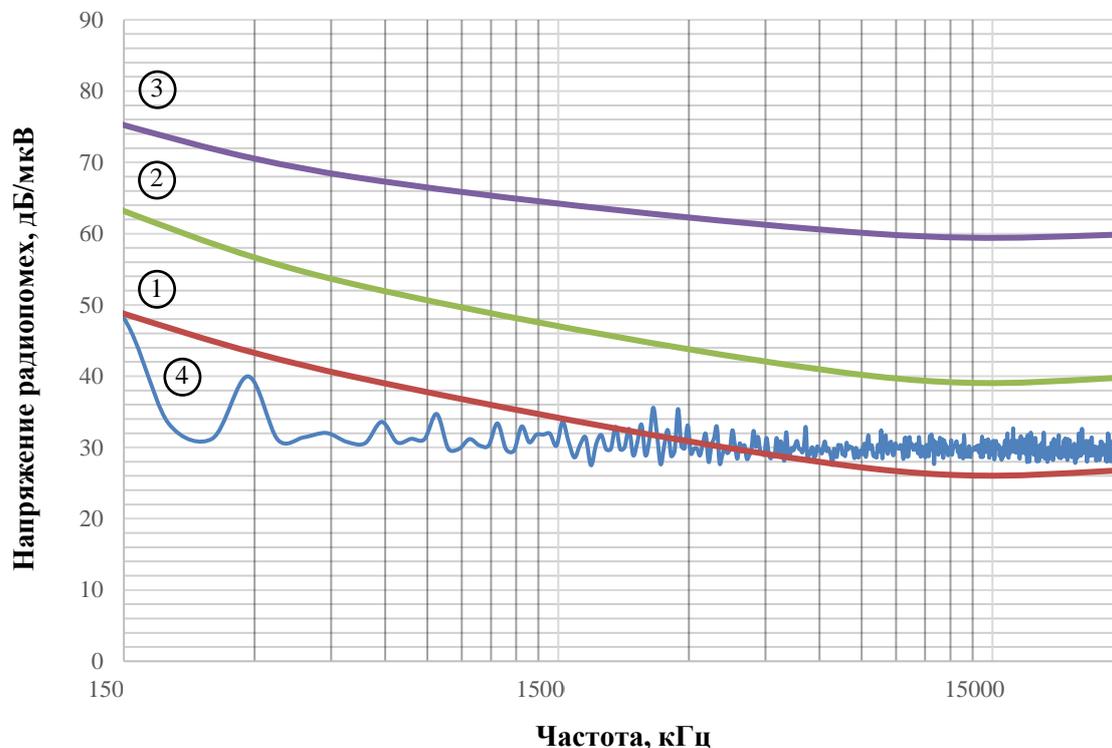


Рисунок 7. Выходная спектрограмма напряжения помех модуля с фильтрами.

Спектрограммы позволяют оценить изменения уровня помех на входе и выходе модуля. После установки выходного фильтра входная помеха на частотах свыше 0,5 МГц увеличилась на 8...12 дБ. Помеха, не пропущенная выходным фильтром, усилила входную. Спектральные составляющие входных и выходных помех достаточно близки. Уровни помех значительно ниже (на 0...20 дБ) значения Норм графика 2, что позволяет предположить возможность подавления помех до Норм графика 1. Известно, что такие требования предъявляются к многоканальным БП профессиональных приемников, возбуждителей, радиостанций космической связи и т.д.

На рис. 8 показан пятиканальный БП, в котором для подавления помех на входе использован двойной фильтр. Непосредственно на входе для уменьшения уровня помех на частоте преобразования установлен дроссель ДФП15-2/3,0, общий для всех каналов. Дополнительно в каждом канале установлен модуль фильтрации производства АЭИЭП [1, 2].

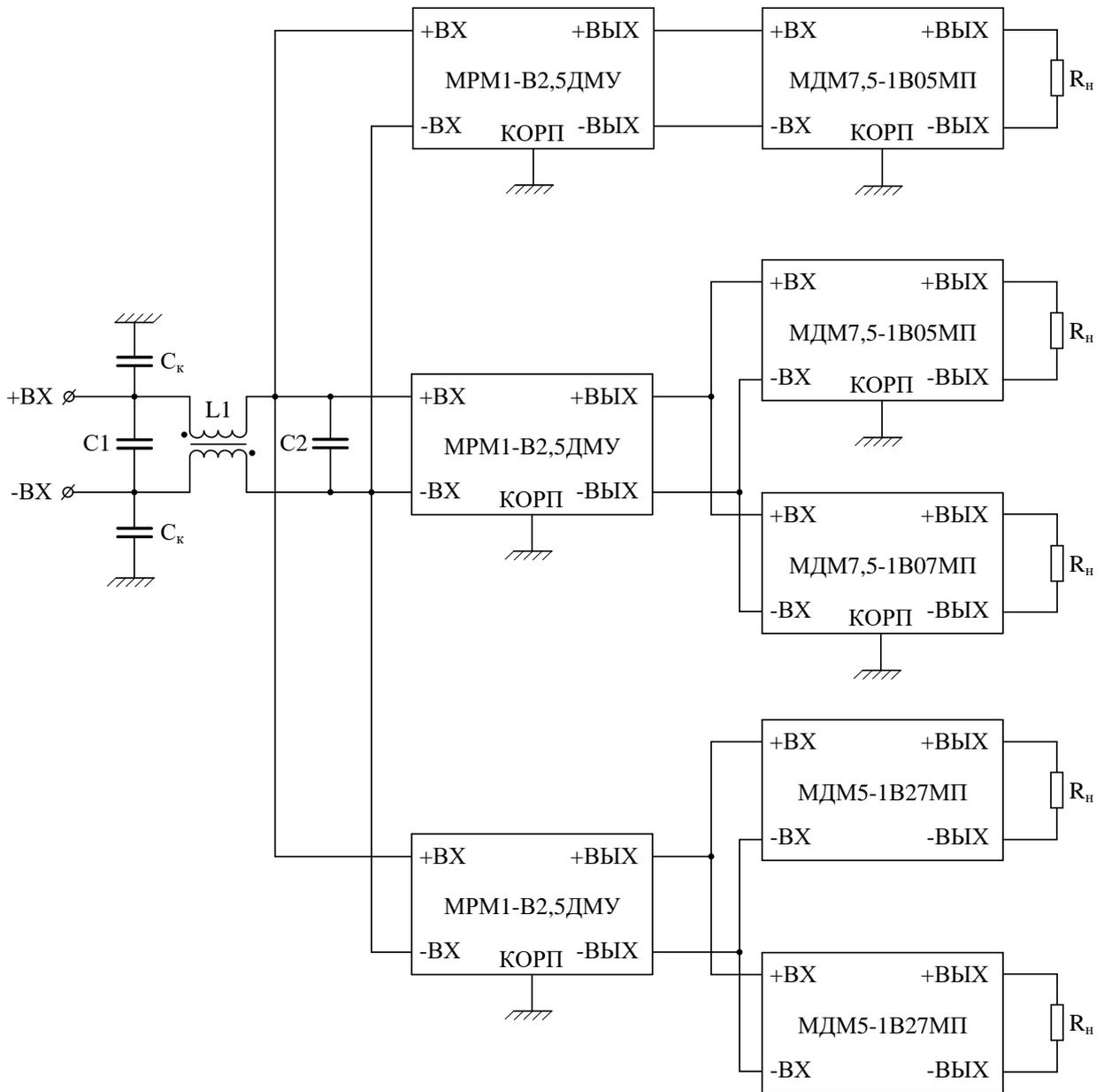


Рисунок 8. Многоканальный модульный БП с двойной фильтрацией на входе. Элементы типового фильтра с номиналами, как на рис. 3.

В таблице 2 представлены электрические и эксплуатационные характеристики модулей защиты и фильтрации МРМ.

Таблица 2.

Обозначение	Значение проходного тока, А	Диапазон входного напряжения, В	Коэффициент ослабления помех в диапазонах частот, дБ				Падение напряжения на модуле, В	Напряжение на выходных выводах модуля при импульсе 1000 В *	Диапазон рабочей температуры корпуса, °С	Габаритные размеры (с фланцами), мм	Масса, г
			0,15–0,3 МГц	0,3–1,0 МГц	1,0–10 МГц	10–30 МГц					
МРМ1	2,5	«В» – 27 (0...40) «Д» – 60 (0...84)	≥30	≥40	≥60	≥50	≤1% U _{вх} max	≤ U _{вх} + 2В	«М» - минус 60...85°С	30x20x10 (40x20x10)	20
МРМ2	5									40x30x10 (50x30x10)	30
МРМ3	10									47,5x33x10 (57,5x33x10)	40
МРМ4	20									57,5x40x10 (67,5x40x10)	60

* Длительность импульса 10 мкс по уровню 0,5.

Выходное сопротивление генератора импульса 50 Ом.

Модули МРМ БКЮС.468240.003-01 ТУ разработаны для эксплуатации в особо жестких условиях, предназначены для применения в системах электропитания аппаратуры, разработанной в соответствии с ГОСТ РВ 20.39.301 – ГОСТ РВ 20.39.309 и включены в перечень ЭКБ-18.

Как видно из входной спектрограммы (рис. 9), помехи не превышают уровней графика 1 Норм, причем запас составляет от 15 до 30 дБ. Такой запас позволяет считать, что после установки выходных фильтров уровень помех не превысит график 1 Норм.

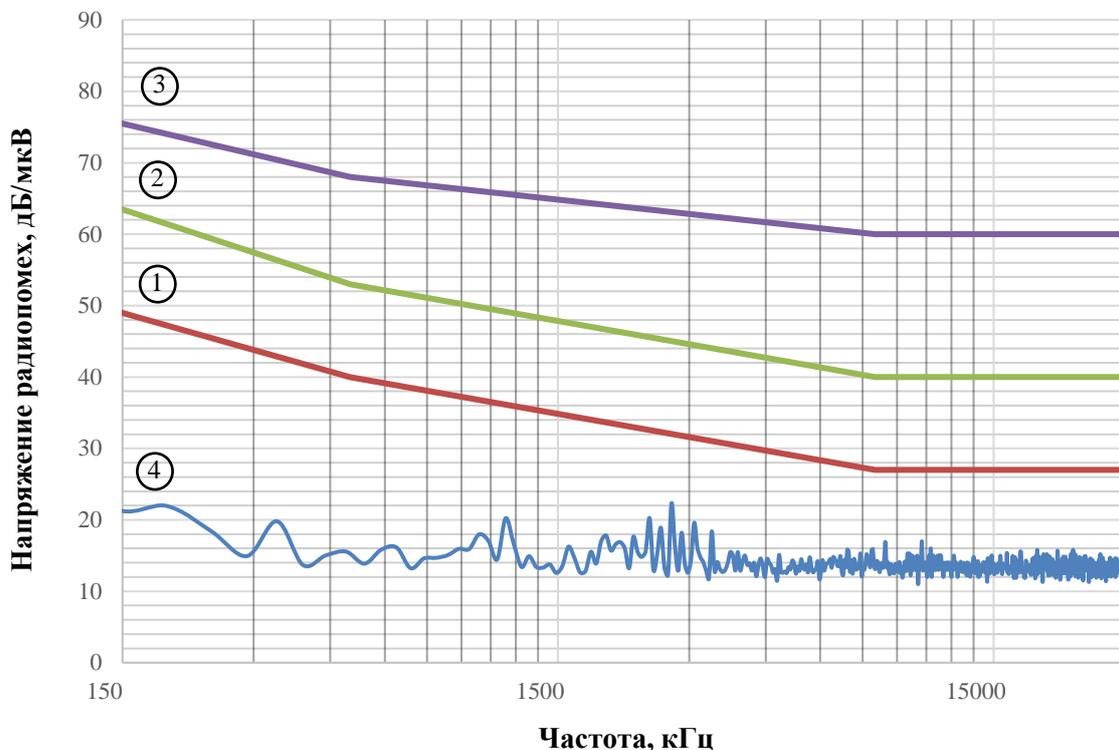


Рисунок 9. Входная спектрограмма помех БП.

Литература

1. И. Твердов, А. Миронов, С. Затулов. Модули фильтрации радиопомех и защиты от перенапряжения для питающих цепей постоянного и переменного тока. Силовая электроника №4, 2007.
2. И. Твердов, С. Затулов. Модули защиты от помех. Электронные компоненты №8, 2009.
3. С. Затулов. Дроссели для однопроводных и двухпроводных фильтров радиопомех в сетях постоянного тока. Компоненты и технологии №4, 2013.
4. С. Затулов и др. Подавление помех в цепях электропитания, АЭИЭП, 2015.
5. РТМ БКЮС.434732.503 Д1. Модули питания серии МДМ, МДМ-П, МДМ-ЕП, МДМ-М, МДМ-МП, 2010 г.
6. РТМ БКЮС.681468.240 Д1. Модули фильтрации и защиты серий МРМ, МРО и МРР, 2011 г.
7. РТМ БКЮС.300109.001 Д1. Унифицированные дроссели фильтрации радиопомех серий ДФ, ДФК, ДФП, ДФПК, 2013 г.