Секция 2

АНТЕННО-ПРИЕМНЫЕ И АНТЕННО-ПЕРЕДАЮЩИЕ СИСТЕМЫ, РАДИОСРЕДСТВА, ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЕ ПЛАТФОРМЫ, ОБРАБОТКА СИГНАЛОВ

УДК 621.396.67:621.382

DOI 10.33286/978-5-6041917-2-9.128-133

ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ АНТЕННЫХ СОГЛАСУЮЩИХ УСТРОЙСТВ ДКМВ ДИАПАЗОНА НА ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ЭЛЕМЕНТНОЙ БАЗЕ

И.Ю. Хлопушин, Н.С. Маслова

Научно-производственное предприятие «Полет», Нижний Новгород, Российская Федерация

Рассматриваются принцип построения и особенности проектирования антенных согласующих устройств ДКМВ диапазона на отечественной элементной базе. Рассмотрены преимущества и перспективы применения отечественных ЭРИ.

Ключевые слова: антенное согласующее устройство, реле, датчик.

DESIGN FEATURES OF ANTENNA COUPLERS DCMV RANGE ON THE DOMESTIC ELEMENT BASE

I.Yu. Khlopushin, N.S. Maslova

Research and Production Association "Polyot", Nizhny Novgorod, Russian Federation

The construction principle and design features of antenna matching devices HF range on the domestic element base are considered. The advantages and prospects of using domestic ERI are considered.

Keywords: antenna tuning unit, relay, sensor.

Введение

До настоящего времени в ДКМВ радиостанциях, а именно в блоках антенных согласующих устройств (АСУ) ДКМВ диапазона, применялся целый ряд электронных радио-изделий (ЭРИ) зарубежного производства (высокочастотные вакуумные реле, микроконтроллер, датчики давления и температуры, высокочастотный транзистор и др.). В связи с частыми перебоями в поставках ЭРИ импортного производства, а также резким ухудшением их качества и надежности, наши предприятия – изготовители радиостанций и комплексов связи терпят большие убытки из-за не выполнения в срок договоров поставок, при оснащении и гарантийном обслуживании поставляемых на объекты комплексов связи.

В то же время на предприятиях РФ («НИИЭТ», г. Воронеж, «НИИЭМП», г. Пенза, «МСИДАТ «МИКРОСИСТЕМЫ И ДАТЧИКИ», г. Энгельс и др.) разработаны и выпускаются серийно ЭРИ, являющиеся функциональными аналогами зарубежных ЭРИ. Причем многие отечественные ЭРИ не уступают зарубежным по техническим и эксплуатационным характеристикам. Таким образом, сегодня реально изготовить блоки АСУ с применением только отечественной элементной базы, не уступающие по своим техническим и эксплуатационным характеристикам аналогичным зарубежным образцам.

Основная часть

На рис. 1 приведена типовая электрическая структурная схема блока АСУ дискретного типа, включающего в себя датчики входного импеданса (А1), устройства питания и фильтрации (А2 – А4) и управления (А5), термобародатчики (А6), согласующий контур с элементами согласования (А7).

Рис. 1. Структурная схема блока АСУ:

А1 – субблок датчиков, состоящий из датчиков X (1), R (2), G (3), КБВ (4); А2 – А4 – элементы субблока питания; А5 – субблок управления, состоящий из формирователя интерфейса (5), преобразователя (6), микроконтроллера (7), выходных ключей (8); А6 – термобародатчики; А7 – согласующий контур с элементами коммутации

В каждом из них на ключевых позициях, по причине отсутствия отечественных аналогов, применялись зарубежные ЭРИ. Это высокочастотные вакуумные реле американских фирм KILOVAC, JENNINGS и GIGAVAC, датчик абсолютного давления Motorola, датчик температуры Dallas, микроконтроллер Atmel и др. Теперь вместо этих ЭРИ применены отечественные аналоги, а именно реле производства НИИЭМП (г. Пенза), датчики давления производства НПК «Технологический центр» (г. Зеленоград) и температуры производства ЗАО «ОКБ МЭЛ» (г. Калуга), микроконтроллер, изготовленный в НИИЭТ (г. Воронеж). Остановимся подробнее на этих элементах.

1. НИИЭМП является единственным в России предприятием-изготовителем высокочастотных вакуумных выключателей и переключателей, используемых для коммутации элементов согласования в АСУ. Ранее применение отечественных реле в малогабаритных блоках АСУ ДКМВ диапазона с высокими требованиями по виброустойчивости, температуре, давлению было весьма затруднительно. Поэтому и был сделан выбор в пользу импорта, а именно реле производства KILOVAC, JENNINGS и GIGAVAC, обладающих более высокими характеристиками. Однако «счастье» длилось очень недолго – импортные реле зачастую поступали бракованными или быстро выходили из строя в процессе регулировки и испытаний. Постепенно и специалисты НИИЭМП разработали новые реле, не уступающие, а по ряду параметров и превосходящие импортные аналоги. В частности, в малогабаритных бортовых блоках АСУ мощностью до 100 Вт успешно применяются поляризованные выключатели В2Д-2В-27, основные технические характеристики которых приведены в табл. 1. Однако и у них есть существенный недостаток – по техническим условиям максимальное виброускорение всего 10g, а требуется не менее 20g. Но выход был найден в разработке и применении в блоке АСУ внутренних амортизаторов.

Таблица 1

Основные технические характеристики выключателей В2Д-2В-27

<i>№ n/n</i>	<i>Наименование технической характеристики</i>	<i>Значение</i>
1	Испытательное напряжение на частоте 50 Гц, кВ (ампл. значение)	8,5
2	Номинальное напряжение на частоте 30 МГц, кВ (ампл. значение)	4
3	Номинальный ток на частоте 30 МГц, А (действующее значение)	12
4	Диапазон рабочих частот, МГц	1,5–120
5	Емкость межконтактная и замкнутых контактов относительно корпуса, пФ (макс.)	1,6
6	Сопротивление контактов, Ом (макс.)	0,02
7	Время срабатывания, мс (макс.)	3
8	Напряжение питания, В	27
9	Сопротивление обмотки управления, Ом	100
10	Масса, г (макс.)	22

2. Датчик давления необходим для контроля уровня воздушного давления в блоке АСУ. Ранее в блоках применялся датчик давления **МРХН6115А6U** производства Motorola, США. В новых блоках АСУ применен отечественный аналог – преобразователь абсолютного давления (тензомодуль) ТДМ-203, производимый НПК «Технологический центр» (г. Зеленоград).

Тензомодули ТДМ203 предназначены для измерения и преобразования абсолютного давления газовых и жидких неагрессивных сред в электрический аналоговый выходной сигнал. Тензочувствительный кристалл ИПД монтируется в корпус в составе сборки (чувствительного элемента давления), обеспечивающей механическую развязку от корпуса. Между кристаллом ИПД и кремниевой крышкой (прокладкой защитной) в процессе сборки образована вакуумная полость. Кремниевые детали ЧЭД соединены в вакууме стеклом. Конструкция тензомодуля обеспечивает защиту электрической схемы кристалла ИПД и выводов от воздействия влаги воздуха. Характеристики приведены в табл. 2.

Таблица 2

Технические характеристики тензомодуля ТДМ-203

<i>Наименование характеристики</i>	<i>Значение</i>
Верхний предел преобразуемого давления, Р _{ном} , МПа	0,04; 0,063; 0,1; 0,16; 0,25; 0,4; 0,63
Выходное напряжение при Р = 0, мВ	– 6 ... + 6
Диапазон изменения выходного напряжения при Р = Р _{ном} , мВ	40 ... 150
Нелинейность выходной характеристики, %	не более 0,25
Температурный коэффициент чувствительности, %/10°С	не более 0,25

Диапазон рабочих температур: минус 50 ... 80 °С.

Повышенная предельная температура среды: 125 °С;

Пониженная предельная температура среды: минус 60 °С.

3. Датчик температуры используется для контроля температуры внутри блока АСУ. Ранее в блоках применялся датчик DS1629S производства фирмы Dallas, США. В настоящее время в России разработан аналог этого датчика – 1019ЧТЗС. Технические характеристики этого датчика приведены на рис. 2.

4. Микроконтроллер – основной элемент устройства управления блока АСУ, важнейшими характеристиками которого является время настройки АСУ на заданной частоте «по алгоритму» и настройка АСУ «по памяти». До последнего времени применялся микроконтроллер Atmega128 производства американской фирмы Atmel.

В Воронежском НИИ электронной техники разработан полный функциональный и конструктивный аналог Atmega128 – микроконтроллер 1887BE7T (рис. 3).

Микросхемы 1019ЧТЗС

Датчик температуры с температурным коэффициентом $1 \text{ мкА/}^{\circ}\text{C}$
АЕЯР.431320.507 ТУ
Тип корпуса: КТ-1-4.03Н

Назначение выводов

Обозначение	Назначение
1	U_{cc}
2	Общий

Схема расположения выводов

Нумерация выводов показана условно.
Ключ показывает начало отсчета выводов.

Масса не более 1,5 г.

Диапазон напряжения питания U_{cc} от 4 до 30 В.

Основные электрические параметры

Наименование параметра, единица измерения	Буквенное обозначение	Норма		Температура, $^{\circ}\text{C}$
		не менее	не более	
Выходной ток, мкА	I_0	288,2	308,2	25
		203,2	223,2	-60
		413,2	433,2	150
Температурный коэффициент выходного тока, мкА/ $^{\circ}\text{C}$	$\Delta I_0/T$	0,96	1,04	от -60 до 150
Погрешность калибровки, $^{\circ}\text{C}$	ΔT	-5,0	+5,0	25
Абсолютная погрешность выходного тока без внешней подстройки, $^{\circ}\text{C}$	ΔT_a	-10,0	+10,0	25
				-60
				150
Нелинейность, $^{\circ}\text{C}$	δ	-1,5	+1,5	от -60 до 150
Максимальный температурный дрейф, $^{\circ}\text{C}$	ΔT_d	-1,0	+1,0	125
Сопротивление изоляции, Ом	R	10^{10}	-	25
				-60
				150
Приведенный ток шума, пА/ $\sqrt{\text{Гц}}$	I_n	-	80	25
Отклонение выходного тока от изменения напряжения питания ($4\text{В} \leq U_{cc} \leq 5\text{В}$), мкА/В	$\Delta I_0/U_{cc}$	-0,5	0,5	25
				-60
				150
($5\text{В} \leq U_{cc} \leq 15\text{В}$), мкА/В	$\Delta I_0/U_{cc}$	-0,2	+0,2	150
($15\text{В} \leq U_{cc} \leq 30\text{В}$), мкА/В				150
Эффективная шунтирующая емкость, пФ	Cs	-	100	25
				-60
				150
Время срабатывания, мкс	t	-	20	25

Рис. 2. Описание датчика 1019ЧТЗС

8-разрядный AVR RISC микроконтроллер с внутрисистемно программируемой Flash- памятью 128 Кбайт

Основные характеристики:

Общие характеристик

8-разрядная RISC архитектура;
тактовая частота 8 МГц ;
напряжение питания 5 В ± 10%;
режим полной статики;
встроенный двухцикловый умножитель 8х8 бит;
ближайший функциональный аналог - ATmega128.

Устройства памяти

внутрисистемная самопрограммируемая флеш-память программ 128 Кбайт;
ЭСППЗУ данных 4 Кбайт;
ОЗУ 4 Кбайт;
объем адресуемой внешней памяти 64 Кбайт;
программируемая защита кода программы.

Интерфейсы и порты

53 программируемых линий ввода/вывода;
2 программируемых последовательных порта USART;
последовательный периферийный интерфейс SPI с возможностью внутрисхемного программирования;
байт-ориентированный двухпроводной последовательный интерфейс TWI;
интерфейс JTAG

Периферийные устройства

два 8-битных таймера/счетчика с отдельными предделителями и режимами сравнения;
два 16-битных таймера/счетчика с отдельными предделителями, режимами сравнения и захвата;
счетчик реального времени с отдельным генератором;
два 8-разрядных канала ШИМ;
шесть каналов ШИМ с программируемым разрешением от 2 до 16 бит;
встроенный 10-битный 8-канальный АЦП;
встроенный аналоговый компаратор;
встроенный калиброванный RC-генератор;
программируемый сторожевой таймер со встроенным генератором.
количество режимов пониженного энергопотребления - 6
сброс при подаче питания и программируемая схема сброса при снижении напряжения питания

1887BE7T

Корпус 4203.64-2

Основные области применения:

встроенные цифровые системы управления и обработки данных;
авионика;
средства радиосвязи и РЭБ;
РЛС наземного, авиационного и морского базирования
промышленные и специальные системы автоматизации.

Рис. 3. Описание микроконтроллера 1887BE7T

Наличие 32 рабочих регистров в данном микроконтроллере позволяет сократить время обработки команд управления, что уменьшает время настройки блока. В EEPROM микроконтроллера емкостью 4К хранятся результаты настройки на 500 каналах частот, её

отсутствие приведёт к введению в плату управления АСУ дополнительных микросхем памяти и, следовательно, увеличению габаритов субблока управления, дополнительным затратам.

Отечественная элементная база имеет ряд преимуществ по сравнению с импортной, а именно: при производстве отечественных ЭРИ используются металло-керамические радиационностойкие корпуса, обеспечивающие работоспособность в более широком диапазоне температур (как правило, от минус 60 °С до +125 °С), точность измерения давления у отечественного тензомодуля выше в 3 раза.

Заключение

Создание блоков АСУ, а в недалеком будущем и радиостанций, комплексов связи, исключительно на отечественной элементной базе – одна из важнейших стратегических задач, решение которой ведет к обеспечению обороноспособности и суверенитета нашей страны. Еще совсем недавно о создании «полностью российских» конкурентоспособных на мировом рынке блоков АСУ нельзя было и мечтать, но сегодня это – абсолютная реальность.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ОАО «НИИЭМП»: каталог продукции. Пенза, 2012. 94 с.
2. НИИЭТ. Интегральные микросхемы: каталог. Воронеж, 2014. 50 с.