

УДК 621.396

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММЫ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ИЗМЕРЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПЕРЕДАЮЩЕГО ТРАКТА ФАЗИРОВАННОЙ АНТЕННОЙ РЕШЁТКИ «TRANSPATH_CONTROL»

Орлов Павел Александрович

инженер-конструктор второй категории АО «Муромский завод радиоизмерительных приборов».

E-mail: dead--mazay@mail.ru.

Адрес: 602264, г. Муром, Карачаровское ш., 2.

Аннотация: В работе рассмотрена программа TransPath_Control, входящая в состав измерительного комплекса для проведения измерений электрических параметров передающего тракта фазированной антенной решётки трёхкоординатной РЛС, работающей по средним и большим высотам в сантиметровом диапазоне длин волн. Приведена структурная схема исследуемого блока, указано назначение и функции, выполняемые им в составе антенной решётки, перечислены его составные части. Рассмотрен алгоритм работы программы в составе измерительного комплекса, приведён примерный ход выполнения измерений. Показаны и перечислены органы управления и индикации, расположенные на лицевой панели программы. Перечислены отличительные особенности и достоинства программы.

Ключевые слова: фазированная антенная решетка, передающий тракт, РЛС контроль параметров РЛС.

Введение

Одной из главных задач, которые стоят перед разработчиками и изготовителями любой радиоэлектронной аппаратуры, использующейся в военной технике, является контроль электри-

ческих параметров с высокой точностью [1]. В данной статье рассматривается решение такой задачи на примере созданной программы для измерения электрических параметров передающего тракта ФАР трёхкоординатной РЛС,

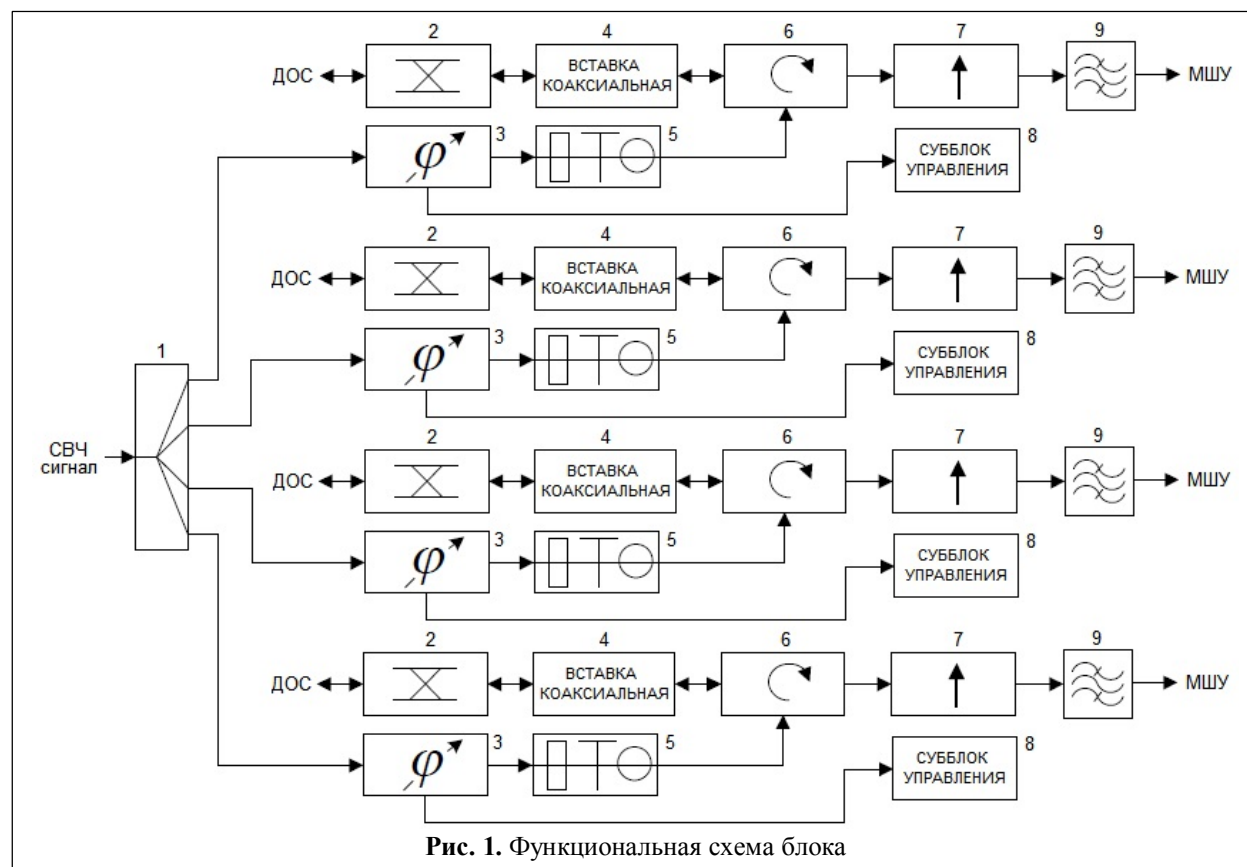


Рис. 1. Функциональная схема блока

работающей в сантиметровом диапазоне.

Блок, функциональная схема которого показана на рис. 1, предназначен для равноамплитудного распределения поступающего на его вход зондирующего СВЧ сигнала по четырём каналам, управления фазой сигнала в каждом канале, разделения зондирующих и эхосигналов, фильтрации сигнала от гармонических составляющих, защиты входных цепей приёмной системы от зондирующих импульсов передатчика и несинхронных помех большой амплитуды. Данный блок состоит из делителя 1:4 1, направленных ответвителей 2, ферритовых фазовращателей 3, коаксиальных вставок 4, волноводно-коаксиальных переходов 5, ферритовых четырёхплечих циркуляторов 6, газоразрядных приборов 7, субблоков управления 8 и полосовых фильтров 9 [2].

Для осуществления проверки на соответствие параметров блока требованиям технических условий (ТУ) на предприятии АО «Муромский завод радиоизмерительных приборов» был разработан и внедрён в производство стенд, позволяющий измерять следующие па-

раметры:

- потери на приём и на передачу;
- коэффициенты стоячей волны на входе блока и на выходе в каждом из четырёх каналов;
- фазовые сдвиги фазовращателей [2].

Первоначально результаты всех вышеперечисленных измерений (около 160 для одного блока) записывались и обрабатывались вручную, следовательно, возникала большая вероятность появления ошибок при записи и расчётах. Следствием этого также являлся большой объём времени на выполняемую работу, что в целом приводило к снижению эффективности производства. Решением данных проблем стало написание программы TransPath_Control (Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2014662697), которая в настоящий момент введена в стенд проверки блока.

Описание программы

Программа TransPath_Control написана в среде графического программирования LabVIEW.

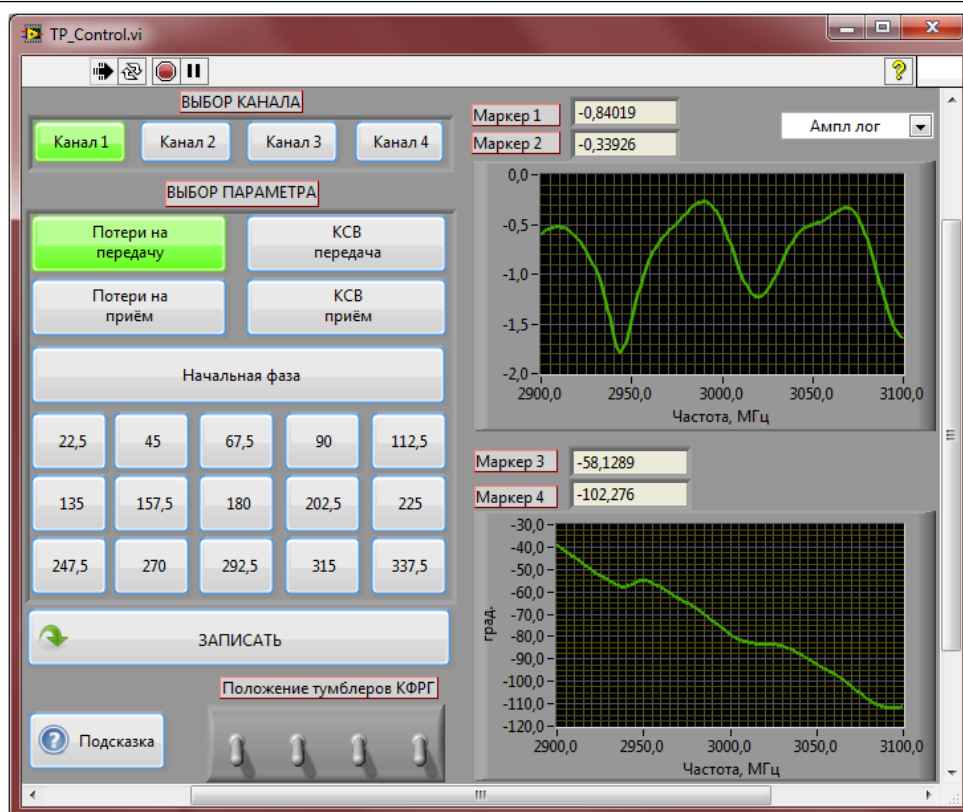


Рис. 2. Рабочее окно программы TransPath_Control

Ввиду изначальной ориентации LabVIEW на использование в системах сбора и обработки данных, в LabVIEW имеется богатый набор отлаженных инструментов для установки связи с реальными приборами посредством различных коммуникационных интерфейсов, таких как GPIB, COM, USB, LAN, PCI. Большинство современных приборов, оснащённых коммуникационными интерфейсами, поставляются с драйверами, являющимися подпрограммами LabVIEW, которые могут быть использованы в создаваемой программе и обеспечивают лёгкое управление прибором на высоком уровне. Кроме того, в LabVIEW возможно установление управления прибором на низком уровне, например, посредством передачи команд, соответствующих стандарту SCPI [3,4]. АО «МЗ РИП» является обладателем лицензии на программную среду LabVIEW, что делает доступным её использование для автоматизации измерительных комплексов.

Рабочее окно программы TransPath_Control, изображённое на рис. 2, содержит элементы управления и индикации. Данное расположение, размеры и цвет всех элементов были подобраны с учётом основных принципов построения пользовательского интерфейса [5,6].

К элементам управления относятся:

- блок выбора измеряемого канала;
- блок выбора измеряемого параметра;
- элемент, предназначенный для вывода на экран подсказки по проведению измерений;
- элемент, предназначенный для записи результата измерения в протокол;

К элементам индикации относятся:

- график изменения КСВ или потерь (в зависимости от выбранного измеряемого параметра блока) в заданном диапазоне частот;
- график изменения фазового сдвига в заданном диапазоне частот;
- элементы отображения измеряемых значений на двух заданных частотах;
- блок, визуально имитирующий положение тумблеров коэффициентов фазового распределения генератора на пульте стенда проверки блока.

Процесс проведения измерений включает в себя несколько этапов. Первый этап является подготовительным, в него входят сборка измерительного стенда, подключение исследуемого блока к собранному стенду, запуск программы TransPath_Control, ввод номера исследуемого блока в появившемся после запуска программы диалоговом окне. Введённый номер блока автоматически записывается в создаваемый файл протокола измерения и одновременно является названием данного файла. Таким образом, в случае необходимости продолжить незавершённую проверку, либо при необходимости перепроверить блок, открывается ранее созданный файл протокола. На втором этапе TransPath_Control осуществляет запуск и параллельную работу с программами Obzor304 и Microsoft Excel, предварительно установленными на персональный компьютер, входящий в состав стенда проверки блока. Obzor304 - программное обеспечение для измерителя комплексных коэффициентов передачи и отражения «Обзор-304/1», который входит в состав стенда проверки блока.

Исследуемый блок подключается к стенду поочерёдно по всем схемам, указанным в ТУ. При этом, как упоминалось выше, есть возможность использовать подсказки в программе TransPath_Control. После подключения блока в окне программы выбирается номер измеряемого канала и измеряемый параметр. Последующее нажатие кнопки «ЗАПИСАТЬ» формирует команду записи результата измерения в протокол, которая включает в себя следующие действия: запрос и получение данных с измерительного прибора, расчёт по заданным формулам, сравнение полученного результата с требованиями ТУ, запись измеренной величины в соответствующий пункт протокола, сохранение изменённого файла протокола измерения в памяти компьютера. В случае несоответствия требованиям происходит индикация – пункт в протоколе, в котором определилось несоответствие, выделяется предупредительным красным цветом. На рис. 3 приведены результаты проверки блока при помощи программы TransPath_Control.

Номер блока		123456							
	Канал 1		Канал 2		Канал 3		Канал 4		
	F1	F2	F1	F2	F1	F2	F1	F2	
Потери на передачу, дБ	-7,11098011	-7,20577601	-7,36561815	-7,66251425	-7,49295744	-7,64497978	-7,15889965	-7,23627193	
КСВ передача	1,032371213				1,499583962				
Потери на приём, дБ	-0,64982658	-0,7273088	-0,80446998	-0,85423383	-0,7926532	-0,65423467	-0,89709525	-0,8637188	
КСВ приём	1,18402503	1,120145453	1,265820318	1,189480099	1,166929672	1,094594315	1,211722476	1,221976579	
Начальная фаза, град (0000)	0,050066517	0,058056801	-0,00267164	-0,02139708	0,10108484	0,113781336	0,029604492	0,023611939	
22,5 град (0001)	20,26874875	20,69864849	21,29731068	21,57170538	20,78722867	20,88517327	21,16004045	21,4329471	
45 град (0010)	41,35550891	42,16989875	43,39436421	43,86983604	42,20280913	42,3185433	42,95746073	43,41635859	
67,5 град (0011)	63,09162892	64,22449947	66,35962822	67,00008947	64,17820111	64,25788758	65,54884248	66,07329031	
90 град (0100)	85,43126545	86,78280397	89,69020387	90,37434931	86,80561423	86,76721727	88,53430928	89,0083477	
112,5 град (0101)	108,2838694	109,7381881	113,1112757	113,7435718	109,792543	109,5788547	112,1671474	112,4432761	
135 град (0110)	131,5021326	132,9451859	117,1794788	117,6726637	132,9906861	132,5461411	136,0945411	136,0549396	
157,5 град (0111)	154,9191629	156,215393	161,3918691	161,6561125	156,347566	155,6021666	160,2518024	159,7738892	
180 град (1000)	178,4368959	179,4307156	174,4947065	174,5442188	180,1035373	181,1815387	175,710791	176,6881046	
202,5 град (1001)	202,1195544	202,7250609	209,7782422	209,3680567	203,1520374	201,6674583	208,5252054	206,9835779	
225 град (1010)	225,5522794	225,665163	233,857044	232,9968163	226,3655627	224,4489069	231,9289697	229,7798726	
247,5 град (1011)	248,668549	248,2359923	257,5898042	256,2286988	249,1769694	246,7773665	255,1168016	252,3639604	
270 град (1100)	271,4423689	270,4267472	280,8154865	278,9280499	271,1572168	268,2716322	277,2777761	273,9472301	
292,5 град (1101)	292,9143909	291,3206688	302,9995651	300,5980505	292,2305976	288,8626875	298,4700166	294,6409744	
315 град (1110)	312,8539434	310,7516004	323,9136392	321,0488026	311,5684651	307,7621662	318,1272621	313,8860864	
337,5 град (1111)	330,7619067	328,221799	342,9015786	339,6616733	329,0192074	324,8514512	335,4270827	330,8893373	
Коэффициент передачи блока F1			-1,258761						
Коэффициент передачи блока F2			-1,41138						

Рис. 3. Пример протокола измерений блока

Отличительные особенности и достоинства программы TransPath_Control:

- интуитивно понятный интерфейс;
- визуальные и текстовые подсказки по проведению измерений;
- защита от некорректной записи данных в протокол измерений;
- автоматическое сравнение измеренных величин с требованиями ТУ;
- автоматическое сохранение файла протокола измерений в памяти персонального компьютера после проведения каждого замера, что сводит к минимуму возможность потери результатов измерений.

Код построен таким образом, что есть возможность его оперативного изменения, например, в случае, когда необходимо заменить измерительный прибор, входящий в состав стенда проверки блока (в настоящий момент используется измеритель комплексных коэффициентов передачи и отражения «Обзор-304/1»).

Выводы

Исходя из вышесказанного, можно сделать вывод, что создание программы и внедрение её в стенд проверки блока привело к решению вышеупомянутых проблем при измерениях. Влияние человеческого фактора на результаты измерений сведено к минимуму, сокращено время на проведение измерений и обработку их результатов.

В настоящее время авторами программы рассматривается возможность включения дополнительного оборудования в созданный программно-аппаратный комплекс с доработкой исходного кода, целью которой является ещё большее исключение человеческого фактора и большее сокращение времени проведения измерений. Предположительно, данная доработка приведёт к тому, что единственной задачей будет являться подключение исследуемого блока к комплексу и запуску его работы, а последовательное переключение схем измерений, калибровка измерительного прибора, выбор измеряемых параметров и каналов будет осуществляться автоматически.

Данная программа может являться базой для создания аналогичных программ и создания аналогичных комплексов для проведения электрических параметров различных устройств [3-5].

Литература

1. Хромой Б.П. Метрология, стандартизация и измерения в технике связи: Учебное пособие для вузов. М.: Радио и связь, 2006
2. Воскресенский Д.И., Грановская Р.А., Давыдова Н.С./ Под ред. Воскресенского Д.И. Антенны и устройства СВЧ (Проектирование фазированных антенных решёток): Учебное пособие для вузов. М.: Радио и связь, 1981.

3. Кудрин А.В. Использование программной среды LabVIEW для автоматизации проведения физических экспериментов. Электронное учебно-методическое пособие. Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2014.

4. Бутырин П.А., Васьковская Т.А., Каратаева В.В., Материкин С.В. Автоматизация физических исследований и эксперимента: компьютерные измерения и виртуальные приборы на основе LabVIEW 7. М.: ДМК Пресс, 2005.

5. Бондаренко И.К., Дейнега Г.А., Маграчев З.В. Автоматизация измерений параметров СВЧ трактов, М.: Советское радио, 1969.

6. Мандел Тео. Разработка пользовательского интерфейса. М.: ДМК Пресс, 2001.

Поступила 19 мая 2015 г.

English

The Noise Performance Simulation of Hybrid Frequency Synthesizers

Pavel Aleksandrovich Orlov – 2nd category Design Engineer JSC Murom Plant of Radio Measuring Instruments.

E-mail: dead--mazay@mail.ru.

Address: 602264, Murom, Karacharovskoye Highway, 2.

Abstract: Quality of the whole radio technical device depends on parameters of microwave paths elements. The applied non-automatic methods of measurement of microwave paths parameters involve heavy working hours and low efficiency. Measurement time reduction is possible, as a rule, due to decrease in accuracy. Therefore the main objective of microwave measurement equipment alongside with increase in accuracy is maximum measurements process automation. Nowadays hardware and software systems are being widely spread which enable to make various measurements with maximum automation level and with minimum human factor influence on measurements procedure. These systems include various equipment such as oscillographs, multimeters, spectrum analyzers, specialized measuring benches, etc. Up-to-date similar equipment is capable of connecting to personal computer for remote control, reading and recording data .

LabVIEW graphical programming package can be used for integration of selected equipment and personal computer into unified hardware and software system. The article examines TransPath_Control program which is a part of measuring system to take electric parameters measurements of transmission path in 3D RS phased antenna array operating at mid and high altitudes in S-band. Schematic diagram of investigated unit is provided, designation and functions performed by it within antenna array are specified, its components are listed. Program operating algorithm within measuring system is examined, exemplary measurements process is provided. The controls and indications located on the front panel of the program are shown and listed. Distinctive features and advantages of the program are given. Conclusions are drawn on efficiency of the program application, and its application prospect for similar measurements are also considered.

Key words: phased antenna array, transmission path, RS control of RS parameters.

References

1. Khromoy B. P. Metrology, standardization and measurements in communication technology: Manual for higher education institutions. M.: Radio i svyaz, 2006.
2. Voskresensky D. I., Granovskaya R. A., Davydova H.C. - Ed. By Voskresensky D.I. Antenna and microwave devices (Design of phased antenna arrays): Manual for higher education institutions. M.: Radio i svyaz, 1981.
3. Kudrin A.V. LabVIEW program package application for automation of physical experiments. Elektronnoye uchebno-metodicheskoye posobiye. Nizhny Novgorod: Nizhegorodsky gosuniversitet, 2014.
4. Butyrin P. A., Vaskovskaya T.A., Karatayeva V. V., Materikin S. V. Automation of physical research and experiment: computer measurements and LabVIEW7-based virtual devices. M.: DMK Press, 2005.
5. Bondarenko I.K., Deynega G. A., Magrachev Z.V. Automation of microwave pathes' parameters measurements, M.: Sovetskoye radio, 1969.
6. Mandel Theo User interface design. M.: DMK Press, 2001.