

матов, Н.А. Журавлева // Научные технологии. – 2010. – №2– С. 43 – 52.

References

1. *Barker M.* Regulating revolutions in Eastern Europe [Electronic resource] / M. Barker. – URL: http://www.thirdworldtraveler.com/NED/NED_EasternEuropeElections.html (data obrashhenija 18 sentjabrja 2014).

2. *Esteban J.* Polarization, Fractionalization and Conflict [Text] / J. Esteban, D. Ray // *Journal of Peace Research*. – 2008. – Vol. 45. – № 2. – P. 163-182.

3. *Esteban J.* Polarization and Conflict: Theoretical and Empirical Issues [Text] / J. Esteban, G. Schneider // *Journal of Peace Research* – 2008. – Vol. 45. №. 2. – P. 131-141.

4. *Farooq A.* Web-Ontology Design Quality Metrics [Text] / A. Farooq, S. Ahsan, A. Shah // *Journal of American Science*. – 2010. – № 6(11). – P. 52-58.

5. *Montalvo J.G.* Ethnic Polarization and the Duration of Civil Wars [Text] / J.G. Montalvo, M. Reynal-Querol. – 2010. – Vol. 11. – P. 123-143.

6. *Sonia R.* Social Identity Complexity [Text] / R. Sonia, B. Marilynn // *Personality and Social Psychology Review*. – 2002. – Vol. 6. – № 2. – P. 88-106.

7. *Yuan Xu.* An Upper-Ontology-Based Approach for Automatic Construction of IOT Ontology [Text] / Xu Yuan, Zhang Chunhong, Ji Yang // *International Journal of Distributed Sensor Networks*. – Vol. 2014 (2014). – P. 17.

8. *Ajzerman M.A.* Metod potencial'nyh funkcij v teorii obuchenija mashin [Tekst]/ M.A. Ajzerman, Je.M. Braverman, L.I. Rozonojer – M.: Nauka, 1970. – 384 p.

9. *Ancupov A.Ja.* Konfliktologija [Tekst]/ A.Ja. Ancupov, A.I. Shipilov – M.: JuNITI, 2000. – 551s.

10. *Buch G., Rambo D., Jakobson I.* Jazyk UML [Tekst]/ G. Buch, D. Rambo, I. Jakobson. – M.: DMK Press, 2006. – 496 p.

11. *Belinskaja E.P.* Social'naja psihologija lichnosti [Tekst]/ E.P. Belinskaja, O.A. Tihomandrickaja. – M.: Aspekt Press, 2001. – 301 p.

12. Social'naja psihologija. Uchebnoe posobie dlja vuzov [Tekst]/ pod red. A.N. Suhova, A.A. Derkacha. – M.: Izd. centr Akademija, 2001. – 600 p.

13. *Didyk T.G.* Algoritmy i sredstva formirovanija ontologii zadanoj predmetnoj oblasti [Jelektronnyj resurs]/ T.G. Didyk, V.I. Rykov, Ju.V. Sharonova // *Sovremennye problemy nauki i obrazovanija*. – 2013. – № 6. – URL: www.science-education.ru/113-10989 (data obrashhenija: 28.09.2014).

14. *Didyk T.G.* Metodika postroenija ontologij na baze ob#ektnogo podhoda [Jelektronnyj resurs]/ T.G.

Didyk, V.I. Rykov, L.P. [Jelektronnyj resurs]/ T.G. Didyk, V.I. Rykov, // *Sovremennye informacionnye tehnologii*. – 2013. – № 18 (18). – P. 105-107.

15. *Lande D.V.* Poisk znanij v Internet. Professional'naja rabota [Tekst]/ D.V. Lande. – M.: Vil'jams, 2005. – 272 p.

16. *Mirimanova M.S.* Konfliktologii [Tekst]/ M.S. Mirimanova. – M.: Izdatel'skij centr «Akademija», 2004. – 320 p.

17. *Dolomatov M.Ju.* Informacionnaja sistema rascheta social'noj naprjazhennosti obshhestva na osnove primeneniya zakonov ravnovesnoj termodinamiki [Tekst]/ M.Ju. Dolomatov, V.V. Martynov, N.A. Zhuravleva, E.I. Filosova, E.Sh. Zakieva // *Trudy SPIIRAN*. – 2015. – Vyp. 4(41).

18. *Dolomatov M.Ju., Zhuravleva N.A., Zakieva E.Sh., Proshin E.N.* Proektirovanie informacionnoj sistemy ocenki urovnja social'noj naprjazhennosti [Tekst]/ M.Ju. Dolomatov, N.A. Zhuravleva, E.Sh. Zakieva, E.N. Proshin // *Sovremennye problemy nauki i obrazovanija*. – №2. – 2014. – URL: <http://www.science-education.ru/116-12286> (data obrashhenija: 28.09.2014).

19. Svidetel'stvo o gosudarstvennoj registracii programmy dlja JeVM № 2013660941, Rossijskaja Federacija. Raschet social'noj naprjazhennosti obshhestva na osnove dannyh iz otkrytyh istochnikov s cel'ju ocenki voznikovenija grazhdanskij volnenij i vojn (GVIV-Kontrol') [Tekst]/ M.Ju. Dolomatov, V.V. Martynov, N.A. Zhuravleva, E.I. Filosova, A.I. Shvecov, O.V. Shirjaev. – Data registracii 17.01.2014.

20. *Dolomatov M.Ju.* Informacionnaja sistema ocenki i prognozirovanija urovnja social'noj naprjazhennosti [Tekst]/ M.Ju. Dolomatov, V.V. Martynov, N.A. Zhuravleva, E.I. Filosova, O.V. Shirjaev, A.I. Shvecov // *Jelektrotehnicheskie i informacionnye komplekсы i sistemy*. – 2013. – №4. – t.9. – P. 121-127.

21. Svidetel'stvo o gosudarstvennoj registracii programmy dlja JeVM № 2013661801, Rossijskaja Federacija. Informacionnaja sistema ocenki urovnja social'noj naprjazhennosti [Tekst]/ M.Ju. Dolomatov, N.A. Zhuravleva. – Data registracii 16.12.2013.

22. *Dolomatov M.Ju.* Analiz ustojchivosti jekonomicheskijh sistem Rossii, SShA i Avstralii na osnove principa Bol'cmana [Tekst]/ M.Ju. Dolomatov, N.A. Zhuravleva // *Jekonomika i upravlenie: nauchno-prakticheskij zhurnal*. – 2011. – № 1.

23. *Dolomatov M.Ju.* Modelirovanie ustojchivosti social'no-jekonomicheskijh sistem na osnove analiza dohodov naselenija [Tekst]/ M.Ju. Dolomatov, N.A. Zhuravleva // *Naukoemkie tehnologii*. – 2010. – №2– S. 43 – 52.



Зикий А.Н.
Zikiy A.N.

кандидат технических наук, старший научный сотрудник, кафедра «Информационная безопасность телекоммуникационных систем» Институт компьютерных технологий и информационной безопасности, ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет», Россия, г. Таганрог



Зламан П.Н.
Zlaman P.N.

ведущий инженер-конструктор Научно-конструкторское бюро «Моделирующие и управляющие системы», ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет», Россия, г. Таганрог

УДК 621.396.6

МНОГОКАНАЛЬНЫЙ ЧАСТОТНЫЙ ДИСКРИМИНАТОР ТРЕХСАНТИМЕТРОВОГО ДИАПАЗОНА

По приемникам обнаружения радиосигналов опубликовано значительное количество монографий, учебников, учебных пособий, статей, патентов. Однако исследования по приемникам обнаружения сигналов продолжаются в связи с совершенствованием элементной базы, усложнением сигнально-помеховой обстановки, появлением новых алгоритмов обнаружения. Значительный вклад в развитие этого направления техники внесли отечественные ученые Дятлов А.П., Даниленко А.И., Евдокимов Ю.Ф., Евдокимов О.Ю., Клименко П.П., Корниенко В.Т. и др.

Статья направлена на экспериментальное исследование важной составной части приемника обнаружения сигналов – частотного дискриминатора.

Рассмотрен многоканальный частотный дискриминатор амплитудного типа. Приведены функциональная и принципиальная схемы. Кратко описаны элементная база и конструкция. Предложена аппроксимация амплитудно-частотных характеристик и алгоритм измерения несущей частоты. Представлены методика и результаты экспериментального исследования частотного дискриминатора частот 8-12 ГГц. Описанный частотный дискриминатор используется в широкополосной системе обнаружения сигналов.

В качестве результатов эксперимента представлены:

- амплитудно-частотная характеристика грубой шкалы;
- амплитудно-частотная характеристика шкалы средней точности;
- амплитудно-частотная характеристика точной шкалы;
- амплитудно-частотная характеристика канала обнаружения;
- отношение АЧХ грубых каналов;
- отношение АЧХ каналов средней точности;
- отношение АЧХ точных каналов.

Комбинирование амплитудно-частотных характеристик позволяет:

- устранить постоянную составляющую на выходе детектора;
- получить нормированные АЧХ, слабо зависящие от амплитуды входного сигнала.

Ключевые слова: частотный дискриминатор, амплитудный детектор, приемник обнаружения сигналов, амплитудно-частотная характеристика, алгоритм оценки несущей частоты, методика и результаты эксперимента.

THREE-SENTIMETRE RANGE MULTI-CHANNEL AMPLITUDE FREQUENCY DISCRIMINATOR

There is lot of published monographs, tutorials, articles, patents about radio signal detection receiver. However, research of radio signal detection receivers are still in progress because of improvement of element base, complication of signal and jamming situation, development of new detection algorithms. The considerable contribution on research of the area of the engineering was made by domestic scientists Dyatlov A.P., Danilenko A.I., Evdokimov U.F., Evdokimov O.U., Klimenko P.P., Kornienko V.T. and at alias.

The main objective of the article is the experimental research of the important component of signal detection receiver – a frequency discriminator.

A multi-channel amplitude type frequency discriminator is considered. Function and schematic diagrams are presented. Component base and design are described shortly. The Approximation of amplitude-frequency characteristic and the measurement algorithm of the carrier frequency are proposed. The procedure and the result of experimental research of the frequency discriminator of 12-18 GHz frequency range are presented. Described frequency discriminator has been applied in wideband signal detection system.

As results of the experiment:

- an amplitude-frequency characteristic of the crude scale;
- an amplitude-frequency characteristic of the scale of accuracy in the mean;
- an amplitude-frequency characteristic of the precision scale;
- an amplitude-frequency characteristic of the detection channel;
- an amplitude-frequency characteristics ratio of the crude channels;
- an amplitude-frequency characteristics ratio of the channels of accuracy in the mean;
- an amplitude-frequency characteristics ratio of the precision channels.

The combining of the amplitude-frequency characteristics makes it possible:

- to remove a dc component on the detector output;
- to obtain normalized amplitude-frequency characteristics weakly dependent from the amplitude of the input signal.

Keywords: frequency discriminator, amplitude detector, signal detection receiver, amplitude-frequency characteristic, estimation algorithm of carrier frequency, procedure and result of experiment.

Для обнаружения радиосигналов и точного измерения несущей частоты часто используются широкополосные частотные дискриминаторы (ЧД) автокорреляционного типа [1], а также и другие типы дискриминаторов [2-5].

Автокорреляционные частотные дискриминаторы обладают рядом недостатков. Среди них:

- необходимость жесткого ограничения амплитуды на входе, что затруднительно реализовать в сантиметровом и миллиметровом диапазоне волн;
- повышенный уровень шумов из-за высокого коэффициента усиления в ограничителе;
- ограничение длительности обрабатываемых импульсов снизу, связанное с длительностью задержки в автокорреляционном ЧД;
- чувствительность к фазовым искажениям сигнала, возникающим при ограничении, задержке и других преобразованиях сигнала.

Частотный дискриминатор амплитудного типа лишен этих недостатков, поэтому объектом исследования в данной работе выбран он. Однако в известной литературе этому типу дискриминатора

уделено значительно меньше внимания, чем автокорреляционному. В книге [3] только упоминается этот тип дискриминатора без детального его описания. Поэтому целью настоящей работы является исследование основных характеристик частотного дискриминатора амплитудного типа. Описанный ЧД рекомендуется использовать в широкополосной аппаратуре обнаружения сигналов [1-3],[18-20].

К частотному дискриминатору предъявляются следующие требования:

- диапазон рабочих частот 8-12 ГГц;
- вероятность наложения двух импульсов с разными частотами близка к нулю;
- минимальная длительность импульсов 0,1 мкс;
- среднеквадратическая погрешность измерения несущей частоты импульсных сигналов не более 80 МГц;
- масса и габариты минимальные;
- число шкал – 3;
- ЧД должен иметь канал обнаружения с максимально плоской АЧХ.

В соответствии с этими требованиями была разработана функциональная схема частотного дискриминатора, показанная на рисунке 1.

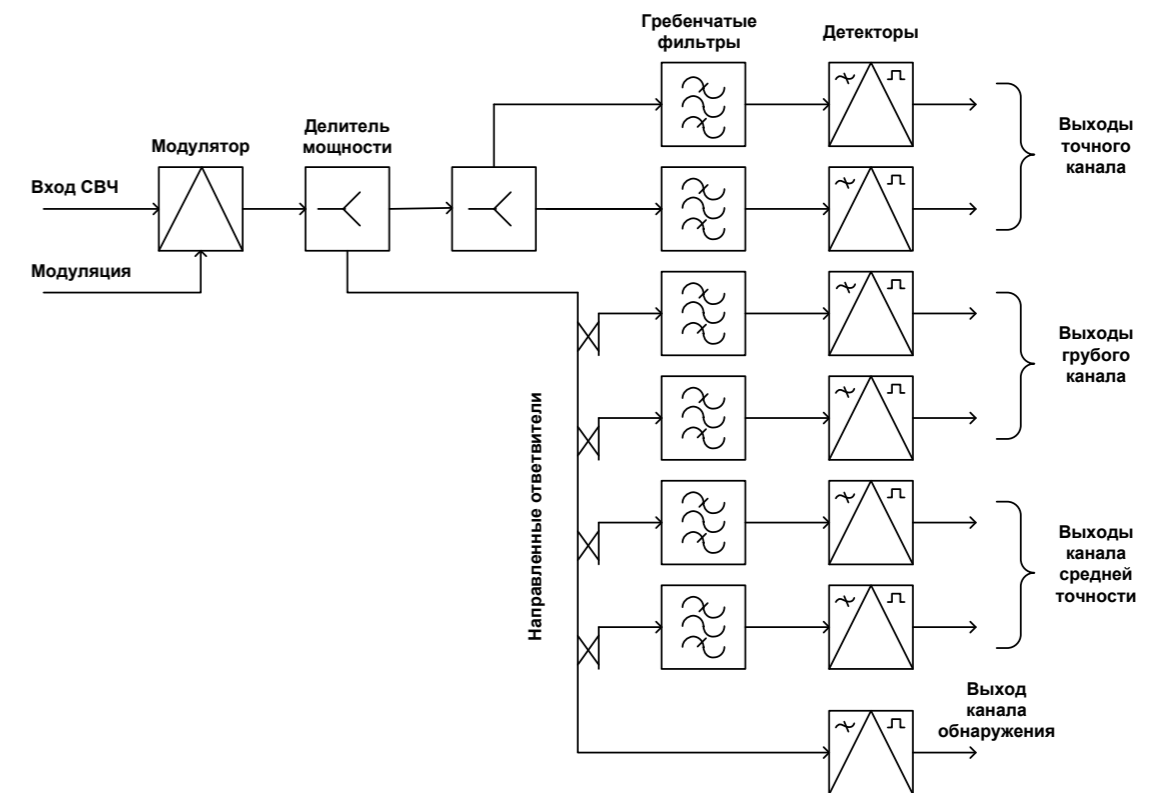


Рисунок 1. Функциональная схема частотного дискриминатора

Частотный дискриминатор функционально состоит из трех частей: точного дискриминатора, грубого дискриминатора и дискриминатора средней точности. Каждый дискриминатор имеет два выхода:

а) выход «подъем», на котором амплитудно-частотная характеристика имеет наибольшее ослабление радиочастоты в начале диапазона и наименьшее ослабление в конце диапазона;

б) выход «спад», на котором наклон амплитудно-частотной характеристики имеет противоположный знак.

При этом, АЧХ обоих выходов грубого дискриминатора пересекаются в середине диапазона, а АЧХ обоих выходов точного дискриминатора периодически (3-5 раз) пересекаются и изменяют знак в пределах определенных участков АЧХ грубого дискриминатора. Таким образом, радиосигнал, поступающий с выхода усилителя-ограничителя на вход грубого и точного частотного дискриминатора, появляется на выходах частотных дискриминаторов в определенных амплитудных соотношениях. При этом, отношение амплитуд сигнала на выходах грубого дискриминатора указывает на участок частотного диапазона, а отношение амплитуд на выходах точного дискриминатора указывает на значение радиочастоты сигнала в пределах этого

участка. Для большей точности определения частоты вводится дополнительный канал – канал средней точности АЧХ которого дважды пересекается в пределах диапазона и имеет максимум или минимум характеристики (в зависимости от выхода) в середине диапазона. Принципиальная схема ЧД приведена на рисунке 2.

Частотный дискриминатор состоит из рп-диодного модулятора (выключателя) на входе, двух делителей мощности, четырех направленных ответвителей, семи детекторов и десяти шлейфов. СВЧ часть модулятора выполнена на двух рп-диодах типа 2А553 [9]. Цепь управления модулятора содержит элементы L1, L2, R1. Делители мощности выполнены равноплечими по трехкольцевой схеме. Направленные ответвители выполнены одноступенчатыми и соединены последовательно друг с другом. Детекторы на диодах V5, V6 формируют точную шкалу. Детекторы на диодах V7, V8 формируют шкалу средней точности. Детекторы на диодах V3, V4 формируют грубую шкалу. Детектор на диоде V9 является сверхширокополосным с равномерной АЧХ и описан ранее в работе [6]. Транзисторный детектор для этой цели не годится по причине недостаточной широкополосности [7]. Шлейфы W4, W5 обеспечивают периодичность точной шкалы, а рези-

сторы R11, R13 – остроту резонансов. Шлейфы W8. средней точности, а резисторы R18, R25, R26, R28 – остроту резонансов. W9, W10, W11 обеспечивают периодичность шкалы

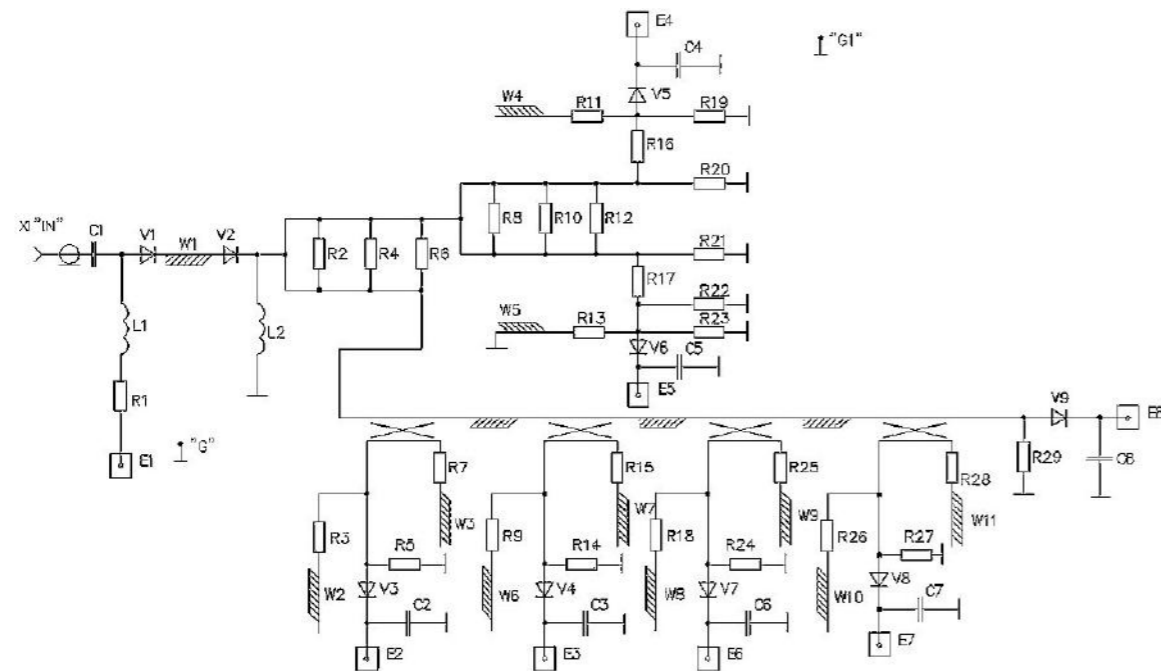


Рисунок 2. Принципиальная схема ЧД

Дискриминационную характеристику точной шкалы можно аппроксимировать следующим выражением:

$$K \left(\frac{U_1 - U_2}{U_3} \right) = \cos \left(\frac{(f - f_H) * \pi}{\Delta f} \right), \tag{1}$$

где U_1, U_2 – напряжения на выходах детекторов точной шкалы; U_3 – напряжение на выходе канала обнаружения; K – коэффициент, обеспечивающий условие нормировки: $\max \left| \frac{U_1 - U_2}{U_3} \right| * K = 1$; f – текущая частота; f_H – начальная частота; Δf – частотный интервал, равный половине периода

косинусоиды. Алгоритм работы многоканального ЧД представляет собой функцию, обратную дискриминационной характеристике. При обращении функции (1) учтена её периодичность. Кроме того, отдано предпочтение разбиению аргумента на участки, соответствующие монотонности функции (1).

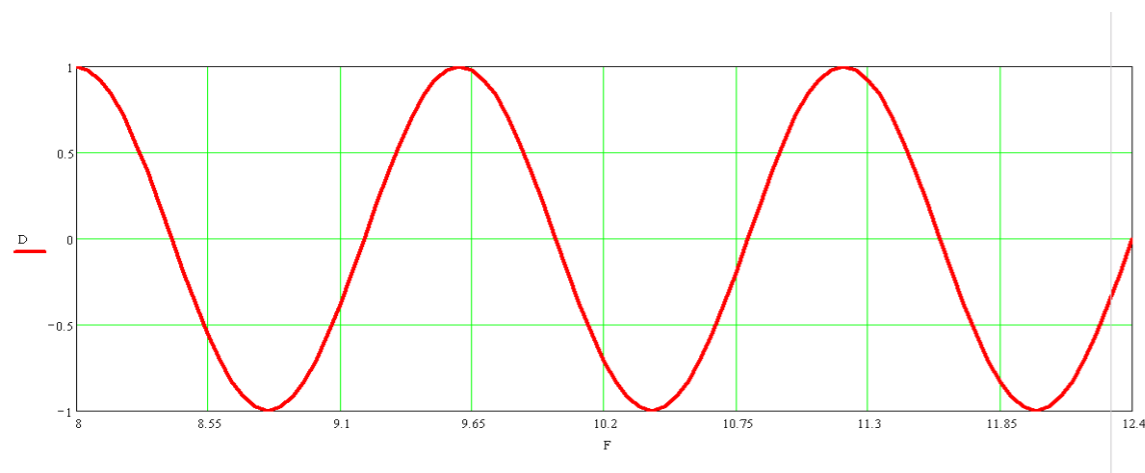


Рисунок 3. Дискриминационная характеристика ЧД для точной шкалы

Тогда алгоритм работы многошкального ЧД имеет вид:

$$\hat{f}_x = f_H + \left(n - \frac{1}{2} \right) \Delta f + \frac{\Delta f}{\pi} (-1)^n * \arcsin \left(\frac{U_1 - U_2}{U_3} * k \right) \tag{2}$$

где \hat{f}_x – оценка несущей частоты; n – номер полу-периода косинусоиды, задействованного на данном шаге измерений, может принимать значения от 1 до n_{max} (см. ниже), вычисляемая n с помощью грубой шкалы; U_1 – выход первого детектора точного канала; U_2 – выход второго детектора точного канала; U_3 – выход детектора канала обнаружения; k – коэффициент, обеспечивающий условие нормировки.

Операция вычитания ($U_1 - U_2$) позволяет устранить постоянную составляющую на выходах детекторов, получить под знаком arcsin знакопеременную

Вычисление n

$$n = \text{entier} \left[\frac{(U_4 - U_5)}{U_3} * k * n_{max} \right], \tag{3}$$

где n – номер рабочего участка; n_{max} – максимальное значение номера рабочего участка; U_4, U_5 – напряжения на выходах детекторов грубой шкалы; U_3 – напряжение на выходе детектора канала обнаружения; entier – целая часть числа.

Выражение (4) чаще всего реализуют в виде таблицы, записанной в ПЗУ ПЛИС.

Из-за технологических ограничений не удалось реализовать дискриминационные характеристики грубой шкалы, близкие к идеальным, поэтому была введена ещё шкала средней точности. Равномерное квантование по уровню сигнала грубой шкалы было заменено на квантование неравномерное, что снизило ошибки.

ЧД размещён на подложке из поликора размером

величину ненормированной амплитуды. Операция деления $\left(\frac{U_1 - U_2}{U_3} \right)$ позволяет получить нормированное значение синуса в пределах от минус 1 до плюс 1.

Операции вычитания и деления осуществляются в ПЛИС после аналого-цифрового преобразования величин U_1, U_2, U_3 . Чаще всего эти операции вычисляют заранее и в ПЛИС прошивают готовую таблицу результатов.

48x60x0,5 мм, которая запаяна в корпус рамочного типа. Конструирование и технология изготовления ЧД использовались традиционные, описанные в литературе [10-14].

Детекторные диоды выбраны типа 2A131A-3 [9] без подбора на идентичность. Входной соединитель типа СРГ50-751 ФВ [14]. Выходы детекторов выполнены в виде изоляторов ИСПП-1а-250-3. Особенности построения и экспериментальные характеристики амплитудного детектора описаны в работе [6].

Экспериментальное исследование ЧД проводилось на установке, структурная схема которой приведена на рисунке 4.

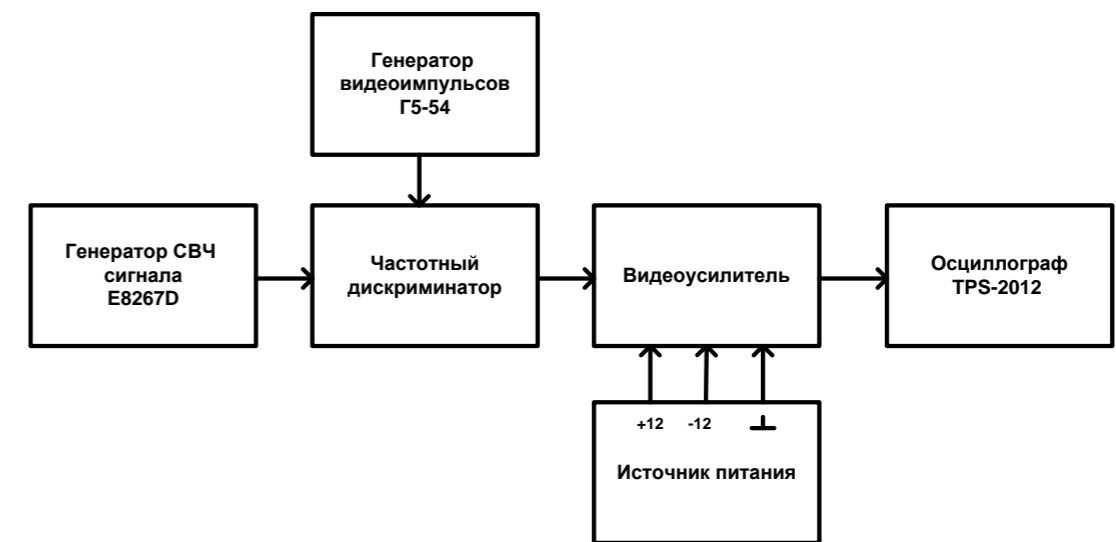


Рисунок 4. Структурная схема измерительного стенда

В качестве источника сигнала использован генератор СВЧ сигналов E8267D фирмы Agilent [16]. В качестве индикатора выходного сигнала использован цифровой осциллограф типа TPS-2012 фирмы Tektronix. Импульсная модуляция входного сигнала обеспечивалась генератором видеоимпульсов Г5-54 и внутренним модулятором ЧД (диоды V1, V2).

Для усиления слабых импульсов с выходов детекторов и подачи смещения на них был использован видеусилитель собственной разработки. Измерение частотных характеристик каналов проводилось в диапазоне 8,0-12,0 ГГц с шагом 50 МГц. Результаты измерений представлены графически на рисунках 5-8.

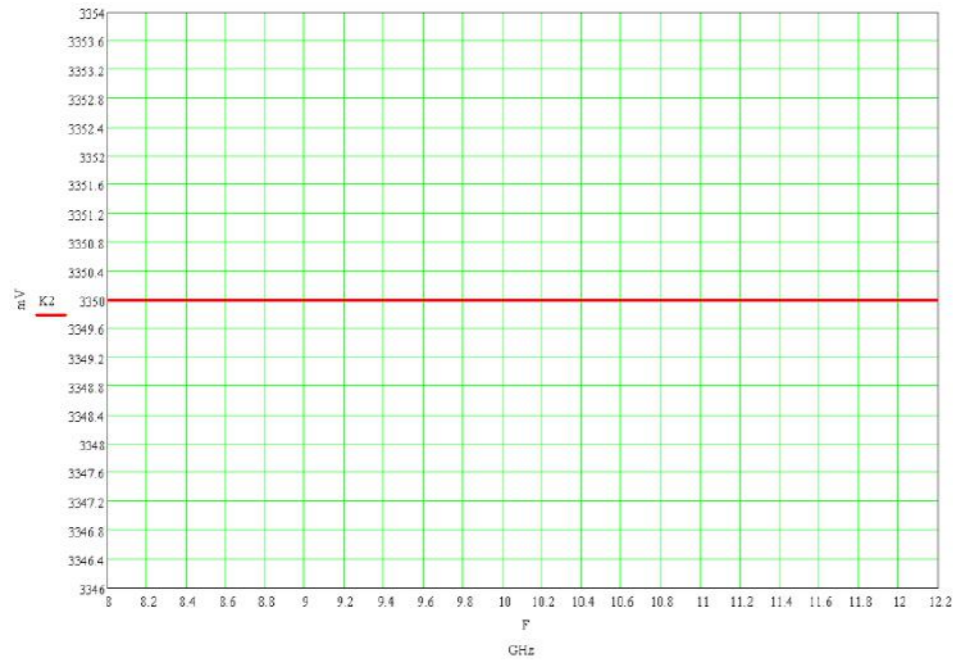


Рисунок 5. Канал обнаружения

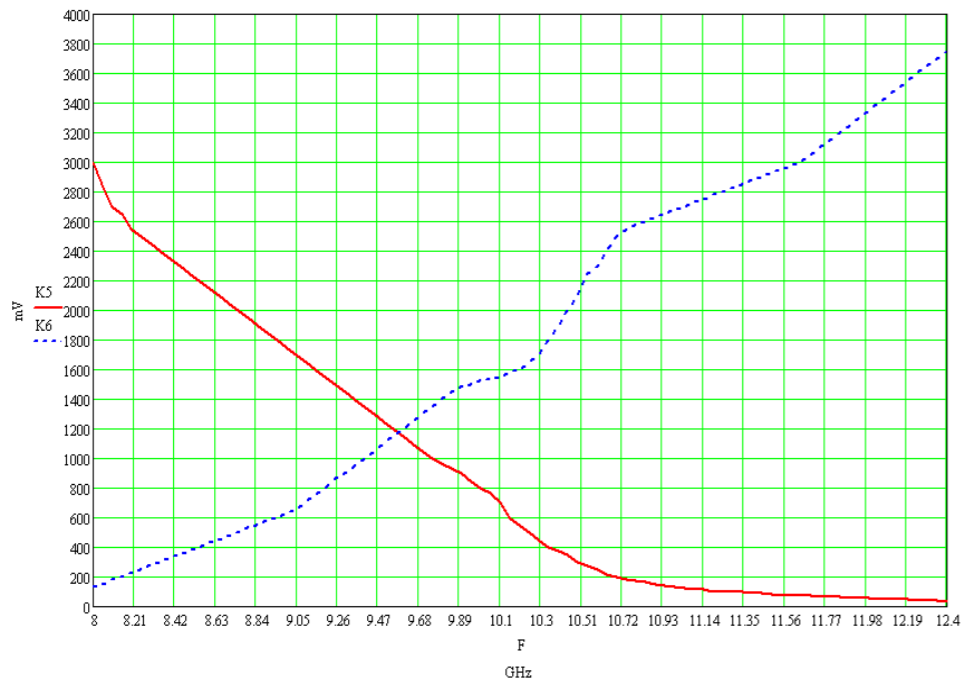


Рисунок 6. Грубые каналы

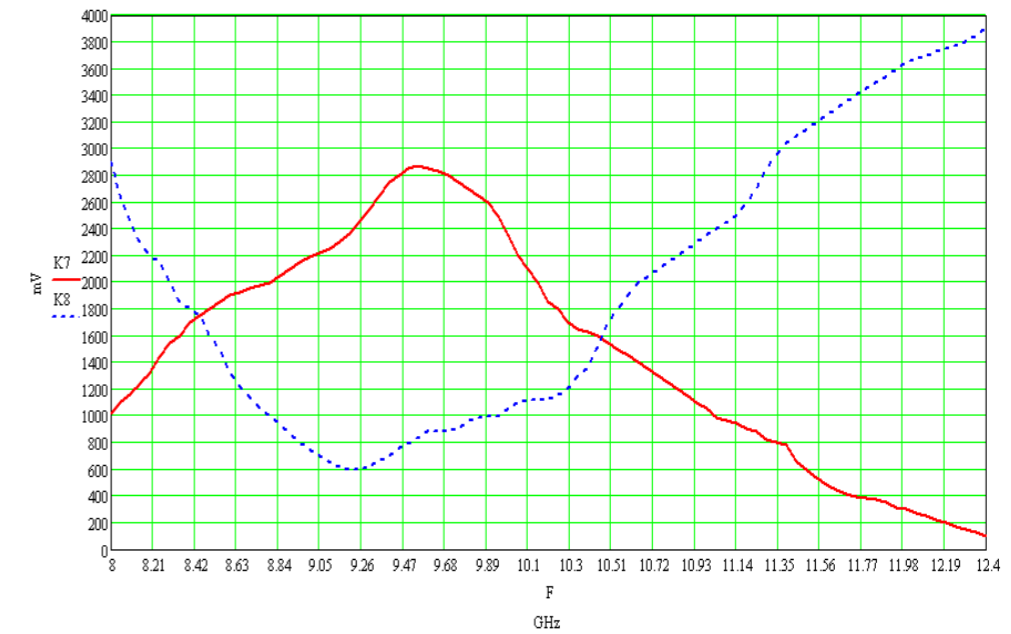


Рисунок 7. Каналы средней точности

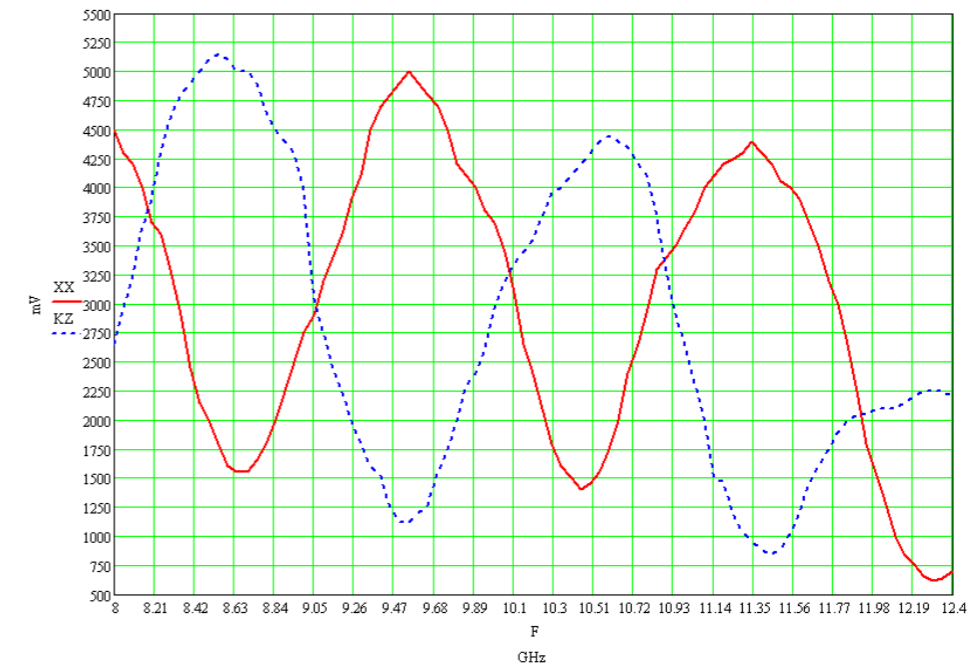


Рисунок 8. Точные каналы

На рисунке 5 можно видеть практически идеальную АЧХ канала обнаружения (диод V9). На рисунке 6 сплошная кривая показывает изменение напряжения на детекторе V3, а пунктирная кривая – на детекторе V4. На рисунке 7 сплошная кривая даёт частотную зависимость напряжения на выходе детектора V7, а пунктирная кривая – на выходе детектора V8. Рисунок 8 сплошная кривая иллюстрирует частотную зависимость напряжения на выходе детектора V5, а пунктирная кривая – на

выходе детектора V6. Для устранения зависимости частотных характеристик от мощности входного сигнала, уменьшения влияния большого КСВН на монотонность кривых АЧХ, в приемнике используется отношение двух сигналов, т. е.

$$\frac{U_{V3}}{U_{V4}}; \frac{U_{V7}}{U_{V8}}; \frac{U_{V5}}{U_{V6}}$$

Такие кривые, полученные расчетным путем, изображены на рисунке 9 и 10.

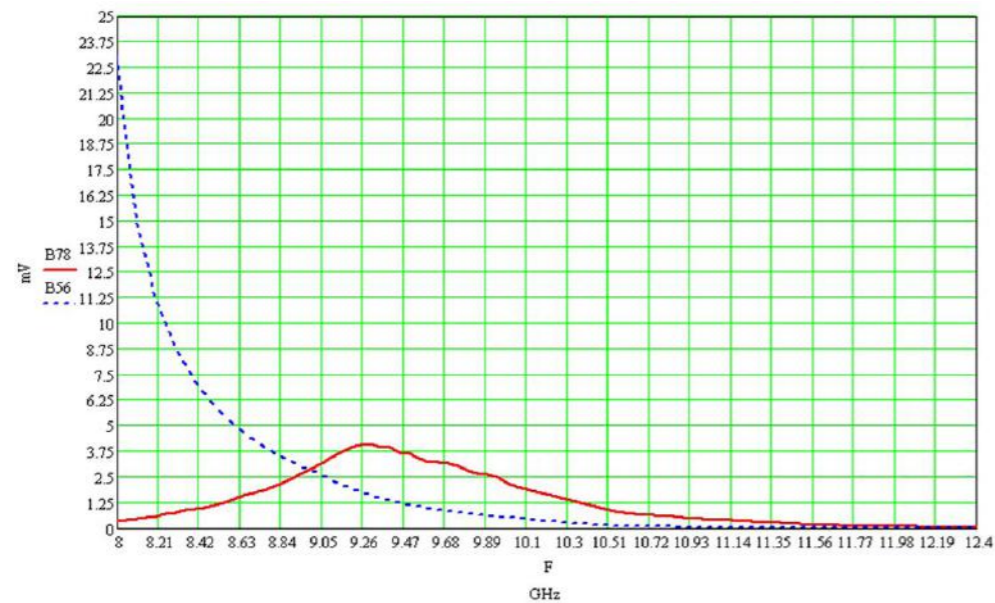


Рисунок 9. Отношение грубых каналов и каналов средней грубости

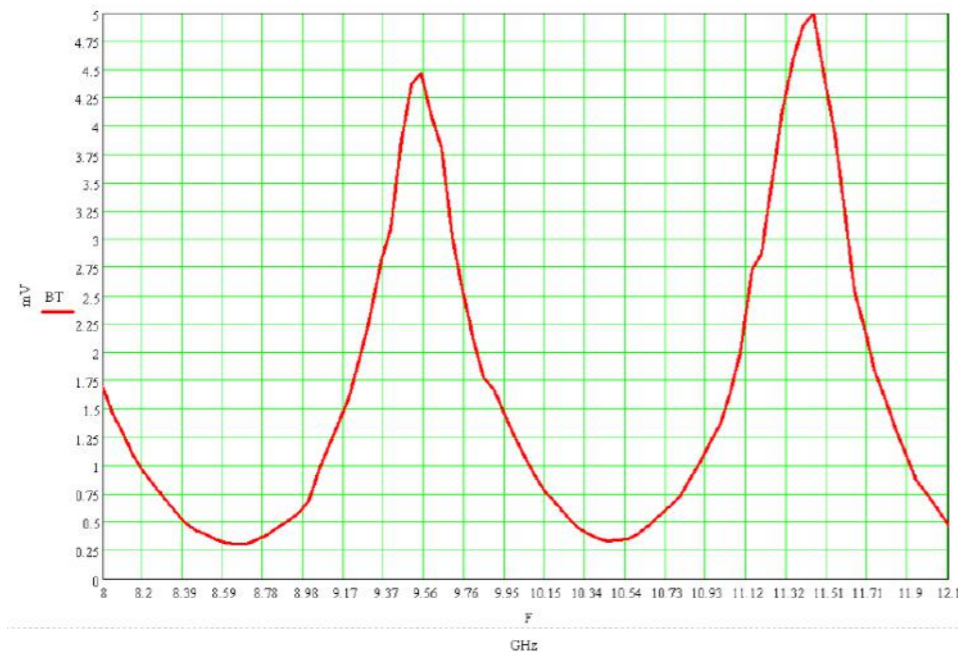


Рисунок 10. Отношение точных каналов

Заключение.

1. Цель данной работы достигнута – исследован трехшкальный частотный дискриминатор трехсантиметрового диапазона, отвечающий предъявленным требованиям.

2. Предложена аппроксимация амплитудно-частотных характеристик.

Список литературы

1. Дятлов А.П. Корреляционная обработка широкополосных сигналов в автоматизированных

3. Разработан алгоритм измерения несущей частоты.

4. Получены экспериментальные данные, позволяющие выбрать микросхемы для аналого-цифрового преобразования и цифровой обработки сигналов на выходе частотного дискриминатора.

комплексах радиомониторинга [Текст]/ А.П. Дятлов, Б.Х. Кульбикаян. – М.: Горячая линия – Телеком. 2013. – 332 с.

2. Tsui J.B. Microwave receivers with electronic warfare application [Text]/ J.B. Tsui. – N.Y: John Wiley & Sons, 1986. – 460 p.

3. Wiley R.G. Electronic Intelligence. The Interception of Radar Signals [Text]/ R.G. Wiley Dedham, MA: Artech House, 1985. – 284 p.

4. Василенко В.Э. Экспериментальное исследование приемника мгновенного измерения частоты [Текст]/ В.Э. Василенко, Б.Д. Дикарев, А.Н. Зикий, И.А. Сальный // Известия ЮФУ. Серия Технические науки. – 2008. – №3. – с. 168-171.

5. Бровченко С.П. Функциональная математическая модель автокорреляционного частотного дискриминатора [Текст]/ С.П. Бровченко, И.И. Пивоваров // Электронная техника. Сер. СВЧ техника. – 1993. – №5-6. – с. 30-37.

6. Бутков В.П. Сверхширокополосный детектор [Текст]/ В.П. Бутков, А.Н. Зикий, П.Н. Зламан // Электротехнические и информационные комплексы и системы. – 2014. – т.10. – №2. – с. 111-116.

7. Беляев Д.В. Экспериментальное исследование транзисторного детектора СВЧ [Текст]/ Д.В. Беляев, А.Н. Зикий, К.Е. Румянцев // Электротехнические и информационные комплексы и системы. – 2006. – №2. – с. 54-57.

8. Баландин В.С. и др. Перспективы развития приемных устройств систем РЭБ [Текст]/ В.С. Баландин и др. // Зарубежная радиоэлектроника. – 1987. – №12. – с. 78-92.

9. Полупроводниковые приборы. СВЧ диоды. Справочник [Текст]/ под ред. Б.А. Наливайко. – Томск, МГП «РАСКО», 1992.

10. Справочник по расчету и конструированию микрополосковых устройств [Текст]/ под ред. В.И. Вольмана. – М.: Радио и связь, 1982. – 328 с.

11. Бушминский И.П. Технология гибридных интегральных схем СВЧ. Учебное пособие [Текст]/ И.П. Бушминский, Г.В. Морозов. – М.: Высшая школа, 1980. – 285 с.

12. Красов В.Г. Толсто пленочная технология в СВЧ микроэлектронике [Текст]/ В.Г. Красов, Г.Б. Петраускас, Ю.С. Чернозубов. – М.: Радио и связь, 1985. – 168 с.

13. Справочник по элементам полосковой техники [Текст]/ под ред. А.Л. Фельдштейна. – М.: Связь, 1979 – 336 с.

14. Грачев А.А. Конструирование электронной аппаратуры на основе поверхностного монтажа компонентов [Текст]/ А.А. Грачев, А.А. Мельник, Л.И. Панов. – М.: НТ-Пресс, 2006. – 384 с.

15. Джурицкий К.Б. Миниатюрные коаксиальные радиокомпоненты для микроэлектроники СВЧ [Текст]/ К.Б. Джурицкий. – М.: Техносфера, 2006. – 216 с.

16. Генератор сигналов E8267D. Техническое описание [Текст]. – Agilent Technologies.

17. Осциллограф TPS2012. Техническое описание [Текст]. – Tektronix.

18. Методы и средства идентификации источников радиоизлучения [Текст]/ под ред. А.А.Зори. – Донецк: ГВУЗ «ДонГТУ», 2010. – 345 с.

19. Куприянов А.И., Петренко П.Б., Сычев М.П. Теоретические основы радиоэлектронной разведки [Текст]/ А.И. Куприянов, П.Б. Петренко, М.П. Сычев.–М.: МГТУ им Н.Э. Баумана, 2010. – 381 с.

20. Модели пространственного и частотного поиска [Текст]/ под ред. Ю.Л. Козирацкого. – М.: Радиотехника, 2013. – 344 с.

References

1. Djatlov A.P. Korreljacionnaja obrabotka shirokopolosnyh signalov v avtomatizirovannyh kompleksah radiomonitoringa [Tekst]/ A.P. Djatlov, V.H. Kul'bikajan. – M.: Gorjachaja linija – Telekom. 2013. – 332 p.

2. Tsui J.B. Microwave receivers with electronic warfare application [Text]/ J.B. Tsui. – N.Y: John Wiley & Sons, 1986. – 460 p.

3. Wiley R.G. Electronic Intelligence. The Interception of Radar Signals [Text]/ R.G. Wiley Dedham, MA: Artech House, 1985. – 284 p.

4. Vasilenko V.Je. Jeksperimental'noe issledovanie priemnika mgnovenno izmerenija chastoty [Tekst]/ V.Je. Vasilenko, B.D. Dikarev, A.N. Zikij, I.A. Sal'nyj // Izvestija JuFU. Serija Tehnicheskie nauki. – 2008. – №3. – P. 168-171.

5. Brovchenko S.P. Funkcional'naja matematicheskaja model' avtokorreljacionnogo chastotnogo diskriminatora [Tekst]/ S.P. Brovchenko, I.I. Pivovarov // Jelektronnaja tehnika. Ser. SVCh tehnika. – 1993. – №5-6. – P. 30-37.

6. Butkov V.P. Sverhshirokopolosnyj detektor [Tekst]/ V.P. Butkov, A.N. Zikij, P.N. Zlaman // Jelektrotehnicheskie i informacionnye komplekсы i sistemy. – 2014. – t.10. – №2. – s. 111-116.

7. Beljaev D.V. Jeksperimental'noe issledovanie tranzistornogo detektora SVCh [Tekst]/ D.V. Beljaev, A.N. Zikij, K.E. Rumjancev // Jelektrotehnicheskie i informacionnye komplekсы i sistemy. – 2006. – №2. – P. 54-57.

8. Balandin V.S. i dr. Perspektivy razvitija priemnyh ustrojstv sistem RJeB [Tekst]/ V.S. Balandin

i dr. // Zarubezhnaja radioelektronika. – 1987. – №12. – P. 78-92.

9. Poluprovodnikovye pribory. SVCh diody. Spravochnik [Tekst]/ pod red. B.A. Nalivajko. – Tomsk, MGP «RASKO», 1992.

10. Spravochnik po raschetu i konstruirovaniyu mikropoloskovykh ustrojstv [Tekst]/ pod red. V.I. Vol'mana. – M.: Radio i svjaz', 1982. – 328 p.

11. *Bushminskij I.P.* Tehnologija gibridnykh integral'nyh shem SVCh. Uchebnoe posobie [Tekst]/ I.P. Bushminskij, G.V. Morozov. – M.: Vysshaja shkola, 1980. – 285 p.

12. *Krasov V.G.* Tolstoplenochnaja tehnologija v SVCh mikroelektronike [Tekst]/ V.G. Krasov, G.B. Petrauskas, Ju.S. Chernozubov. – M.: Radio i svjaz', 1985. – 168 p.

13. Spravochnik po jelementam poloskovoj tehniki [Tekst]/ pod red. A.L. Fel'dshtejna. – M.: Svjaz', 1979 – 336 p.

14. *Grachev A.A.* Konstruirovanie jelektronnoj apparatury na osnove poverhnostnogo montazha

komponentov [Tekst]/ A.A. Grachev, A.A. Mel'nik, L.I. Panov. – M.: NT-Press, 2006. – 384 p.

15. *Dzhurinskij K.B.* Miniaturnye koaksial'nye radiokomponenty dlja mikroelektroniki SVCh [Tekst]/ K.B. Dzhurinskij. – M.: Tehnosfera, 2006. – 216 p.

16. Generator signalov E8267D. Tehnicheskoe opisanie [Tekst]. – Agilent Technologies.

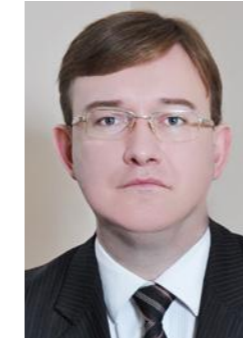
17. Oscillograf TPS2012. Tehnicheskoe opisanie [Tekst]. – Tektronix.

18. Metody i sredstva identifikacii istochnikov radioizlucheniya [Tekst]/ pod red. A.A. Zori. – Doneck: GVUZ «DonGTU», 2010. – 345 p.

19. *Kuprijanov A.I., Petrenko P.B., Sychev M.P.* Teoreticheskie osnovy radioelektronnoj razvedki [Tekst]/ A.I. Kuprijanov, P.B. Petrenko, M.P. Sychev.–M.: MGTU im N.Je. Baumana, 2010. – 381 p.

20. Modeli prostranstvennogo i chastotnogo poiska [Tekst]/ pod red. Ju.L. Kozirackogo. – M.: Radiotekhnika, 2013. – 344 s.

МЕТРОЛОГИЯ И ИНФОРМАЦИОННО- ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА METROLOGY AND INFORMATION-MEASURING DEVICES



Федосов А. В.
Fedosov A.V.

кандидат технических наук,
доцент кафедры «Промышленная
безопасность и охрана труда»
ФГБОУ ВО «Уфимского государ-
ственного технического
нефтяного университета»,
Россия, г. Уфа



Федосов В. А.
Fedosov V.A.

кандидат технических
наук, доцент кафедры
«Технологические машины
и прикладная физика»
ФГБОУ ВО «Уфимского государ-
ственного технического
нефтяного университета»,
Россия, г. Уфа



Шаймухаметов Э.Ф.
Shaimukhametov E.F.
студент, ФГБОУ ВО

«Уфимского государственного
технического нефтяного
университета»,
Россия, г. Уфа

УДК 622.69-049.5

СОВРЕМЕННЫЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЯ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ЭКСПЕРТИЗЫ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ТЕХНИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ НА ОПАСНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТАХ

На сегодняшний день развитие средств измерений и контроля идет в направлениях повышения точности измерений, уменьшения габаритных размеров и массы приборов, снижения измерительных усилий приборов, а также применения новых методов измерений.

Качественное проведение экспертизы промышленной безопасности технических устройств, применяемые на опасном производственном объекте (ОПО) с использованием современных средств измерения позволяет своевременно обнаружить дефекты и повреждения, способные в последствии привести к аварийным ситуациям, а также обеспечить безопасность технологических процессов промышленных предприятий.

Анализ потребности рынка средств измерения при проведении экспертизы промышленной безопасности показывает, что современные приборы и средства измерения могут существенно улучшить эффективность проведения технического диагностирования технических устройств, применяемые на опасном производственном объекте и повысить возможности для точного и оперативного решения как для стандартных задач, так и для сложных случаев диагностики, что приводит к уменьшению риска возникновения аварийных ситуаций на ОПО.