



СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
SIBERIAN FEDERAL UNIVERSITY



## ПРОСПЕКТ СВОБОДНЫЙ- 2017

МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ

ЭЛЕКТРОННЫЙ СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ  
МЕЖДУНАРОДНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ СТУДЕНТОВ,  
АСПИРАНТОВ И МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ  
“ПРОСПЕКТ СВОБОДНЫЙ 2017”  
ПОСВЯЩЕННОЙ ГОДУ ЭКОЛОГИИ В РФ

КРАСНОЯРСК, СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

17-21 АПРЕЛЯ 2017 Г.

**Министерство образования и науки Российской Федерации  
ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет»**

**Проспект Свободный - 2017**

Материалы научной конференции  
посвященной Году экологии в Российской Федерации  
**17-21 апреля 2017 г.**

*Электронное издание*

Красноярск  
СФУ  
2017 г.

## **Электроника, радиотехника и системы связи**

## РАЗРАБОТКА СИСТЕМНЫХ ТРЕБОВАНИЙ К РЕАЛИЗАЦИИ АВАРИЙНОГО РАДИОМАЯКА

**Клешнина С. А.**

**Научный руководитель доцент Трегубов С. И.**

*Сибирский федеральный университет*

В данной статье рассматривается беспилотный летательный аппарат (БПЛА), как летательный аппарат (ЛА) без экипажа на борту, использующий аэродинамический принцип создания подъёмной силы с помощью фиксированного или вращающегося крыла (БПЛА самолётного и вертолётного типа), оснащённый двигателем и имеющий полезную нагрузку и продолжительность полёта, достаточные для выполнения специальных задач [1].

Во время полёта БПЛА случаются нештатные ситуации, ведущие к большим потерям. Поэтому необходимо повышать надёжность ЛА. Решать данную задачу было предложено разработкой системы автоматического спасения (САС), которая включает в себя несколько функциональных блоков. На сегодняшний день ведётся разработка аварийного радиомаяка для САС. Он необходим для мониторинга рабочего состояния бортовых систем и обнаружения борта во время нештатной ситуации. Внедрение радиомаяка решит проблемы, связанные с поиском БПЛА, с потерей телеметрической информации, потерей информации с полезной нагрузкой, а также уменьшит денежные затраты.

Аварийный радиомаяк состоит из устройства, установленного на БПЛА и устройства, находящегося на земле с оператором. Следовательно, требования к устройствам будут разные. Радиомаяк на борту ЛА должен анализировать его работу во время штатного полёта и при возникновении ошибки передавать телеметрическую информацию наземному приёмнику. Наземный радиомаяк должен принять сигнал от бортового радиомаяка и сохранить телеметрическую информацию в энергонезависимую память. На рисунке 1 представлена схема взаимодействия двух устройств аварийного радиомаяка.

Часть аварийного радиомаяка, располагаемая на борту БПЛА, относится к бортовой аппаратуре. Наземная часть – к носимой.

### **Бортовой аварийный радиомаяк.**

Требования к бортовому аварийному радиомаяку определяются исходя из квалификационных требований КТ 160D.

В зависимости от различных параметров в стандарте выделяют категории. Определим некоторые требования к устройству.

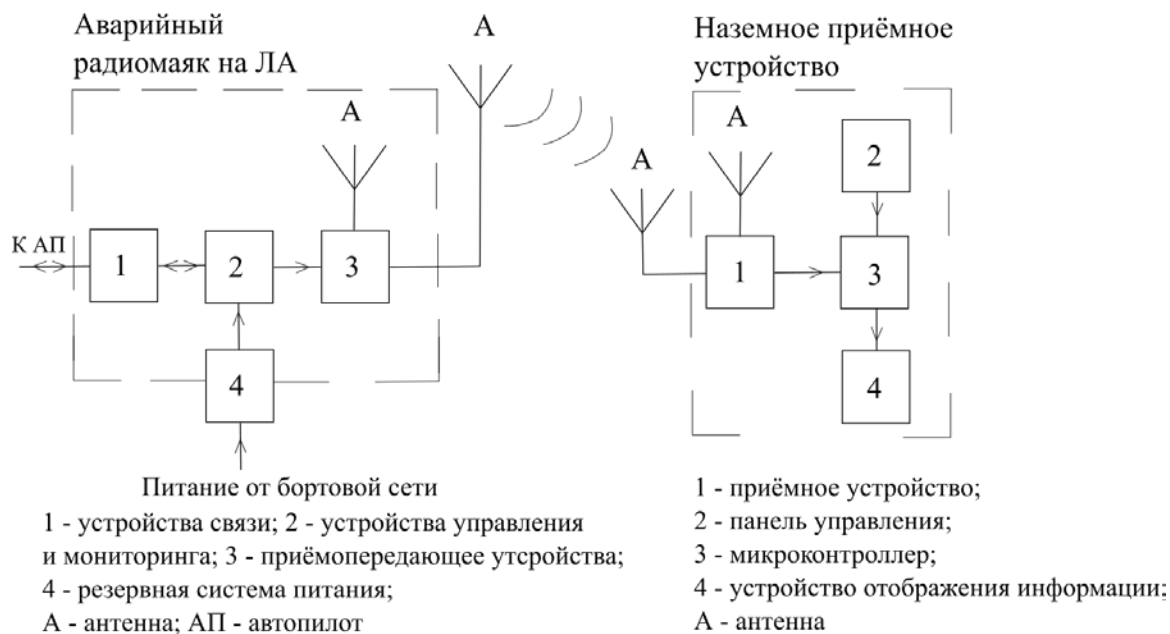


Рис. 1- Взаимодействие бортовой и наземной части аварийного радиомаяка

В зависимости от зоны размещения, эксплуатационной высоты и температуры бортовой радиомаяк относится к категории В2 (Оборудование, предназначенное для установки в негерметичных зонах с нерегулируемой температурой при эксплуатации воздушного судна на высотах до 7600 м над уровнем моря). В зависимости от условий влажности – категории В (Жесткие условия влажности). В таблице 1 представлены климатические условия эксплуатации бортового радиомаяка, исходя из требований КТ 160D:

Таблица 1 – Условия эксплуатации

| Параметр                          | Величина    |
|-----------------------------------|-------------|
| Пониженная рабочая температура    | минус 45 °С |
| Повышенная рабочая температура    | 70 °С       |
| Пониженная предельная температура | минус 55 °С |
| Повышенная предельная температура | 85 °С       |
| Максимальная рабочая высота       | 7,6 тыс. м  |

Находясь на борту ЛА аварийный радиомаяк подвергается механическим воздействиям. К ним относятся вибрации, ударные нагрузки и линейные ускорения. В стандарте оговариваются требования по данным параметрам, при которых устройство должно работать, и методика испытаний. Определим категории в зависимости от действующих механических нагрузок по квалификационным требованиям:

Ударные эксплуатационные нагрузки и безопасность разрушения – Категория В (оборудование, испытываемое на воздействие стандартных ударных эксплуатационных нагрузок и на безопасность при разрушении).

Вибрация – оборудование, устанавливаемое в соответствующих зонах на самолёте с фиксированным крылом с турбовентиляторными или винтовентиляторными двигателями.

Запуск БПЛА происходит с катапульты, которая придаёт ускорение равное 50g. Соответственно, оборудование должно выдерживать данное ускорение.

Бортовая РЭА должна удовлетворять основному требованию – минимизация габаритов и массы.

Чтобы выдерживать все механические воздействия и не подвергать другое оборудование опасности, бортовой радиомаяк должен жёстко закрепляться внутри ЛА, а применяемые материалы не должны поддерживать горение при воздействии открытого пламени в течение 15 минут.

Для обнаружения БПЛА при возникновении нештатной ситуации нужно время, поэтому радиомаяк должен работать около 5 ч.

#### **Наземный аварийный радиомаяк.**

Сформулируем требования к наземной части радиомаяка.

Устройство относится к носимой аппаратуре группы Н7 по ГОСТ 16019-2001 (носимая, эксплуатируемая на открытом воздухе или в неотопливаемых наземных и подземных сооружениях), так как должно работать при перемещении оператора к месту указанных координат.

Радиомаяк в условиях эксплуатации должен выдерживать внешние воздействия. В таблице 2 приведены некоторые воздействующие факторы.

Устройство должно иметь небольшие геометрические размеры и массу, а также форму, отвечающую эргономическим требованиям человека, для работы в руках оператора. На передней панели необходимо расположить органы управления и устройство отображения информации. Данные требования обеспечат удобство в эксплуатации устройства. Предполагаемый внешний вид изображён на рисунке 2.

Во время штатного полёта наземный радиомаяк находится в режиме ожидания, а при возникновении нештатной ситуации радиомаяк должен оповестить оператора о данной ситуации и указать телеметрические данные, чтобы оператор следовал к указанному местоположению. В связи с этим размещать наземный радиомаяк стоит в держателе высотой 1-1,5 м, при этом крепление устройства в держателе должно быть быстросъёмным. Оповещение следует выполнить в виде световой индикации и звукового сигнала. Требования должны выполняться для удобства работы оператора с устройством.

Таблица 2 – Характеристики и значения, воздействующих механических и климатических факторов для аппаратуры группы Н7(выдержки из ГОСТ 16019-2001)

| Воздействующий фактор  |                     | Характеристика<br>воздействующего фактора          | Значение<br>возд-его<br>фактора | Доп.отк-<br>лонения |
|--|---------------------|--|---------------------------------|---------------------|
| Синусоидальная вибрация  |                     | Диапазон частот, Гц                                | 10-70                           | ±1                  |
|  |                     | Амплитуда ускорения, м/с <sup>2</sup> (g)          | 19,6                            | ±2                  |
| Механич.<br>удары  | При<br>эксплуатации | Пиковое ударное ускорение,<br>м/с <sup>2</sup> (g) | 98                              | ±20%                |
|  |                     | Длительность удара, мс                             | 16                              |                     |
|  |                     | Число ударов в каждом<br>направлении               | 1000                            |                     |
|  | При транспорт.      | Пиковое ударное ускорение,<br>м/с <sup>2</sup> (g) | 250                             | ±20%                |
|  |                     | Длительность удара, мс                             | 6                               |                     |
|  |                     | Число ударов в каждом<br>направлении               | 4000                            |                     |
| Пониженная температура<br>для исполнения по степени<br>жёсткости <sup>2</sup>                                      |                     | Рабочая температура, °С                            | -25                             | ±3                  |
|  |                     | Предельная температура, °С                         | -55                             | ±3                  |
| Повышенная температура   |                     | Рабочая температура, °С                            | +50                             | ±3                  |
|  |                     | Предельная температура, °С                         | +55                             | ±3                  |
| Пониженное атмосферное<br>давление   |                     | Атмосферное давление, кПа                          | 55                              | ±10%                |
| Влажность при повышенной<br>температуре в постоянном<br>режиме для исполнений по<br>степени жёсткости <sup>2</sup> |                     | Относительная влажность, %                         | 93                              | ±3                  |
|  |                     | Температура, °С                                    | 40                              | ±3                  |
| Пыль и песок   |                     | Соотношение песка и пыли                           | 1:1                             |                     |
|  |                     | Длительность воздействия, ч                        | 1                               |                     |
| Атмосферные выпадаемые<br>осадки (дождь)   |                     | Интенсивность дождя, мм/мин                        | 3                               | ±1                  |
|  |                     | Длительность воздействия, мин                      | 10                              |                     |

После того как нештатная ситуация произошла, и оператор получил необходимую информацию, ему следует двигаться к указанным координатам. Следовательно, устройство должно питаться от собственного источника питания. К батарее питания должен быть быстрый доступ для её оперативной замены.

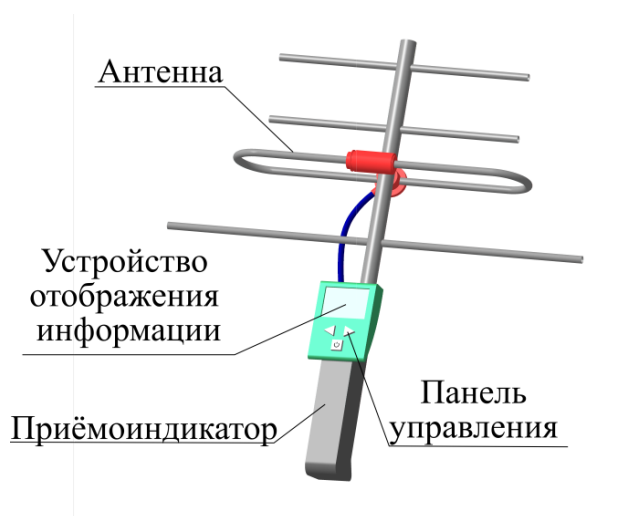


Рис. 2 - Внешний вид разрабатываемого устройства

Устройство будет эксплуатироваться в условиях климата УХЛ категории 1 по ГОСТ 15150 (для макроклиматических районов с умеренным и холодным климатом, для эксплуатации на открытом воздухе). Следовательно, наземный аварийный радиомаяк должен работать в данных условиях. Так как бортовой радиомаяк способен работать в течение 5 ч, то и наземное устройство должно работать указанное время.

#### Список использованных источников

1. Клешина С. А., Люманов Р. О., Сушков А. А. *Разработка и проектирование системы автоматического спасения для беспилотных летательных аппаратов*. Сборник научных статей Всероссийской молодежной школы семинара «Актуальные проблемы информационных технологий, электроники и радиотехники - 2015» (ИТЭР - 2015). – Таганрог: Изд-во НОЦ ЗИС КТ Южного федерального университета, 2015. 538-541.



## **МИКРОПОЛОСКОВЫЙ ДАТЧИК ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ КОНСТАНТ МАТЕРИАЛОВ**

**Панин Д.С.**

**Научный руководитель д-р техн. наук, проф. Беляев Б. А.**

*Сибирский федеральный университет*

Изучение диэлектрических параметров вещества представляют интерес для специалистов разных областей науки и техники. Последние достижения физики привели к необходимости изучения поведения вещества в более широком диапазоне частот, но известные методы измерения диэлектрических параметров веществ в диапазоне сверхвысоких частот имеют сравнительно низкую точность измерений. Для достижения необходимой точности приходится использовать разные методы, в разных диапазонах частот. Но существуют большие трудности при определении с высокой точностью диэлектрических постоянных на границе метрового и дециметрового диапазонов длин волн [1-2].

Современные достижения в технике высоких и сверхвысоких частот (СВЧ) позволили создать новые методы для измерений, которые удовлетворяют современным требованиям и имеют достаточно высокую точность. Многие исследования в наше время можно проводить при помощи вычислительной техники. Современные компьютеры имеют высокую мощность, что позволяет использовать новые методы измерения диэлектрических характеристик, повышать точность измерения, а также быстро и качественно обрабатывать данные [3].

Всякое изменение в параметрах вещества в зависимости от электромагнитного поля, температуры, давления и др. факторов может послужить для определения диэлектрической проницаемости ( $\epsilon$ ) и тангенса угла диэлектрических потерь ( $\text{tg } \delta$ ) вещества. Эти исследования позволяют выяснить некоторые закономерности в строении молекул вещества [1]. Описанный ниже микрополосковый метод [4-5] измерения диэлектрических параметров материалов на высокой и сверхвысокой частоте не только обладает высокой точностью и позволяет определять эти параметры на широком интервале частот, но и отличается миниатюрностью, надежностью и технологичностью в производстве.

Для оценки возможностей микрополоскового метода определения диэлектрической проницаемости материалов были исследованы датчики на двухзвенных микрополосковых секциях, параллельно связанных между собой и имеющих разные конструктивные

особенности. Для исследования было использовано программное обеспечение *MicrowaveStudio* от компании *ComputerSimulationTechnology (CST)* [3].

Датчик состоит из диэлектрической подложки с известными параметрами, имеющей форму параллелепипеда. Одна сторона подложки покрыта металлизированным основанием, которое служит заземлением, на второй стороне размещены два полосковых проводника, которые электромагнитно связаны между собой (рис. 1 А).

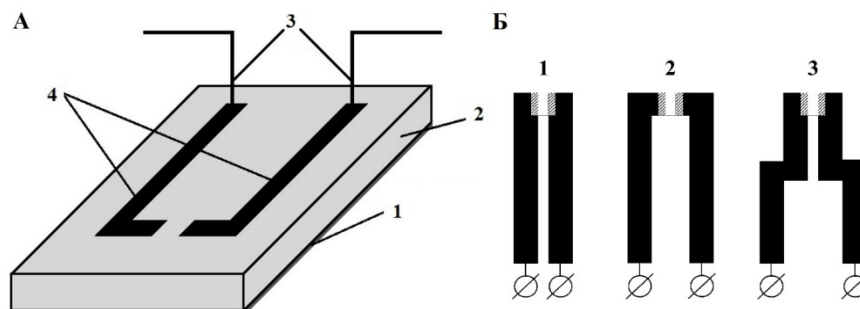


Рис. 1. А – Микрополосковый датчик на двухзвенной микрополосковой секции (1 – металлизированное основание, 2 – подложка, 3 – линии передачи, 4 – проводники);  
Б – Конфигурация полосок исследуемых датчиков

Геометрия микрополосковых линий (МПЛ) сильно влияет на характеристики датчика [4-5]. Для исследования были выбраны три наиболее оптимальных конфигурации расположения проводников (рис.1Б). Размеры подложек имели толщину  $H = 1$  мм и габариты  $15 \times 30$  мм. Длина МПЛ была  $L = 25$  мм, ширина  $W = 2$  мм, зазор в области образца  $S = 1$  мм. Штрихованные области указывают на место расположения образца, который имеет форму куба с длиной ребра  $a = 2$  мм.

Измерение диэлектрических констант образца производится путем регистрации сдвига полюса затухания на амплитудно-частотной характеристике (АЧХ) датчика (рис. 2).

По смещению частоты полюса затухания определяется действительная часть диэлектрической проницаемости образца, а по изменению глубины затухания на частоте полюса - мнимая. Полюсом затухания считаем точку компенсации емкостной и индуктивной связей, которая обусловлена индуктивным и ёмкостным взаимодействием отрезков МПЛ. При исследовании, было выявлено, что сдвиг частоты, на которой наблюдается точка компенсации, определяется как геометрическими параметрами датчика, так и зависит от диэлектрической проницаемости образца. Это объясняется изменением ёмкостного взаимодействия между проводниками, т. к. образец вносит дополнительную ёмкость во взаимодействие МПЛ. Исходя из этого, были выбраны оптимальные линейные размеры для каждой из трех конструкций, описанных выше. При  $\epsilon \geq 2$  на АЧХ, в основном

имеется один полюс затухания, имеющий частоту, меньше частоты полуволнового резонанса. Чувствительность датчика, определяется как сдвигом полюса затухания, так и точностью измерения частоты, на которой он расположен. Точность измерения частоты зависит от «остроты» полюса. «Остротой» полюса считается отношение частотного значения полюса затухания к ширине АЧХ на уровне 3 дБ от уровня потерь на частоте полюса [4].

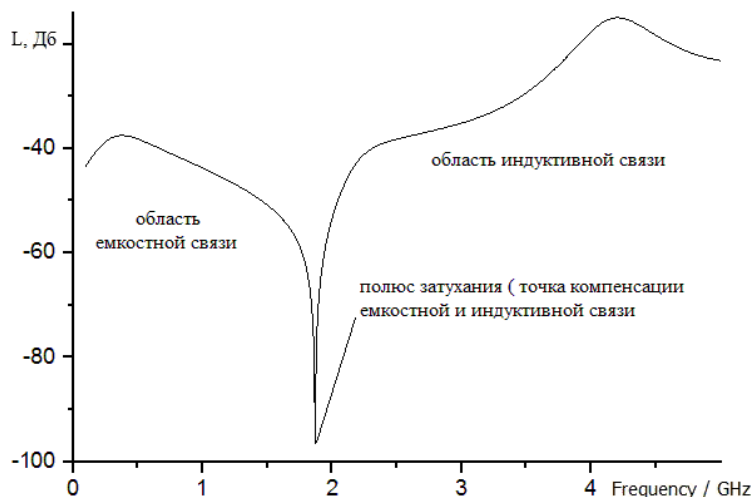


Рис. 2 - Полюс затухания на амплитудно-частотной характеристике микрополоскового датчика

Для наглядного подтверждения высокой чувствительности прилагаемого метода были сняты зависимости частотного положения полюса затухания от изменения  $\epsilon$  образца. Измерения были проведены для каждой из конфигурации полосок с фиксированными значениями диэлектрической проницаемости материала подложки, которые мы взяли равные  $\epsilon = 9.8, 40$  и  $80$ .

Для наглядности, приведены зависимости сдвигов частоты полюсов затухания от изменения  $\epsilon$  материала образца при диэлектрической проницаемости материала подложки  $\epsilon = 9.8$  для всех трех конструкций (рис. 3). Как видно из графиков наиболее высокой чувствительностью обладают датчики с конструкцией МПЛ имеющих вид 2 и 3. Но при сравнении этих двух конструкций видно, что график, соответствующий конструкции три, имеет линейный характер в интервале  $\epsilon = 0 \div 15$ , что свидетельствует о том, что для данной конструкции в этом диапазоне чувствительность остается постоянной. В отличие от предыдущей зависимости, кривая соответствующая второй, не является столь линейной на данном участке, но на отдельных более узких участках, она имеет линейный характер, причем с более высокой чувствительностью. Причиной «скачков» на наблюдаемом графике, служит геометрия проводников, которая вносит существенный вклад в емкостное и индуктивное взаимодействие проводников.

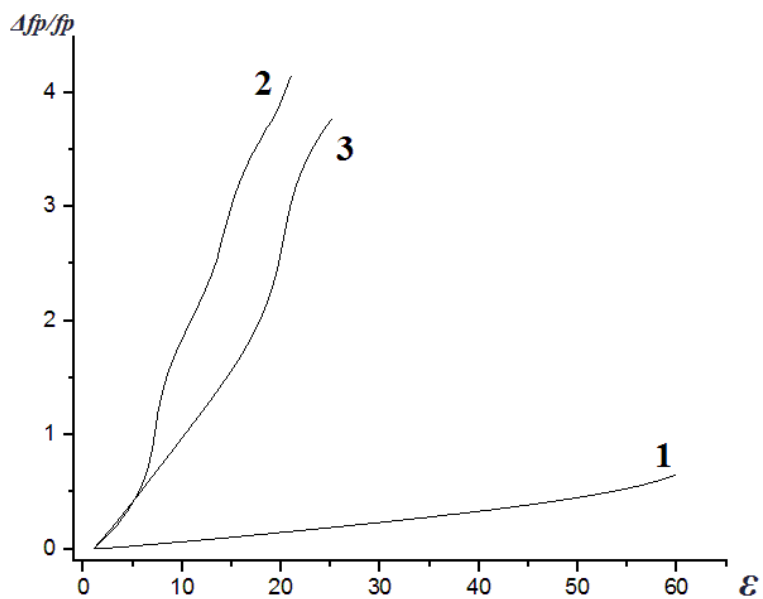


Рис. 3- Зависимости сдвигов частоты полюсов затухания от изменения диэлектрической проницаемости образца (**1** – конфигурация полосок типа 1, **2** – конфигурация полосок типа 2, **3** – конфигурация полосок типа 3)

Из графиков АЧХ (рис. 4), видно, что соответствующие емкостные и индуктивные области взаимодействия сильно отличаются для образцов с разными диэлектрическими константами.

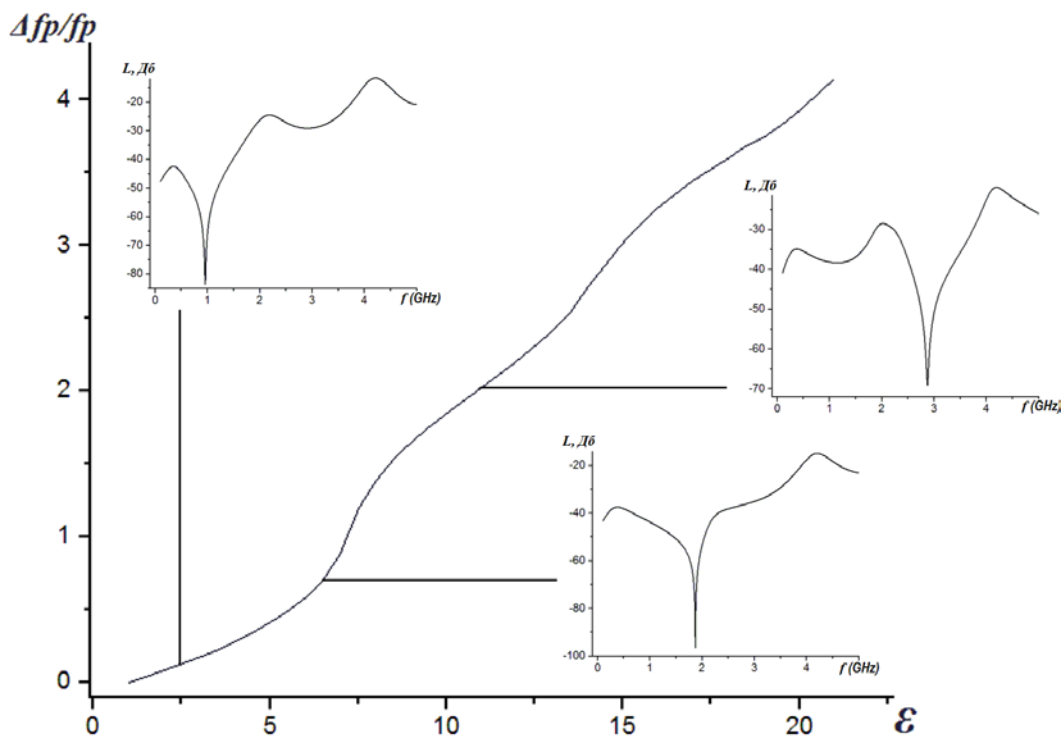


Рис. 4 - Зависимость сдвига относительного частотного положения полюса затухания от изменения диэлектрической проницаемости образца для конструкции 2

Также стоит обратить особое внимание на величину затухания и соответственно на «остроту» полюса затухания. Как мы видим, на разных участках эта величина существенно отличается друг от друга. Это позволяет с высокой точностью измерять частоту, на которой находится полюс затухания. Исходя из этого, данная конструкция обладает высокой чувствительностью на определение, как действительной части, так и мнимой части диэлектрической проницаемости.

Результаты нашего исследования доказывают перспективность микрополоскового метода, основанного на регистрации частоты и глубины полюса затухания на АЧХ, для исследований диэлектрических свойств вещества. Данные датчики имеют ряд преимуществ по сравнению с известными методами. Это малые габариты, простота построения, возможность использовать разные материалы для подложек, высокую надежность, широкий диапазон рабочих частот. За счет простоты изготовления эти датчики можно изготавливать под конкретную задачу с МПЛ разной геометрией и линейными размерами, перекрывающих нужный диапазон частот, имеющие разные режимы работы и обладающие необходимой чувствительностью.

#### **Список использованных источников**

1. Брандт А.А. *Исследование диэлектриков на сверхвысоких частотах*. Москва: ГИФЛ, 1963. 403с. [Brand A.A. *Investigations of dielectrics at ultra high frequencies*. Moscow, GIFL, 1963. 403 p. (inRussian)].

2. Шестопалов В.П., ЯцюкК.П. Методы измерения диэлектрических проницаемостей вещества на сверхвысоких частотах. *Успехи физических величин*, 1961, 8(4), 722-738.

3. Беляев Б.А., ЛексиковА.А., ТюрневВ.В. Микрополосковый метод исследования диэлектрической проницаемости материалов на сверхвысоких частотах. *Приборы и техника эксперимента*, 1995, (5), 123-130.

4. Беляев Б.А., ЛексиковА.А., ТюрневВ.В., ШиховЮ.Г. Микрополосковый датчик для измерения диэлектрической проницаемости материалов на сверхвысоких частотах. *Приборы и техника эксперимента*, 1997, (3), 112-115.

## РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ДИСПЕТЧЕРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ РАДИОСВЯЗИ

**А.С. Яткина**

**Научный руководитель канд. техн. наук М.К. Заленская**

*Сибирский федеральный университет*

Современный мир сложно представить без электричества. Если на объекте энергоснабжения произошла какая-либо чрезвычайная ситуация, авария, то нужно ее устранить как можно скорее. В таких случаях на объект отправляются оперативно-выездные и аварийно-восстановительные бригады. Тогда процесс ликвидации аварии можно сделать максимально эффективным, используя диспетчерскую радиосвязь. Главная ее цель – обеспечить всех сотрудников объекта своевременной и важной информацией.

Диспетчерская радиосвязь, как инструмент управления, обеспечивает существенный вклад в достижение следующих ключевых целей:

- сокращение времени устранения последствий аварий;
- обеспечение надежности электроснабжения потребителей;
- снижение рисков здоровью работников и тяжести последствий травм;
- повышение оперативности управления производственно-технологическими процессами.

Система радиосвязи состоит из базовых станций, мобильных, носимых и стационарных абонентских радиостанций, каналов связи и каналообразующего оборудования, антенно-мачтовых сооружений, антенно-фидерных устройств, программно-аппаратных диспетчерских комплексов для организации оперативной радиосвязи.

Рассмотрим некоторые требования к радиооборудованию (базовые станции/ретрансляторы, абонентские носимые, автомобильные и стационарные радиостанции):

- максимальная выходная мощность базовых и абонентских радиостанций в диапазоне 1-25Вт / 25-40 Вт;
- частотный диапазон 144-174 МГц или 403-470 МГц;
- поддержка стандарта цифровой радиосвязи DMR;
- работа по технологии TDMA (множественный доступ с разделением каналов по времени) с шагом сетки частот 12,5 / 25 кГц;

- возможность объединения по *IP*-каналам связи территориально распределенных базовых станций/ретрансляторов радиосети;
- возможность работы с существующим аналоговым парком радиостанций;
- организация групповых, индивидуальных, экстренных, общих вызовов;
- текстовое отображение имени вызывающей радиостанции (на радиостанциях, оснащенных дисплеями);
- передача/прием текстовых сообщений;
- абонентские радиостанции, в т.ч. и носимые, должны обладать встроенными модулями определения координат *GPS*;
- возможность передачи через абонентские радиостанции телеметрической информации;
- аккумуляторные батареи и зарядные устройства носимых радиостанций должны обладать интеллектуальной технологией процесса заряда, позволяющей автоматически контролировать, фиксировать в электронном виде, а при необходимости передавать по каналам связи данные о техническом состоянии аккумуляторной батареи, а также осуществлять профилактическую «тренировку» аккумуляторной батареи.

Существуют основные варианты технологических решений, основанные на современных цифровых стандартах радиосвязи, которые доступны на рынке, а именно:

- система цифровой транкинговой радиосвязи *DimetraIP* стандарта *TETRA*;
- программно-аппаратный комплекс диспетчерской радиосвязи «Радиус-IP»;
- система цифровой радиосвязи на базе ретрансляторов стандарта *DMR* и технологии

*Simulcast*.

Рассмотрим основные характеристики вышеперечисленных систем.

Таблица 1 – Основные характеристики предложенных технологических решений

|   | <i>Dimetra IP</i>            | <i>Радиус IP</i> | <i>Simulcast</i> |
|---|------------------------------|------------------|------------------|
| Стандарт радиосвязи                             | <i>TETRA</i>                 | <i>DMR</i>       | <i>DMR</i>       |
| Зона покрытия одного сайта, радиус в км         | до 20                        | до 40            | до 40            |
| Дуплексные телефонные вызовы                    | да                           | нет              | Нет              |
| Возможность работы с аналоговыми радиостанциями | нет                          | да               | да               |
| Частотный диапазон                              | 412-417 МГц /<br>412-427 МГц | 136-174 МГц      |                  |
| Метод уплотнения каналов                        | <i>TDMA</i>                  | <i>TDMA</i>      | <i>TDMA</i>      |

Вышеперечисленные системы (за исключением *DimetraIP*) соответствуют стандарту *DMR* (*Digital Mobile Radio*) – открытому цифровому стандарту радиосвязи, утвержденному Европейским институтом телекоммуникационных стандартов *ETSI*. Этот стандарт реализует технологию множественного доступа с временным разделением каналов (*TDMA*), что позволяет разместить 2 независимых логических канала на одной частотной несущей с шириной полосы 12,5 кГц. Это увеличивает пропускную способность радиоканала в 2 раза относительно традиционного аналогового подхода к радиосвязи и значительно повышает качество передаваемых голосовых сообщений (за счет дополнительной цифровой обработки звукового сигнала), а также обеспечивает дополнительные функциональные возможности системы связи.

Заложенный в рамках стандарта *DMR* функционал позволяет реализовать широкий набор решений:

- передачу пакетных данных (пропускная способность канала до 2 кбит/с);
- передачу телеметрии;
- передачу текстовых сообщений;
- приложения по контролю местоположения.

Типы вызовов, реализуемых в рамках стандарта *DMR*:

- индивидуальный вызов «радиостанция – радиостанция»;
- групповой вызов «радиостанции – группа радиостанций»;
- групповой вызов «радиостанция – все радиостанции».

В заключение можно сказать, что применение решений стандарта *DMR* в качестве диспетчерской и технологической радиосвязи на объектах энергоснабжения позволит увеличить управляемость на объекте, повысить безопасность технологического процесса, улучшить качество связи и разборчивость речи в тяжелой помеховой обстановке и увеличить пропускную способность системы.

#### **Список использованных источников**

1. Государственный стандарт республики Беларусь СТБ ETSITS102 361-2/ПР, *Электромагнитная совместимость и спектр радиочастот (ERM), Системы цифровой подвижной радиосвязи (DMR)*, ч. 2 речевые и общие услуги и функциональные возможности DMR: 2016. - 96 с.

2. Государственный стандарт республики Беларусь СТБ ETSITS102 361-4/ПР *Электромагнитная совместимость и спектр радиочастот (ERM), Системы цифровой подвижной радиосвязи (DMR)*, ч. 4 DMR протокол транкинговый: 2016. - 275 с.