

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
Белорусский государственный университет информатики и
радиоэлектроники

УДК 321.376.6

Лисов
Дмитрий Александрович

Приёмно-передающий модуль измерительной системы
определения координат объектов

АВТОРЕФЕРАТ

на соискание степени магистра технических наук

специальности 1-38 80 01 Приборостроение, метрология и информационно-
измерительные приборы и системы

Научный руководитель
Гусинский А. В
кандидат технических наук,
доцент

Минск 2019

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время современная радиолокация в мире продолжает своё бурное развитие и совершенствование: поднялись потенциалы радиолокационных систем, возросли дальности обнаружения различных объектов, повысились точности определения координат и скоростей их движения.

В мире значительные усилия учёных и инженеров направлены на совершенствование радиолокационных систем, включая разработку эффективных методов обнаружения, распознавания различных наземных и воздушных объектов, обладающих в широком диапазоне радиоволн ничтожно малыми эффективными поверхностями рассеивания.

Всё более важную роль в области разработок систем радиолокации и связи начинает приобретать миллиметровый диапазон радиоволн. Широкое применение миллиметровых радиоволн вызвано тем, что в современной радиолокации и особенно в радиолокационных системах наведения оружия при их разработке требуется обеспечение высокой разрешающей способности как при обнаружении (распознавании) объектов различного характера, так и при наведении по ним управляемого оружия. Увеличение рабочей частоты приёмо-передающего модуля и переход в миллиметровый диапазон длин волн повышает разрешающую способность системы и точность измерения угловых координат объектов и их скоростей.

Следовательно, разработка приёмо-передающего модуля миллиметрового диапазона длин волн измерительной системы является весьма важной и актуальной задачей.

Для достижения этой цели в работе поставлены и решены следующие задачи:

- провести анализ современных методов и технических средств построения радиолокационных измерительных систем определения координат миллиметрового диапазона волн;
- разработать структурную схему приёмо-передающего модуля измерительной системы определения координат объектов;
- разработать методику определения параметров и характеристик приёмо-передающего модуля;
- провести экспериментальное исследование характеристик приёмо-передающего модуля.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Измерительные системы координат объектов сегодня весьма распространены и имеют много сфер применения, включая научные, авиационные, автомобильные и военные сферы.

Фундаментальной природой таких систем является возможность собирать информацию о местонахождении цели, её скорости, направлении движения, форме, принадлежности или просто наличии, путем обработки отраженных высокочастотных (ВЧ), сверхвысокочастотных (СВЧ) и крайне высокочастотных (КВЧ) сигналов в случае активных радиолокаторов, или из переданных откликов в случае радиолокаторов с активным ответом.

Одним из важнейших блоков измерительной системы определяющим её физические возможности и технические характеристики является приёмопередающий модуль. Увеличение рабочей частоты модуля и переход в миллиметровый диапазон длин волн повышает разрешающую способность системы и точность измерения угловых координат объектов и их скоростей.

Следовательно, разработка приёмо-передающего модуля миллиметрового диапазона длин волн измерительной системы является весьма важной и актуальной задачей.

Целью данной магистерской диссертации является разработка приёмо-передающего модуля измерительной системы определения координат объектов.

Для достижения этой цели в работе поставлены и решены следующие задачи:

- анализ современных методов и технических средств построения радиолокационных измерительных систем определения координат миллиметрового диапазона волн;

- разработка структурной схемы приёмо-передающего модуля измерительной системы определения координат объектов;

- разработка методики определения параметров и характеристик приёмо-передающего модуля;

экспериментальное исследование характеристик приёмо-передающего модуля.

Новизна работы определяется следующими результатами:

- разработаны и обоснованы схемы ППМ и отдельных блоков, входящих в его состав;

- структурные схемы отдельных блоков ППМ могут являться основой для разработки ППМ на другие участки миллиметрового диапазона длин волн;

- разработана и обоснована методика определения параметров и характеристик ППМ системы определения координат объектов.

Практическая ценность работы заключается в том, что разработанный и изготовленный ППМ использован при разработке и изготовлении измерительной системы определения координат объектов в Центре 1.9 НИЧ БГУИР.

Результаты работы апробированы на 54-й Научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов «Инфокоммуникации» - БГУИР (Минск, 23-27 апреля 2018 г.) и опубликованы в материалах этой конференции.

Все основные результаты работы получены самостоятельно и внедрены в Центре 1.9 НИЧ БГУИР.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В первой главе приводится анализ современных методов и технических средств построения радиолокационных измерительных систем миллиметрового диапазона длин волн.

Радиолокация посредством РЛС решает три задачи:

1. Обнаружение цели – процесс установления факта наличия или отсутствия цели в анализируемой РЛС области пространства.

2. Измерение координат и параметров движения цели. Обычно в радиолокации используется сферическая система координат.

В такой системе координат измеряются:

- дальность (r_t).
- азимут (β_t).
- угол места (ε_t).
- радиальная скорость (V_r).

Измерение сводится к формированию оценок координат и скорости V_r с ошибками, не превышающими допустимые.

Кроме того, часто используется декартова система координат, в которой измеряются координаты x_t , y_t , z_t . Также могут формироваться скорости изменения декартовых координат \dot{x}_t , \dot{y}_t , \dot{z}_t и полный вектор скорости \vec{V}_t .

По способу получения сигналов от целей различают следующие виды радиолокации:

- активная с пассивным ответом;
- активная с активным ответом;
- пассивная.

Основными тактическими характеристиками РЛС являются:

1. Зона действия РЛС – область пространства, в пределах которой РЛС выполняет свои задачи. Различают, например, зоны обнаружения, сопровождения, распознавания.

2. Определяемые координаты и параметры движения цели и точность их измерения.

3. Разрешающая способность РЛС, под которой понимается способность РЛС осуществлять раздельное наблюдение нескольких целей. На практике широко используются понятия разрешающей способности по r , β , ε , V_r

Во второй главе приводятся результаты разработки структурной схемы приёмно-передающего модуля измерительной системы определения координат объектов.

Измерительная система определения координат объектов включает передающий блок, приёмный блок и персональный компьютер. Структурная схема ИС приведена на рисунке 1.

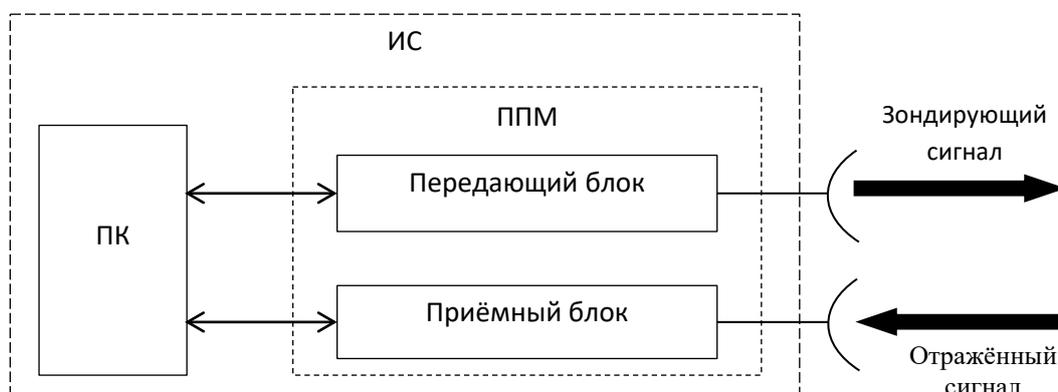


Рисунок 1 – Обобщённая структурная схема измерительной системы

Передающий блок содержит следующие структурные модули:

- модуль генератора опорной частоты 2...6 ГГц (МГОЧ);
- модуль формирования сигнала 0,01...6 ГГц (МФС);
- модуль генератора опорной частоты 100 МГц (МГО);
- модуль имитатора цели (МИЦ).
- модуль преобразователя сигнала (МПС);

Приёмный блок предназначен для переноса сигналов с частотой 25...37 ГГц на частоту 125 МГц, оцифровки, математической обработки принимаемого сигнала и передачи информации на персональный компьютер, формирования сигналов гетеродина.

Приёмный блок ППМ включает модуль преобразования частоты (МПЧ), модуль цифровой обработки сигналов (МЦОС), модуль генератора опорного (МГО), модуль генератора опорной частоты 2...6 ГГц (МГОЧ), синтезатор частот 5...20 ГГц (МССВЧ), модуль формирования сигнала 0,01...6 ГГц (МФС) и антенный модуль. МПЧ при помощи сигналов гетеродина МГОЧ 2...6 ГГц преобразуют выходную частоту со смесителей антенн 125 МГц для модуля МЦОС.

Антенный модуль приёмника в диапазоне частот 25...37 ГГц содержит 4 канала, которые используются для системы моноимпульс.

В третьей главе приводится методика экспериментального исследования параметров приёмно-передающего модуля системы определения координат объектов.

Целью экспериментального исследования является определение технических показателей блоков ППМ измерительной системы определения

координат для оценки их основных технических параметров и характеристик, а также определения правильности принятых при разработке технических решений.

Объектом экспериментального исследования является приемо-передающий модуль измерительной системы определения координат объектов.

Экспериментальные исследования блоков ППМ измерительной системы определения координат проводилось на базе Центра 1.9 НИЧ БГУИР.

Объем исследования ограничивался определением технических параметров и характеристик блоков и модулей, входящих в состав ППМ измерительной системы.

В четвёртой главе приводятся результаты экспериментального исследования параметров приёмо-передающего модуля.

Перечень определяемых параметров блоков приёмо-передающего модуля приведен в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Определяемые параметры ППМ

| № п/п. | Контролируемые параметры ППМ |
|--------|---|
| 1 | Частота, мощность и форма опорного сигнала на выходах МГО передающего блока |
| 2 | Частота и мощность опорного сигнала и комбинационных гармоник, уровень фазовых шумов на выходе МГОЧ передающего блока |
| 3 | Частота и мощность сигнала на выходе МФС передающего блока; динамический диапазон, свободный от паразитных составляющих |
| 4 | Коэффициент усиления и точка компрессии усилителя 2-6 ГГц передающего блока |
| 5 | Коэффициент преобразования и точка компрессии МПС передающего блока, неравномерность АЧХ |
| 6 | Коэффициент усиления и диаграмма направленности антенны передающего блока |
| 7 | Коэффициент преобразования и точка компрессии конвертора антенного модуля передающего блока |
| 8 | Частота и мощность ГОЧ антенного модуля передающего блока |
| 9 | Частота, мощность, форма опорного сигнала и значение фазовых шумов на выходах МГО приёмного блока |
| 10 | Частота и мощность опорного сигнала и комбинационных гармоник, уровень фазовых шумов на выходе МГОЧ приёмного блока |
| 11 | Частота и мощность сигнала на выходе МФС приемного блока; динамический диапазон, свободный от паразитных составляющих |
| 12 | Частота, мощность сигнала и уровень фазовых шумов на выходе МФССВЧ |
| 13 | Мощность сигнала промежуточной частоты и коэффициента преобразования на выходах МПЧ |
| 14 | АЧХ цифровых фильтров модулей по 4-м каналам приема МЦОС |

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В диссертационной работе проведен анализ современных методов и технических средств построения радиолокационных измерительных систем определения координат миллиметрового диапазона волн. Разработана структурная схема приёмо-передающего модуля измерительной системы определения координат объектов. Разработана методика определения параметров и характеристик приёмо-передающего модуля. Проведено экспериментальное исследование характеристик приёмо-передающего модуля.

Практическая ценность работы заключается в том, что разработанный и изготовленный ППМ использован при разработке и изготовлении измерительной системы определения координат объектов в Центре 1.9 НИЧ БГУИР.

Результаты работы внедрены в практическую деятельность Центра 1.9 НИЧ БГУИР, апробированы на 54-й Научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов. Инфокоммуникации: Тезисы докл. – Минск, БГУИР, 2018, и опубликованы в материалах конференции.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ

1 Лисов, Д. А. Приемо-передающий модуль измерительной системы определения координат объектов / Д. А. Лисов, Д. Г. Булавко // Инфокоммуникации: материалы 54-й научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов, Минск, 23–27 апреля 2018 г. – Минск: БГУИР, 2018. – С. 124.

2 Булавко, Д. Г. Многоканальный приемник измерительной системы микроволнового диапазона / Д. Г. Булавко, Д. А. Лисов, М. С. Свирид // Инфокоммуникации: материалы 54-й научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов, Минск, 23–27 апреля 2018 г. – Минск: БГУИР, 2018. – С. 125.