

17. Бобров Д.Ю., Доброжанский А.П., Зайцев Г.В., Маликов Ю.В., Цытин И.Б. Цифровая обработка сигналов в многофункциональных РЛС. Часть 1: Принципы разработки. Преобразование сигнала в цифровую форму // Цифровая обработка сигналов, 2001. – №4. – С. 2-11.

18. Бобров Д.Ю., Доброжанский А.П., Зайцев Г.В., Маликов Ю.В., Цытин И.Б. Цифровая обработка сигналов в многофункциональных РЛС. Часть 2: Алгоритмы обработки радиолокационных сигналов // Цифровая обработка сигналов, 2002. – №1. – С. 28-39.

19. Черноусько Ф.Л., Колмановский В.Б. Оптимальное управление при случайных возмущениях – М.: Наука, 1978. – 486 с.

20. Вишнякова Л.В., Кухтенко В.И. Система автоматизированного формирования облика зенитных

ракетных комплексов // Техническая кибернетика, 1993. – № 6. – С. 137-185.

21. Шишов Ю.А., Ворошилов В.А. Многоканальная радиолокация с временным разделением каналов. – М.: Радио и связь, 1987. – 144 с.

22. Балинин М., Даландин А. Состояние и перспективы развития американских наземных РЛС дальнего обнаружения воздушных целей // Зарубежное военное обозрение, 2016. – №1. – С.69-74.

23. Архангельский И.И., Афанасьев П.П. и др. Проектирование зенитных управляемых ракет. Под ред. Голубева И.С. и Светлова В.Г. – М.: МАИ, 2001. – 732 с.

24. Зенитные ракетные комплексы ПВО Сухопутных войск. Часть 2 // Техника и вооружение, 2003. – №7. – С. 1-20.

УДК 621.396.67

АНТЕННА ДЛЯ ПРИЕМА ИЗЛУЧЕНИЙ ПРОИЗВОЛЬНОЙ ПОЛЯРИЗАЦИИ В АВТОМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ ДИАГНОСТИКИ ПОДПОВЕРХНОСТНЫХ ОБЪЕКТОВ

Д.т.н. В. Д. Сахацкий, Д. В. Костенко, Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет

Проведено исследование коаксиально-рупорной антенны для приема деполаризованных излучений, отраженных от подземных объектов. Экспериментально определены геометрические параметры антенны, при которых осуществляется эффективный прием излучений с произвольной поляризацией.

Досліджено коаксиально-рупорну антенну, яка приймає деполаризовані випромінювання, відбиті від підземних об'єктів. Експериментально знайдені геометричні параметри антени, при яких здійснюється ефективний прийом випромінювань з довільною поляризацією.

The study coaxial horn antenna for receiving depolarized radiation reflected from the ground-conjugated facilities. Experimentally determined Delena-geometrical parameters of the antenna, at which the effective reception of radiation from the pro-arbitrary polarization.

Ключевые слова: антенна, деполаризация, подповерхностный объект.

Постановка проблемы.

Для автоматического измерения и контроля параметров объектов в воздушных и подземных средах применяют различные методы и средства. Для диагностики дорожных покрытий, обнаружения и измерения параметров образующихся полостей под асфальтовым покрытием и других подповерхностных объектов в дорожно-строительной отрасли широко используют георадары. Они позволяют определять интересные параметры объекта контроля по характеристикам рассеяния электромагнитных волн на подземном объекте. Георадарные и другие системы измерения и контроля непосредственно располагаются в мобильных лабораториях и на больших скоростях движения этих лабораторий позволяют обследовать за

короткое время значительные участки автомобильных дорог [1].

В качестве приемо-передающих антенн в мобильных системах автоматического измерения и контроля автодорожных покрытий чаще всего используют рупорные антенны пирамидального типа. Пирамидальный рупор, как правило, излучает и принимает волны с линейной поляризацией. При облучении подповерхностных объектов из диэлектрических, проводящих и полупроводящих материалов, к тому же имеющих сложную геометрическую форму, отраженное излучение может изменить свою поляризацию. В этом случае пирамидальный рупор приемной системы, который настроен на прием волны той же поляризации, что и зондирующее излучение, может сам по себе ослабить уровень отраженного информационного сигнала и уменьшить такой параметр качества работы всей системы георадара, как отношение сигнала к шуму (помехи).

Для устранения такого эффекта целесообразно в контрольно-измерительных системах подповерхностного зондирования иметь приемную антенну, которая бы могла принимать отраженное от объекта излучение произвольной поляризации.

Анализ литературы и достижений.

Для определения координат и параметров разнообразных подповерхностных объектов применяют различные хорошо известные и апробированные методы и средства, которые имеют свои достоинства и недостатки. В частности, метод непрерывного излучения радиоволн с частотной модуляцией. В данном методе частота меняется по симметричному или несимметричному пилообразному закону. При этом возникающая в приемном тракте частота биений между опорным (зондирующим) и отраженным сигналами является функцией расстояния до объекта. Данный метод

используют главным образом для определения расстояний до объекта.

Применяется также магнитометрический метод обнаружения объектов в грунте. Он основан на выявлении пространственного искажения магнитного поля Земли, которое вызывается ферромагнитным объектом контроля. В городской черте распространение метода ограничено большими помехами за счет влияния стальных элементов (арматур, труб, металлических балок), различных механизмов и машин.

Для обнаружения проводящих объектов в грунте применяют индукционный метод, который основан на измерении вихревых полей, которые создаются такими объектами при воздействии на них возбуждающего низкочастотного магнитного поля. Частотный диапазон индукционных средств не превышает десятки кГц и дальность их действия соизмерима с размерами объектов контроля.

Более распространенным является радиолокационный метод обнаружения и измерения различных параметров подповерхностного объекта. [2]. Метод основан на использовании характеристик отраженного от объекта зондирующего электромагнитного импульса. Согласно критерию Релея при одной и той же амплитуде радиоимпульсов разрешающая способность по дальности определяется длительностью радиоимпульсов по уровню 0,5 от их максимальной амплитуды. Поэтому для повышения точности измерения длительность импульсов необходимо уменьшать.

Техническая реализация радиолокационного метода нашла свое отражение в георадарах. Последние широко применяются не только в целях проведения геологических и геодезических работ, но и для контроля качества автомобильных дорог [1, 3]. Рабочий диапазон частот георадаров обычно находится в пределах 50...500 МГц, что обеспечивает глубину зондирования до десятков метров и разрешающую способность от десятков до единиц сантиметров при выявлении геологических структур [1].

Применительно к контролю автомобильных дорог используются частоты 900 МГц и выше. При высокоточных измерениях параметров слоев асфальтовых и бетонных покрытий применяют частоты 1,5...2 ГГц, которые позволяют повысить точность замеров до 1 см. Для диагностики бетонных конструкций применяются радары с несущими частотами до 40 ГГц [1].

В настоящее время разрабатываются и применяются новые радиолокационные средства обнаружения и измерения параметров малоразмерных объектов в полупроводящих средах, к которым можно отнести и грунт под дорожным покрытием. В основе их работы лежит «информационно-силовой» подход, который состоит в использовании сверхширокополосных зондирующих сигналов и статистической обработки принятой информации с помощью компьютерной техники [4,5]. Такие системы характеризуются достаточно большой глубиной зондирования и высокой точностью определения параметров подповерхностных объектов за счет излучения и приема зондирующих импульсов малой длительности (в пико- и наносекундном диапазоне длительностей).

Применительно к контролю качества дорожных покрытий в таких системах целесообразно иметь малогабаритные сверхширокополосные излучатели с узкой диаграммой направленности. При этом их приемная антенна могла бы эффективно принимать отраженное от объекта зондирования деполаризованное излучение.

Анализируя методы и средства измерительных систем для определения границ подповерхностных объектов в работе [6] рассмотрены способы создания приемо-передающих антенн с узкой диаграммой направленности (ДН). Для этого необходимо обеспечить амплитудное распределение поля в раскрыве близко к осесимметричному, что позволяет сделать цилиндрические рупорные антенны [7].

Узкую диаграмму направленности рупорной антенны можно получить также путем концентрации электромагнитного излучения вблизи направляющей структуры, расположенной на одной оси с волноводным излучателем [6, 8]. В работе [6] рассмотрена цилиндрическая рупорная антенна, конструкция которой для уменьшения габаритных размеров предусматривает двойной излом образующей. Вдоль ее оси для концентрации электромагнитного поля установлен металло-диэлектрический стержень. Экспериментально подтверждено, что с помощью данного стержня при определенных его размерах возможно снижение ширины диаграммы направленности антенны на 12° . Однако, эффективный прием отраженного от подземного объекта деполаризованного зондирующего излучения с помощью антенны данной конструкции невозможен.

Актуальность работы.

В последние годы участились случаи провала в ямы под асфальтовым покрытием движущихся по дороге автомобилей. При этом водители не в состоянии увидеть дефект дороги и своевременно принять меры предосторожности. В этой связи разработка эффективных средств обнаружения таких ям и других дефектов дороги является актуальным вопросом текущего контроля качества дорожных покрытий.

Цель и задачи работы.

Целью работы является разработка малогабаритной приемной антенны, способной принимать деполаризованное излучение от подземного объекта для повышения отношения сигнала к шуму в приемных устройствах радиолокационных средств контроля качества дорожных покрытий.

Основная часть.

Известно, что в коаксиальной линии распространяется ТЕМ - волна с осесимметричной поляризацией. Поэтому если приемная антенна будет преобразовывать принятое излучение в волну с осесимметричной поляризацией, то такая антенна способна осуществлять прием волн с произвольной поляризацией. При разработке приемной антенны за ее основу была выбрана цилиндрическая рупорная антенна с двойным изломом образующей, которая описана в работе [6]. Вдоль оси рупорной антенны устанавливался медный провод, что позволяло получить коаксиальную линию, внешний проводник которой повторял форму

цилиндрической антенны. Для согласования волновых сопротивлений раскрыва антенны и свободного пространства часть медного провода выступала за апертуру цилиндрической антенны. К горловине такой коаксиально-рупорной антенне подводился коаксиальный кабель, внутренняя жила которого имела тот же диаметр, что и центральный медный провод антенны. Общий вид приемной антенны показан на рис. 1.



Рис.1. Общий вид коаксиально-рупорной антенны.

Если по коаксиальной линии, подсоединенной к антенне, подать от генератора возбуждающее излучение, которое создает в коаксиальной линии осесимметричную ТЕМ - волну, то такая же волна будет распространяться внутри рупора и, выходя за его апертуру, будет поддерживаться выступающим медным проводом. С учетом теоремы взаимности между передающей и приемной антеннами, принятое приемной антенной излучение произвольной поляризации на выходе коаксиально- рупорной антенны также будет преобразовываться в ТЕМ – волну и таким образом можно будет осуществлять прием излучения с любой степенью деполяризации. Экспериментальное подтверждение выше изложенного осуществлялось с помощью лабораторной установки, общий вид которой показан на рис. 2.



Рис.2. Общий вид измерительной установки.

Основными элементами измерительной установки являются:

- генератор стандартных сигналов трехсантиметрового диапазона длин волн типа ГЧ-32А;
- аттенюатор типа Д5-5;
- соединительные волноводы;
- передающая антенна в виде прямоугольного пирамидального рупора;
- исследуемая приемная антенна с детекторной секцией;
- измерительный вольтметр типа В6-4;
- осциллограф типа С1-64А.

Применительно к методике измерений элементы схемы имели следующее назначение. Генератор типа ГЧ-32 А создает СВЧ излучение с длиной волны 3 см. С помощью аттенюатора ослабляется влияние нагрузки на работу генератора и регулируется мощность излучения передающей антенны. Набор волноводов позволял изменять плоскость поляризации излучения передающей антенны на 90° . Приемная антенна с помощью подставки на поворотном устройстве устанавливалась на одной оси с передающей антенной и находилась на расстоянии дальней зоны излучения.

Принятое излучение с помощью коаксиально-волноводного перехода преобразовывалось в волну типа H_{10} и детектировалось прямоугольной детекторной секцией.

Степень искажений выходных видеоимпульсов детектора можно было наблюдать на экране осциллографа и с помощью вольтметра измерять их амплитуду.

С помощью поворотного устройства ось приемной антенны поворачивалась на два градуса и, таким образом, осуществлялось измерение ее диаграммы направленности в горизонтальной плоскости для различных видов поляризации падающего излучения. Измерения проведены для различных длин выступающего за апертуру приемной антенны медного провода. Диаграмма направленности строилась по результатам средних значений, полученных при многократном повторном измерении амплитуды импульсов в каждой точке.

На рис.3 и рис. 4 показаны диаграммы направленности приемной антенны при приеме излучения с вертикальной и горизонтальной поляризациями для длины выступающего провода $L = 31$ см.

На рис.5 и рис.6 показаны аналогичные диаграммы направленности при длине выступающего провода $L = 26$ см.

Для длины выступающего провода $L = 16$ см диаграммы направленности приемной антенны для вертикальной и горизонтальной поляризаций принимаемого излучения показаны на рис.7 и рис.8.

Анализ полученных результатов показал, что предложенная конструкция приемной антенны действительно позволяет осуществлять эффективный прием волны произвольной поляризации. Симметричность диаграмм направленности и уровень принимаемого сигнала зависят от геометрических размеров центрального провода. Для исследованного макета приемной антенны оптимальными являются медный провод диаметром 2 мм с выступающей за апертуру его частью $L = 31$ см.

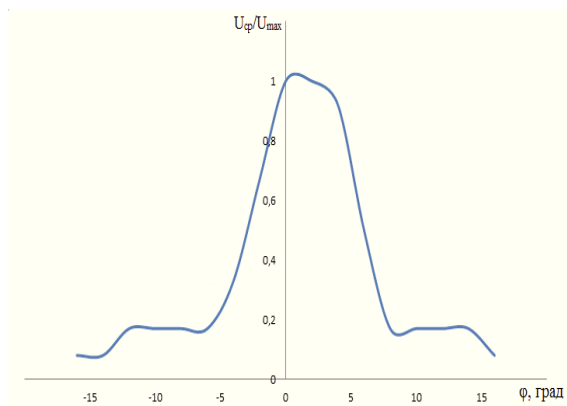


Рис. 3. Диаграмма направленности антенны для вертикальной поляризации при $L=31$ см

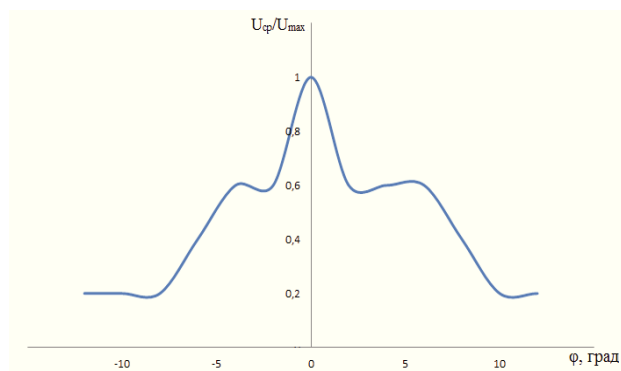


Рис. 6. Диаграмма направленности антенны для горизонтальной поляризации при $L=26$ см

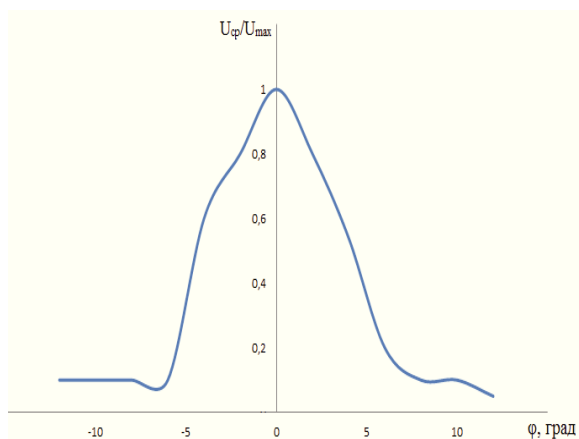


Рис. 4. Диаграмма направленности антенны для горизонтальной поляризации при $L=31$ см

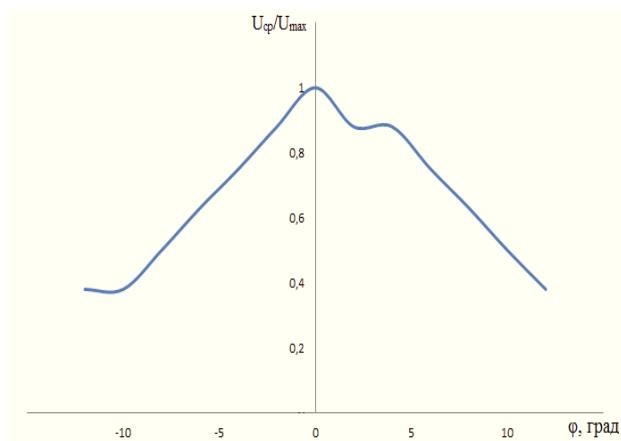


Рис. 7. Диаграмма направленности антенны для вертикальной поляризации при $L=16$ см

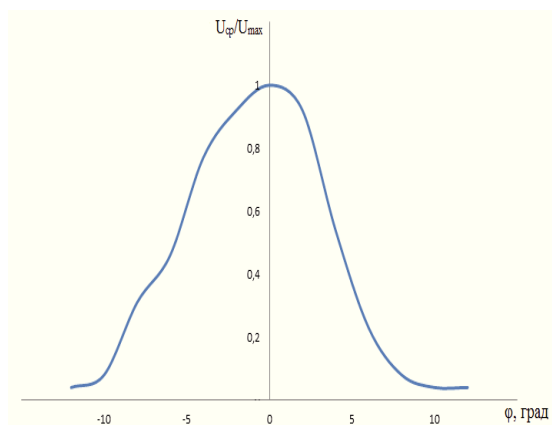


Рис. 5. Диаграмма направленности антенны для вертикальной поляризации при $L=26$ см

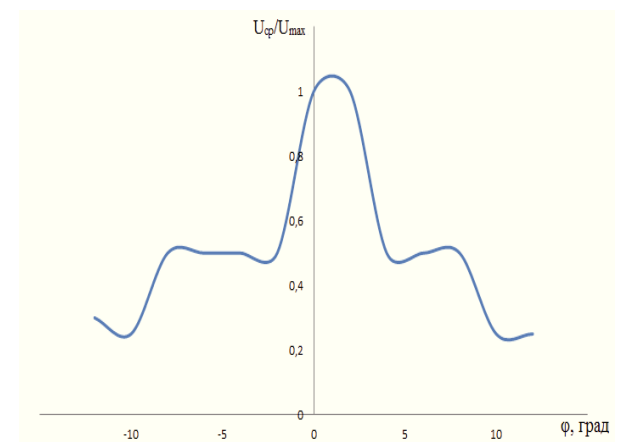


Рис. 8. Диаграмма направленности антенны для горизонтальной поляризации при $L=16$ см

Выводы.

В целом по результатам исследования можно сделать вывод о целесообразности применения коаксиально-рупорной конструкции приемной антенны в радиолокационных системах диагностики подповерхностных объектов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Жилин С.Н. *Современные автоматизированные технические средства диагностики автомобильных дорог* / С.Н. Жилин, В.И. Ермолов / Автомобильные дороги: Обзорн. информ. ; вып.2.- М.: Информавтодор, 2002.-60с.
2. Владов М.Л. *Введение в георадиолокацию: Учебн. пособие* / М.Л.Владов, А.В.Старовойтов.- М.: Изд-во МГУ, 2004.-153.

3. Подповерхностная радиолокация. / В.И. Карпунин, В.П. Кутеев, В.Н. Метелкин; под ред. М.И. Финкельштейна./- М.: Радио и связь, 1994. - 217с.
4. Теоретические основы информационно-измерительных систем: Учебник / В. П. Бабак, С. В. Бабак, В. С. Еременко и др.; под ред. чл.-кор. НАН Украины В. П. Бабака / - К.: НАУ, 2014. – 832 с.
5. Соколов А.В. Вопросы перспективной радиолокации. Коллективная монография / Под ред. А. В. Соколова. – М.: Радиотехника, 2003. – 512с.
6. Сахацкий В.Д. Антенный излучатель для систем

диагностики подповерхностных объектов./ Сахацкий В.Д., Щеглов А.Ю. // Sciense Rise .- 2014.- № 5/2(5).-с. 60-63.

7. Воскресенский Д.И. Антенны и устройства СВЧ. Коллективная монография / Под ред. Д.И. Воскресенского. - М.: Сов. радио, 1994 - 592 с.

8. Пат. 2328861 ФРГ, МКИ H01Q 13-00. Verfahren und Anordnung zur Abstrahlung scharf gebundelter elektromagnetischer Wellen. / T. Johann ; заявитель и патентообладатель Siemens AG Berlin und Munchen.- № P 2328861.1; зявл. 6.6.73; опубл. 20.2.75.

УДК 65.004.1(075.8)

МОДЕЛЬ ВИБОРУ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДИСПЕТЧЕРСЬКОГО УПРАВЛІННЯ СКЛАДНИМИ ТЕХНОЛОГІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ

Д.т.н. Ю.А. Петренко, к.т.н. О.С. Кононихін, С.В. Семібратов, Харківський національний автомобільно-дорожній університет

У статті розглянута технологія впровадження SCADA-систем та запропонована модель вибору програмного забезпечення диспетчерського управління складними технологічними процесами з використанням методів прийняття рішень в умовах нечіткої інформації.

В статье рассмотрена технология внедрения SCADA- систем и предложена модель выбора программного обеспечения диспетчерского управления сложными технологическими процессами с использованием методов принятия решений в условиях нечеткой информации.

In the article considered technology of introduction of SCADA-systems and the model of choice of controller's management software difficult technological processes is offered with the use of methods of making decision in the conditions of unclear information.

Ключові слова: управління складними технологічними процесами, методи прийняття рішень, нечітка інформація, SCADA-система.

Вступ

Сучасна автоматизована система управління технологічним процесом (АСУТП) являє собою багаторівневу людино-машинну систему управління. Створення АСУТП складними технологічними процесами (ТП) здійснюється з використанням інформаційних систем збору даних та обчислювальних комплексів.

Застосування SCADA-технологій дозволяє досягти високого рівня автоматизації у вирішенні завдань розробки систем управління, збору, обробки, передачі, зберігання та відображення інформації.

Велике значення при впровадженні сучасних систем диспетчерського управління має рішення наступних завдань:

- вибору SCADA-системи (виходячи з вимог і особливостей технологічного процесу);
- кадрового супроводу.

Вибір SCADA-системи є досить важке завдання, аналогічну прийняття рішень в умовах

багатокритеріальності, ускладнену неможливістю кількісної оцінки низки критеріїв через брак інформації.

Підготовка фахівців з розробки та експлуатації систем управління на базі програмного забезпечення SCADA здійснюється на спеціалізованих курсах різних фірм, курсах підвищення кваліфікації.

В даний час у навчальні плани ряду технічних університетів почали вводитися дисципліни, пов'язані з вивченням SCADA-систем.

SCADA-система – це система супервизорного управління й збору інформації (Supervisory Control And Data Acquisition). Це сукупність пристроїв керування й моніторингу, а також спосіб взаємодії з технологічним об'єктом. На сьогоднішній день під цим терміном розуміють набір програмних й апаратних засобів, для реалізації операторських робочих місць.

При створенні інформаційної системи поєднуються в один функціональний вузол велика кількість локальних підсистем, які найчастіше мають різні програмні інтерфейси. Це значно ускладнює завдання узгодження таких підсистем й зменшує швидкодію системи в цілому. Тому доцільно приєднання локальних функціональних вузлів з однакової програмною платформою. SCADA-система реалізує цей підхід, тому її застосування в цей час повсюдне й актуально. Також розробляється апаратна частина безпосередньо для програмного пакета, що дозволяє створити інформаційну систему більш дешево й з мінімальними витратами часу [1-3].

Постановка задачі дослідження

Метою роботи є підвищення ефективності диспетчерського управління складними технологічними процесами за рахунок розробки моделей вибору SCADA-системи з використанням нечіткої математики.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі:

- провести аналіз задач синтезу диспетчерського контролю технологічного процесу;
- провести вибір критеріїв оцінки SCADA-систем;