

И. А. ГРОМИКО, проф., Харьковский нац. ун-т внутренних дел;
С. Ю. КИЛЬМАЕВ, ст. преп., Харьковский нац. ун-т внутренних дел

АНАЛИЗ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ИЗЛУЧАЮЩИХ СИСТЕМ С ИСКРОВЫМ ВОЗБУЖДЕНИЕМ

У статті розглянуто питання іскрового збудження вимушених коливань високочастотних струмів в антенній системі георадара і запропоновані рекомендації з підвищення ефективності роботи георадарів.

The questions of spark excitation of forced oscillations of high frequency currents in the antenna system of GPR are given and recommendations to improve the efficiency of the GPR are offered.

Введение. При разработке приборов, предназначенных для обнаружения предметов под слоем грунта (почвы), особое внимание уделяется выбору типа прибора, использующего в основе своей конструкции тот или иной физический эффект, позволяющий на достаточно большой глубине обнаруживать и даже визуально идентифицировать предметы.

Известно, что индукционные и магнитометрические приборы становятся неэффективными, если под слоем почвы расположены слабоконтрастные объекты – диэлектрики (например, взрывчатые вещества) или объекты, электропроводность которых соизмерима с электропроводимостью почвы. Если в области поиска почва засорена ферромагнитным или токопроводящим мусором (осколки от снарядов, гвозди, фольга, алюминиевые пробки и др.), то достоверность выявления такими приборами заглубленных объектов снижается до нуля [1].

Становится целесообразным применять индукционные и магнитометрические приборы.

Несмотря на то, что эти приборы иногда даже не рассматриваются как поисковые [2], углубленные объекты в такой обстановке можно обнаружить только контрольным бурением почвы или применением наземных радиолокационных установок непрерывного или импульсного излучения – георадаров, геолокаторов, георадиолокаторов, геовизоров и т.п. [3].

Проблема в общем виде и ее связь с важными научными и практическими задачами. Как правило, приповерхностный слой почвы неоднороден. Он включает чернозем, песок, суглинок, скальные породы, известняк. Неоднородности отличаются по размеру, процентному содержанию газов, химическому составу жидкостей (вода, нефтепродукты), и по другим параметрам.

В почве можно выделить протяжные участки – слои, которые формировались тысячи лет. Изменения в климате и вулканическая деятельность повлияли на размеры и насыщение слоев естественными компонентами, определили механические, химические, электрические и магнитные характеристики и свойства грунта.

Известно, что увеличение толщины слоя почвы, расположенного между поисковым прибором и объектом, уменьшает достоверность выявления объекта. Магнитный и электрический «грунтовые» экраны, сглаживают электрические и магнитные аномалии, вызванные размещением объекта под слоем почвы.

Рассматривая некоторые физические основы работы таких приборов, следует указать, что радиоволновой метод выявления предметов в почве является одним из вариантов методов локации. Он позволяет обнаруживать не только металлические предметы на глубинах от единиц до десятков метров, но и подземные шурфы и ходы, известные как «пустоты» и «схроны».

Однако, радиоволновой метод, в котором применяются зондирующие высокочастотные радиоимпульсы или непрерывное высокочастотное излучение обладает рядом существенных недостатков.

Первый недостаток состоит в следующем.

Резкое отличие относительных диэлектрических проницаемостей разнородных слоев почвы и газов, заполняющих пустоты, приводит к отражению радиоволн примерно так же, как происходит отражение радиоволн от металлических предметов. Часть энергии при падении радиоволн на поверхность раздела двух диэлектриков отражается в обратном направлении, а другая часть проникает внутрь второго диэлектрика. При этом коэффициент отражения будет:

$$K_{omp} = \frac{\sqrt{\varepsilon_1} - \sqrt{\varepsilon_2}}{\sqrt{\varepsilon_1} + \sqrt{\varepsilon_2}},$$

где ε_1 – относительная диэлектрическая проницаемость первой среды; ε_2 – относительная диэлектрическая проницаемость второй среды.

Например, коэффициент отражения для раздела сред: «влажная почва – пластмасса» имеет значение $K_{omp} \approx 0,44$.

Следует отметить, что ε_1 лежит в пределах от 4 (сухой песок) до 20 (влажный суглинок), а у различных элементов инженерных мин, например, (пластмассовый корпус, заряд взрывчатых веществ, связывающие парафиновые добавки и т.д.), как правило, $\varepsilon_2 = 2..4$ и более [3].

С одной стороны, высокие значения ε_1 упрощают процесс выявления мелких металлических и диэлектрических частей взрывных устройств. Минимальный размер проводника – L_{np} , который можно обнаружить в почве с помощью георадара, уменьшается обратно пропорционально корню квадратному из ε_1 :

$$L_{np} \sim \frac{\lambda}{2\sqrt{\varepsilon_1}}.$$

С другой стороны, высокие значения ε_1 ухудшают эксплуатационные возможности приборов, поскольку делают контрастным множество неоднородностей природного фона: различных слоев почвы, увлажненных участков глины с остатками солей, камней и пр.

Второй недостаток состоит в том, что уменьшение длины волны зонди-

рующего излучения одновременно повышает избирательные свойства прибора, но уменьшает глубину проникновения излучения в грунт.

И, наоборот, чем больше длина волны зондирующего электромагнитного поля, тем на большую глубину это поле проникает, но с одновременным ухудшением избирательных свойств прибора.

Наиболее существенным является второй недостаток, заставляющий искать альтернативные пути решения проблемы.

Анализ последних исследований и публикаций. Наиболее близко подошли к решению проблемы коллективы, использующие в качестве зондирующего радиоизлучения сверхширокополосные «сигналы» шумоподобного типа, формируемые искровыми разрядниками. Они возбуждают плазменной низкотемпературной «электрической дугой» полуволновые резистивно-нагруженные диполи Ву-Кинга.

Современным реаниматором этой древней идеи стал Хармут Х.Ф., оснащавший локаторами в 80-х годах прошлого столетия военные вертолеты. В передатчиках использовались генераторы коротких «видеоимпульсов», что позволяло локационным приемникам обнаруживать во льду и грунте протяженные металлические конструкции и предметы [4,5].

Естественно, такая успешная аппаратурная реализация привлекла внимание военных специалистов и основная часть исследований была закрыта для общего изучения.

Появившиеся в последнее время рассуждения о повышении эффективности грунтовой интроскопии не всегда оказываются верными с точки зрения реализации возможностей современной элементной базы радиоэлектроники. Так, организация-разработчик – ОАО «ВНИИСМИ» и авторский коллектив разработчиков сделали доступными рядовому читателю ряд материалов о функциональных особенностях их разработки – георадара «Лоза-1В». В этих материалах встречаются неточности, затрудняющие создание более совершенных конструкций [6]. Особенно это касается рассуждений об искровом возбуждении вынужденных колебаний высокочастотных токов в антенной системе георадара, так как в них часто заложен рекламный, а не научно-технический смысл.

Цель статьи. Целью статьи является коррекция некоторых рассуждений о повышении эффективности георадаров, использующих искровой разряд в качестве генераторов возбуждения передающих антенн.

Основная часть

1. Разработчики некоторых конструкций георадаров считают, что «оптимальной конструкцией направленной антенны является "безэховая камера" без металлических деталей». Она представляет собой резистивно-нагруженный диполь, накрытый диэлектрическим ящиком, заполненным углеродным радиопоглотителем, который поглощает воздушную волну. При этом ошибочно утверждается, что применение экрана отражающего «воздушную» часть излученной энергии обратно, недопустимо из-за возникновения в отражающем эк-

ране затухающих сигналов (звон), делающих невозможным обнаружение слабых сигналов отраженных от предметов в грунте.

Однако в реальной ситуации, колебания возникают не в отражающем экране, а в системе «отражающий экран – проводник излучающей антенны». В данном случае необходимо проведение серии экспериментов, которые позволят устранить высокочастотный (ВЧ) «звон» системы. Можно предложить создать некий аналог четвертьволновых ВЧ зеркал, устраняющих подобные явления так, как это сделано в конструкциях лазеров.

2. Согласно схемного решения, некоторыми разработчиками георадаров утверждается, что накопление энергии сигнала происходит не в приемнике, а в передатчике. Такой метод накопления энергии «проще по технической реализации, а конструкция легче по весу и более приспособлена к нестабильной бортовой сети». Через маломощный высоковольтный источник питания заряжается конденсатор до нескольких тысяч вольт и замыкается через разрядник на антенну.

В действительности же это утверждение не совсем корректно. Чем большее количество энергии накопить в конденсаторе, тем дольше будет происходить разряд конденсатора через зазор искрового разрядника, увеличив длительность излучаемого импульса. Крутизна импульса разряда, как не увеличивай напряжение на накопительном конденсаторе, определяется конструкцией и газовым наполнением, иначе говоря, -паспортными данными искрового разрядника.

Ширина спектра излучаемых колебаний, при этом, уменьшится, ухудшив избирательность прибора.

Данная ситуация достаточно просто разрешается. Однако, главным элементом, определяющим параметры георадара, является искровой разрядник.

Вывод. Реализация эффективной конструкции георадара возможна только при комплексном применении шести определяющих преимуществ искрового возбуждения вынужденных колебаний высокочастотных токов в антенной системе георадара:

- 1) Сверхширокополосностью излучаемых сигналов, формируемых малоинерционными искровыми разрядниками.
- 2) Накоплению энергии, которую, затем, можно функциональным образом излучить в сторону грунта в виде пачки коротких (сверхширокополосных) импульсов, одновременно служащих синхроимпульсами для приемной аппаратуры обработки отраженных сигналов.
- 3) Синхронного детектирования принятых сигналов с помощью фазовых детекторов, управляемых излучаемыми синхроимпульсами.
- 4) Использования одного из «базовых моментов» радиолокации – накопления энергии отраженных импульсов на фоне шумов.
- 5) Применения специальных адаптивных антенных систем авторской конструкции.

Список литературы: 1. Громико І.О. Рекомендації щодо застосування георадара як пошукового атнтерористичного приладу / І.О.Громико, В.Г.Сугак // Право і безпека. – 2006. – № 5'2. – С. 144-148. 2. Дикарев В.И. Обнаружение взрывоопасных объектов, оружия, наркотиков, опасных газов и радиоактивных загрязнений / В.И.Дикарев, В.А.Заренков, Д.В.Заренков : под ред. Заренкова В.А. – СПб.: Наука и Техника, 2004. – 320 с. 3. Дикарев В.И. Методы и средства обнаружения объектов в укрывающих средах / В.И.Дикарев, В.А.Заренков, Д.В.Заренков : под ред. Заренкова В.А. – СПб.: Наука и Техника, 2004. – 280 с. 4. Хармут Х. Ф. Несинусоидальные волны в радиолокации и радиосвязи. – М.: Радио и связь, 1985. – 376 с. 5. Хармут Х. Ф. Теория секвентного анализа. Основы и применения. – М.: «Мир», 1980. – 576 с. 6. ООО «ВНИИ СМИ» Фонд подводных геофизических исследований [Электронный ресурс]. – <http://www.geo-radar.ru/publish.php>

Поступила в редколлегию 06.04.2011