

Список литературы

1. Патент на полезную модель Российской Федерации 90293 RU МПК А01J5/04. Доильный аппарат/ заявлено:13.08.2009/ опубликовано: 10.01.10 Бюл. № 1./ В. В. Кирсанов, С. И. Щукин, В. Н. Легеза. Стр. 1...2.
2. Кирсанов, В. В. Направление исследований в совершенствование работы доильных аппаратов/ В. В. Кирсанов, С. И. Щукин, В. Н. Легеза, – Сельскохозяйственные машины и технологии, № 1, 2010. Стр. 5...4.
3. Кирсанов, В. В. Доильный аппарат с независимым вакуумом/ В. В. Кирсанов, С. И. Щукин, – Труды 14 Международного симпозиума по машинному доению сельскохозяйственных животных, Углич-2008. Стр. 25...30.

О ПРИЕМЕ ПОЛЕЗНОГО СИГНАЛА ОТ ДИНАМИЧЕСКОГО НЕЛИНЕЙНОГО РАССЕИВАТЕЛЯ НА ФОНЕ ПОМЕХ ОТ ДРУГИХ НЕЛИНЕЙНЫХ РАССЕИВАТЕЛЕЙ

Н. Ю. Бабанов, к.т.н., профессор кафедры «Организация и менеджмент», НГИЭИ

Аннотация. Рассмотрен один из методов неразрушающего контроля при технической диагностике. Это использование эффекта нелинейного рассеяния радиоволн для получения информации о процессах в функционирующих радиоэлектронных приборах.

Ключевые слова: рассеиватель, помехи, частота, гармоника.

ABOUT RECEPTION OF THE USEFUL SIGNAL FROM DYNAMIC NONLINEAR SCATTER ON THE BACKGROUND OF BARRIERS FROM OTHERS NONLINEAR SCATTERS

N. Y. Babanov, the candidate of technical sciences, the professor of the chair «Organization and management», NGIEI

Annotation. One of methods of not destroying control over technical diagnostics is considered. This use of effect of nonlinear dispersion of radiowaves for reception of the information on processes in functioning radio-electronic devices.

Keywords: scatter, barriers, frequency, a harmonic.

Одним из методов неразрушающего контроля при технической диагностике, является использование эффекта нелинейного рассеяния радиоволн [1, 3] для получения информации о процессах в функционирующих радиоэлектронных приборах.

Метод заключается в облучении объекта исследования непрерывным или импульсным облучающим сигналом (ОС) и приеме от данного объекта в качестве полезного информационного сигнала одной или нескольких спектральных составляющих рассеянного сигнала (РС), появляющихся на частотах гармоник или комбинационных нелинейных продуктов ОС. Обработка данных спектральных составляющих, заключающаяся в основном в применении того или иного вида демодуляции, позволяет сформировать определенное мнение об одном или нескольких параметрах функционирования исследуемого радиоэлектронного прибора.

Объекты, обладающие свойством рассеивать сигнала

лы на частотах нелинейных продуктов ОС, получили название нелинейных рассеивателей (НР) [1,4]. Оборудование, для данного вида диагностики будем называть установками нелинейной диагностики (УНД).

С точки зрения классификации нелинейных рассеивателей [1,4] объектом исследования является сложный НР, включающий в себя несколько нелинейных элементов, соединенных линейными цепями (проводники, резисторы, емкости индуктивности, элементы корпуса). При этом простым НР в [1,4] назван объект, состоящий из одного нелинейного элемента, нагруженного на антенную часть, в качестве которой может выступать любая линейная цепь. Такой подход позволяет считать сложный НР совокупностью простых НР [1,4]. В той же классификации все НР разделяются на динамические нелинейные рассеиватели (ДНР), для которых при постоянном уровне ОС уровень РС на частотах гармоник ОС изменяется во времени, и стабильные НР – для которых такое изменение не наблюдается [1].

Возвращаясь к задаче неразрушающего контроля, отметим, что при дистанционной технической диагностике реальной аппаратуры облучению должны подвергаться все электронные узлы и платы изделия. Если зондируемая аппаратура работающая, то нелинейное рассеяние будет наблюдаться в общем случае от всех НР, образованных ее нелинейными элементами и линейными цепями. Некоторые из данных НР будут вести себя как стабильные НР, некоторые – как ДНР. При этом с точки зрения технической диагностики нас будет интересовать только один ДНР, процессы в котором и являются нужной диагностической информацией.

Таким образом, задачу выделения полезного информационного сигнала от интересующей нас электронной платы (или блока) на фоне нелинейного рассеяния от других плат или блоков, сводится к задаче выделения полез-

ной спектральной составляющей из РС от информационного ДНР на фоне помех от мешающих динамических и стабильных НР. Эта спектральная составляющая или группа спектральных составляющих находятся вблизи соответствующей гармонике ОС. При этом рядом могут находиться другие спектральные составляющие РС, соответствующие процессам, происходящим в других ДНР и не содержащие полезной информации.

Аналогичная задача возникает при использовании ДНР в качестве датчиков среды, конструкция которых содержит определенный элемент, чувствительный к измеряемому параметру или параметрам среды. В зависимости от конструкции датчика и принципа передачи информации возможно, что информационным параметром будет либо уровень нелинейного рассеяния, либо какая-то временная характеристика, например длительность импульса, рассеянного на частоте нелинейного продукта ОС, либо спектральная характеристика, например частота автогенератора, в цепи которого находится указанный чувствительный нелинейный элемент. Заметим, что в условиях, когда коэффициент распространения на пути НР – приемная антенна установки нелинейного зондирования не известен, в преимущественном положении оказывается использование характеристик, изменяющихся со временем, так как на их основе возможно применение косвенных методов измерений, не требующих знания величины указанного коэффициента распространения.

Если в зоне облучения помимо нелинейного датчика окажется работающая или выключенная радиоэлектронная аппаратура или оборудование, на процесс измерения окажут свое воздействие содержащиеся в ней помеховые НР, которые могут оказаться как стабильными НР, так и ДНР. В результате возникает задача выделения РС на частоте рабочего нелинейного продукта от полезного ДНР

на фоне нелинейного рассеяния от помеховых НР. Принципиальным отличием данной задачи от случая технической диагностики является то, что параметры работы, конструкция, а во многих случаях и расположение нелинейного датчика – ДНР известно априори, в то время как указанные параметры полезного ДНР при технической диагностике часто не известны.

Следует отметить, что указанной проблематике посвящен ряд работ, в частности в [5] показано, что могут быть применены методы приема слабомодулированного сигнала, основанные на частотной селекции. Действительно задача устранения помехового влияния стабильных НР сводится к задаче фильтрации РС на определенной спектральной составляющей вблизи гармоники ОС или компенсации спектральной составляющей на частоте гармоники или комбинационного нелинейного продукта ОС. Те же методы могут быть применены в случае, если помеховым является ДНР, но спектральные составляющие его РС не перекрываются со спектральными составляющими, принадлежащими полезному ДНР.

По нашему мнению, для случая, когда помеховыми является ДНР, при этом спектральные компоненты его нелинейного рассеяния совпадают или в значительной степени перекрываются со спектральными компонентами нелинейного рассеяния от полезного ДНР, применение методов частотной фильтрации и компенсации может быть дополнено методами пространственной и поляризационной селекции. Однако применение указанных методов должно быть основано на изучении пространственных и поляризационных свойств ДНР, которые могут быть выполнены на основе феноменологической модели ДНР.

Феноменологическая модель динамического нелинейного рассеивателя.

Процесс нелинейной диагностики схематично про-

иллюстрирован на рис. 1.

Элементы 8 ÷ 12 на рис. 1 соответствуют элементам феноменологической модели ДНР, которую предлагается формировать аналогично случаю стабильных НР [6].

Феноменологическая модель последовательно рассматривает процессы, происходящие в НР, при этом каждому процессу соответствует определенный ее элемент.

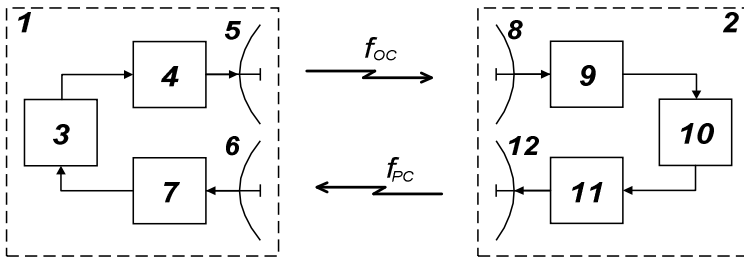


Рис. 1. Процесс нелинейной диагностики:

1 – установка нелинейной диагностики (УНД); 2 – динамический нелинейный рассеиватель (ДНР); 3 – блок управления и анализа; 4 – генератор излучаемого сигнала; 5 – излучающая антенна (ИА); 6 – приемная антенна (ПА); 7 – приемник; 8 – облучаемая антенна (ОА) – антенна ДНР, принимающая облучающий сигнал; 10 – нелинейный элемент (НЭ); 9 – тракт облучающего сигнала ОА – НЭ; 12 – рассеивающая антенна (РА) – антенна ДНР, излучающая рассеянный сигнал, 11 – тракт рассеиваемого сигнала НЭ-РА

При облучении ДНР облучающий сигнал принимается линейной частью ДНР, которая образует некоторую облучаемую антенну (ОА) – 8, то есть выполняет функцию антенны ДНР, принимающей ОС. Далее ОС должен канализоваться по некоторому эквивалентному тракту облучающего сигнала – 9 к нелинейному элементу – 10. На нелинейном элементе (НЭ) – 10 происходит нелинейное преобразование ОС, в результате которого вблизи гармо-

ник ОС появляются новые спектральные составляющие, являющиеся результатом нелинейного взаимодействия ОС и токов, протекающих через нелинейный элемент. Одна из данных спектральных составляющих содержит информацию об интересующем процессе и в этом смысле является информационной. Эта информационная спектральная канализируется по собственному тракту – 11 рассеиваемого сигнала к рассеивающей антенне (РА) – 12, где излучается в пространство.

Данная модель отражает то, что нелинейное преобразование происходит на сосредоточенном НЭ, который «принимает» ОС и «генерирует» информационную спектральную составляющую около одной из гармоник ОС. Линейная часть ДНР является некоторой линейной средой, по которой происходит распространение ОС и информационной части РС, причем путь каждого из них определяется его частотой. Поэтому амплитудные свойства ДНР будут определяться свойствами НЭ и режимом, в котором он находится. Этот режим, в свою очередь, зависит как от внутренних свойств НЭ (смещение, величина протекающих информационных токов, накопление заряда, режим по постоянному току и т.п.), так и от внешних, (согласования НЭ с линейной частью). Согласование линейной части и НЭ зависит от напряжения ОС на НЭ и частоты ОС $f_{ОС}$. Из представленного краткого описания феноменологической модели следует, что, процессы взаимодействия ДНР с ОС и процесс излучения РС сосредоточены в элементах 8 – ОС и 12 – РА. То есть пространственные и поляризационные свойства простого динамического нелинейного рассеивателя будут определяться пространственными диаграммами направленности и поляризационными параметрами ОА – 8 и РА – 12.

Принципиальным отличием ДНР от стабильного НР является то, что РС от него нестабилен, то есть один или

несколько параметров РС изменяются во времени, в результате РС является модулированным колебанием.

В данной модуляции будут участвовать три процесса:

- 1) изменение согласования приемной антенны ОС и НЭ;
- 2) изменение согласования НЭ с антенной, излучающей РС;
- 3) изменение параметров НЭ. Аналогичные процессы протекают и СВЧ модуляторах, что позволяет воспользоваться их теорией.

Заметим, что при исследовании ДНР, в задачах технической диагностики при неразрушающем контроле [2,5], как правило стоит задача выделения внутреннего закона изменения параметров НЭ из РС на частоте одной из гармоник, для ДНР – датчиков среды возможно использование всех трех механизмов. Так как НЭ у ДНР – это радиоэлектронные компоненты, то в качестве информационного сигнала следует использовать спектральные составляющие РС в области второй гармоники ОС.

Для анализа необходимо расширить понятие амплитудной характеристики НР, введенное в [4], как зависимость, измененной на расстоянии 1 м от НР, интенсивности волны сигнала, рассеянного на определенной гармонике ОС, от интенсивности волны ОС, падающей на НР. В откорректированном определении будем считать обобщенной амплитудной характеристикой зависимость интенсивности волны информационной спектральной компоненты рассеянного сигнала P_{PC-} , измененной на расстоянии 1 м от НР, от интенсивности волны облучающего сигнала P_{OC} , падающей на НР.

$$P_{PC-} = f_{-}(P_{OC}), \quad (1)$$

Заметим, что данная формулировка применима для всех пассивных нелинейных ответчиков, кроме НР, это па-

раметрические (субгармонические) [1] НР и транспондеры [8].

Обобщенная амплитудная характеристика ОАХ измеряется при определенном положении ДНР. Аналогично случаю стабильного НР [6] формулировка ОАХ позволяет связать параметры, описывающие свойства как амплитудные (энергетические) свойства ДНР, описываемые ОАХ, так и пространственно-поляризационные свойства ДНР, описываемые нормированными поляризационными диаграммами и нормированными диаграммами направленности. Данные характеристики имеют конкретный физический смысл и могут быть, как вычислены теоретически на основе методов теории линейных антенн, так и непосредственно измерены на специализированной УНД.

Покажем это на примере поляризационных диаграмм. Пусть ОС линейно поляризован. Будем считать, что ОАХ изменена при определенных углах плоскостей поляризации антенн установка нелинейной диагностики (УНД, для излучающей антенны (ИА) – $\theta_{ОС0}$, для приемной антенны (ПА) – $\theta_{ПСО}$. Соответственно (1) можно переписать как:

$$П(\theta_{ПСО})_{РС} = f_{-}(П_{ОС}, \theta_{ОС0}), \quad (2)$$

$\theta_{ОС0}$, $\theta_{ПСО}$ удобно использовать как начало отсчета при изменении уровня нелинейного рассеяния на соответствующей спектральной составляющей РС и запулить.

Изменим плоскость поляризации ОС на некоторый угол $\theta_{ОС}^*$. Чтобы мощность полезного принимаемого сигнала $Р_{ПС}$ осталась неизменной, необходимо мощность ОС изменить на величину $K_{ОС}^* = K_{ОС}(\theta_{ОС}^*)$. Полученная таким образом зависимость $K_{ОС}(\theta_{ОС})$ является нормированной поляризационной диаграммой облучаемой антенны ДНР, принимающей ОС.

Нормированная поляризационная диаграмма рассеивающей антенны ДНР, излучающая РС, определится как нормированная поляризационная диаграмма, измеренная путем вращения плоскости поляризации приемной антенны УНД при произвольных фиксированных значениях Π_{OC} и θ_{OC} :

$$K_{PC}(\theta_{PC}) = P_{PC-}(\theta_{PC}) : P_{PC-}(\theta_{PC0}).$$

Таким образом, обобщенная амплитудная характеристика ДНР при изменении плоскостей поляризации УНД для ИА на угол θ_{OC} и для ПА на угол θ_{PC} может быть записана как:

$$P_{PC-}(\theta_{OC}, \theta_{PC}) = K_{PC}(\theta_{PC}) f_{-}(K_{OC}(\theta_{OC}) \Pi_{OC}),$$

где θ_{OC} , θ_{PC} – углы отклонения плоскостей поляризаций антенн УНД от положения, при котором была измерена ОАХ.

Аналогичная процедура может быть проделана для изменения углов зондирования и приема φ_{OC} , φ_{PC} .

Аналогично могут быть введены нормированные диаграммы антенн ДНР по приему (ОС) и передаче (РС): $K_{OC}(\varphi_{OC})$, $K_{PC}(\varphi_{PC})$.

Соответственно изменение и поляризации и углов визирования можно характеризовать как:

$$P_{PC-}(\theta_{OC}, \varphi_{OC}, \theta_{PC}, \varphi_{PC}) = K_{PC}(\varphi_{PC}) f_{-}(K_{OC}(\theta_{OC}, \varphi_{OC}, \Pi_{OC})), (3)$$

Естественно, что при зондировании с одного направления $\varphi_{OC} = \varphi_{PC}$.

Введение нормированных поляризационных диаграмм и диаграмм направленности антенн ДНР ничем не отличается от аналогичных характеристик линейных антенн. Это обстоятельство позволяет использовать для расчетов данных характеристик теорию линейных антенн и использовать свойства линейных антенн при анализе

свойств ДНР.

В частности, из выражения (1) следует, что:

1. Существуют наилучшие поляризации и направления облучения антенн УНД соответствующие наибольшему уровню РС при наименьшем уровне ОС. Эти поляризации и направления облучения соответствуют главным поляризациям и максимумам диаграмм направленности ОА и РА исследуемого ДНР.

2. Всегда есть поляризация ОС, при которой РС отсутствует, соответствующая поляризации нулевого сигнала ОА исследуемого ДНР.

3. Всегда есть поляризация ПА, при которой РС не фиксируется, соответствующая поляризации нулевого сигнала РА исследуемого ДНР.

4. Изменение поляризаций антенн УНД, направлений облучения ОС и приема РС, пространственного положения простого ДНР сказывается как преобразования масштаба ОАХ и не приводит к изменению ее качественного вида.

Если известны условия распространения, дальность и коэффициенты усиления антенн УНД, легко преобразовать ОАХ в уравнение, связывающее мощность ОС P_{OC} и мощность принимаемого полезного сигнала P_{PC} аналогично [6].

Применение пространственной и поляризационной селекции при выделении сигнала от полезного ДНР на фоне сигналов от помеховых ДНР.

Как уже отмечалось при постановке задачи, необходимо выделение полезного РС от полезного ДНР на фоне не только сильной постоянной спектральной составляющей на частоте второй гармоники ОС, но и мешающих переменных составляющих от помеховых ДНР. Моделью такого сложного динамического нелинейного рассеивателя будет совокупность из нескольких простых ДНР, у кото-

рых разные параметры антенн и нелинейных элементов, в которых протекают разные переменные токи.

Рассмотрим задачу выделения переменного полезного сигнала из РС сложного ДНР.

1. Пусть сложный ДНР состоит из 2-х простых ДНР, при этом полезный сигнал рассеивается только одним ДНР, второй ДНР является помеховым. Задача устранения в РС помеховой спектральной компоненты от мешающего ДНР может быть решена на УНД подбором поляризации ИА или ПА. При этом существенен уровень априорных знаний об полезном и помеховом ДНР.

1.1. Пространственное положение и поляризационные параметры антенн помехового и полезного ДНР известны.

Решение данной задачи очевидно. Для полного исключения влияния помехового ДНР поляризация приемной или передающей антенн УНД должна быть ортогональна поляризации соответствующей антенны помехового ДНР. Поляризация второй антенны УНД должна совпадать с поляризацией соответствующей антенны полезного ДНР. Из двух разных вариантов при измерениях необходимо выбрать наиболее эффективный с точки зрения величины принимаемого сигнала.

1.2. Пространственное положение и поляризационные параметры антенн полезного ДНР известны, а помехового ДНР нет.

Для данного случая возможно экспериментальное определение пространственно-поляризационных параметров антенны помехового ДНР, после чего задача сводится к предыдущей. Методика измерения заключается в предварительном исключении влияния полезного ДНР и измерении параметров помехового ДНР. Первоначально устанавливают поляризацию излучаемого сигнала ортогональной к поляризации ОА у полезного ДНР. Затем определя-

ют параметры поляризации РА помехового ДНР. В простейшем случае линейной поляризации такое определение сводится к изменению поляризационной диаграммы.

Затем поляризация приемной антенны УНД устанавливается ортогональной к поляризации РА полезного ДНР и исследуются поляризационные параметры ОА помехового ДНР. Собственно говоря, в обоих случаях изменения сводятся к определению нулевых поляризаций ОА и РА у помехового ДНР.

1.3. Пространственное положение и поляризационные параметры антенн помехового ДНР известны, а полезного ДНР нет.

Очевидно, что для данного случая – действия аналогичны описанным в п. 1.2, за исключением того, что целью изменений является определение главных поляризаций ОА и РА полезного ДНР.

1.4. Пространственное положение и поляризационные параметры антенн полезного и помехового ДНР не известны.

В этом случае возникает задача анализа поляризационных параметров системы из полезного и помехового ДНР. Для этого необходимо исследовать поляризационный и спектральный состав РС при обзоре всех возможных поляризаций ИС. Другими словами, поляризационная модуляция ИС должна быть такой, чтобы, годограф ИС (вектор, характеризующий поляризацию ИС на сфере Пуанкаре) должен прочертить траекторию на этой сфере, последовательно проходящую все точки ее поверхности [7]. Наиболее просто реализовать такую поляризационную модуляцию ИС при помощи двухканальной турникетной излучающей антенны УНД, представляющей собой два линейных излучателя с собственными ортогональными поляризациями. Если на ортогональные излучатели такой ИА подать два синфазных балансно-модулированных колебания,

модулирующие сигналы которых находятся в квадратурах:

$$1) \cos \Omega t \cdot \cos \omega t ;$$

$$2) \sin \Omega t \cdot \cos \omega t ; \Omega \ll \omega,$$

то ИС будет представлять собой линейно-поляризованный гармонический сигнал с частотой ω плоскость поляризации которого вращается по окружности с частотой Ω . Если на излучатели будут подаваться не синфазные колебания, то ИС будет эллиптически-поляризованным. Если разность фаз несущих первого и второго колебаний будет меняться во времени, то наряду с вращением плоскости поляризации будет меняться и коэффициент эллиптичности ИС.

Пусть фаза одной из компонент меняется по пилообразному периодическому закону в пределах 2π и со скоростью γ ; тогда колебания, подаваемые на линейные излучатели с собственными ортогональными поляризациями ИА можно записать как:

$$1) \cos \Omega t \cdot \cos \omega t ; \quad (4)$$

$$2) \sin \Omega t \cdot \cos (\omega t + \gamma) ;$$

$$2\pi/\gamma \ll \Omega \ll \omega$$

Структурная схема УНД излучающей ИС вида (4) может иметь вид, представленный на рис.2, где 1 – блок управления и анализа; 2 – формирователь сигналов, 3 и 4 – балансные модуляторы (балансно-модулированных колебаний), 5 – фазовый модулятор, 6 и 7 – усилители, 8 – турникетная излучающая антенна, 9 – ДНР, 10 – турникетная приемная антенна, 11 и 12 – приемники.

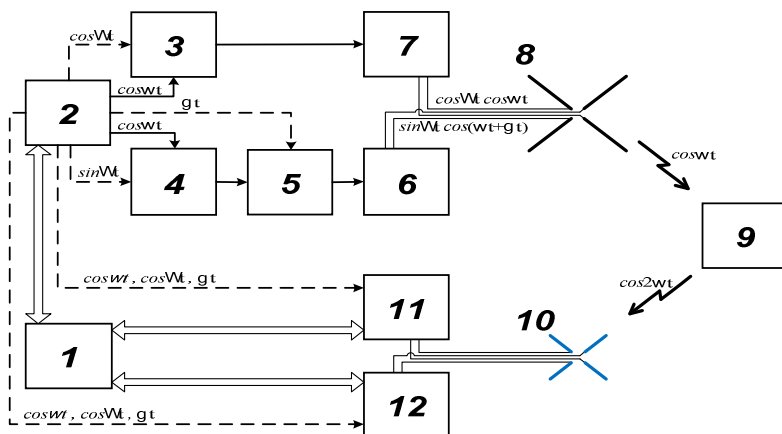


Рис.2. Структурная схема УНД с изучением поляризационно-модулированного сигнала.

Анализ ПС предполагает поиск поляризации приемной антенны, то есть коэффициентов усиления приемных каналов, образованных приемниками 11 и 12 и разности фаз ортогональных поляризационных компонент в ПС от антенны 10, максимизирующих соотношение сигнал / помеха для каждой из возможных поляризаций ИС.

2. Пусть сложный ДНР состоит из 3-х простых ДНР, при этом полезный сигнал рассеивается только одним ДНР.

2.1. Пространственное положение и поляризационные параметры антенн помеховых ДНР известны. Задача устранения в РС помеховых спектральных компонент от 1-го и 2-го мешающих ДНР может быть решена подбором поляризации ОС (для устранения РС от первого мешающего ДНР) и поляризации приемной антенны УНД (для исключения приема РС от второго мешающего ДНР).

2.2. Пространственное положение и поляризационные параметры антенн полезного ДНР известны, а помеховых ДНР нет.

В этом случае имеется возможность исследовать поляризационные параметры поля нелинейного рассеяния от помеховых ДНР. Полезный ЛУН исключается при данных исследованиях аналогично предыдущему случаю за счет предварительной установки или приемной антенны УНД или передающей антенны УНД с поляризацией, ортогональной соответствующей поляризации антенны полезного УНД. В результате может быть установлена поляризация наиболее благоприятная для анализа полезного ДНЗ.

2.3. Пространственное положение и поляризационные параметры антенн полезного ДНР и помеховых ДНР неизвестны. В этом случае необходим полный анализ РС при всех возможных поляризациях ИС, который может быть выполнен на УНД, представленной на рис. 2.

3. Пусть сложный ДНР состоит из 4-х простых ДНР, при этом полезный сигнал рассеивается только одним ДНР.

В случае полной априорной определенности положения антенн помеховых и полезного ДНР задача исключения влияния помеховых ДНР может быть решена за счет подбора направления облучения и поляризации ОС и приемной антенны УНД. В этом случае необходимо выбрать направление зондирования так, чтобы оно совпадало с нулем диаграммы приемной или излучающей антенн одного из помеховых ДНР. После этого задача устранения в РС помеховых спектральных компонент от 2-го и 3-го мешающих ДНР может быть решена подбором поляризации ОС и поляризации приемной антенны УНД.

В противном случае необходим анализ помеховой ситуации при помощи УНЗ, представленной на рис.2.

4. Пусть сложный ДНР состоит из N ($N > 4$) простых ДНР, при этом полезный сигнал рассеивается только одним ДНР.

В этом случае мешающую спектральную компоненту полностью устранить невозможно. РС от такого ДНР может быть записан как:

$$P_{PC} = K_{PC1}(\theta_{PC}, \varphi) f_{-1}(K_{OC1}(\theta_{OC}, \varphi, P_{OC})) + \sum_{i=2}^N B_i K_{PCi}(\theta_{PC}, \varphi) f_{-i}(K_{OCi}(\theta_{OC}, \varphi, P_{OC})),$$

где B_i – коэффициент подавления мешающей переменной составляющей фильтром, выделяющим полезную переменную составляющую (соответственно считаем, что $B_1 = 1$).

Сигнал на входе приемника УНД можно записать как:

$$P_{PC} = C_{PC} K_{PC1}(\theta_{PC}, \varphi) f_{-1}(K_{OC1}(\theta_{OC}, \varphi, C_{OC} P_{OC})) + n \sum_{i=2}^N C_{PC} B_i K_{PCi}(\theta_{PC}, \varphi) f_{-i}(K_{OCi}(\theta_{OC}, \varphi, C_{OC} P_{OC})),$$

где СПС, СОС – коэффициенты, связывающие РПС ~ с ПРС~ и РОС с ПОС, n – мощность собственных шумов приемника УНД. Задача выделения полезной компоненты из (3) сводится к нахождению максимума отношения полезный сигнал/ помеха + шум приемника при варьировании направления облучения, поляризаций излучающей и приемной антенн УНД, например, при помощи УНД, представленной на рис. 2.

Максимум может быть найден при известных коэффициентах, заданных видах обобщенной амплитудной характеристики и диаграмм антенн ДНР.

$$\text{MAX} \quad \frac{C_{PC} K_{PC1}(\theta_{PC}, \varphi) f_{-1}(K_{OC1}(\theta_{OC}, \varphi, C_{OC} P_{OC}))}{n + \sum_{i=2}^N C_{PC} B_i K_{PCi}(\theta_{PC}, \varphi) f_{-i}(K_{OCi}(\theta_{OC}, \varphi, C_{OC} P_{OC}))} \quad \left| \quad \text{при } (P_{OC}, \theta_{PC}, \theta_{OC}, \varphi) \text{ var}$$

Таким образом, при выделении полезного сигнала из спектра РС от ДНР наряду с выбором частоты и фильтрацией полезного сигнала в приемнике УНД целесообразно использовать варьирование мощности зондирующего

сигнала, направления облучения и поляризаций облучающей и приемной антенн УНД.

Список литературы

1. Горбачев, А. А. Особенности зондирования электромагнитными волнами сред с нелинейными включениями // Радиотехника и электроника, 1996, №2.

2. Семенов, В. С. Использование эффекта нелинейного рассеяния радиоволн для контроля и диагностики / В. С. Семенов, Г. Н. Парватов, А. А. Попов, А. П. Рябцев. // Дефектоскопия, 1999, № 9, с. 85 – 94.

3. Петерсон, Харрис. Обнаружение дефектов пассивных компонентов с помощью измерения гармоник. «Электроника», 1966 г., т. 39, № 14, с. 22.

4. Горбачев, А. А. Амплитудные характеристики нелинейных рассеивателей / А. А. Горбачев, С. В. Ларцов, С. П. Тараканков, Е. П. Чигин / Радиотехника и электроника 1996, №5.

5. Горбачев, А. А. **Ошибка! Недопустимый объект гиперссылки.** / А. А. Горбачев, А. А. Потапов, С. П. Тараканков / «Нелинейный мир» № 5 – 6, 2004 г.

6. Бабанов, Н. Ю. О характеристиках, необходимых для описания пространственных свойств простых нелинейных рассеивателей / Н. Ю. Бабанов, С. В. Ларцов / Радиотехника, 2009г, № 5.

7. Канарейкин, Д. Б. [и др.]. Поляризация радиолокационных сигналов. М.: Сов. радио, 1966.

8. Стариков, О. Радиочастотная идентификация: технологии, системы, компоненты // Электронные компоненты. 2002. № 7. С. 103–105.