

6. ЦКУ с программируемым алгоритмом кодирования на ОЗУ целесообразно использовать в научных исследованиях.

7. Перспективным, эффективным и практически единственным в смысле оперативности при определении оптимального алгоритма является цветовое контрастирование черно-белых изображений с применением персонального компьютера, который избавляет нас от использования технических средств.

Литература

1. Данилов В.А., Мазуров А.И. Цветовое контрастирование изображений малоконтрастных объектов // Техника средств связи. Серия «Телевидение». Вып. 2, 1985. – С. 31-36.

2. Балобанов В.Г., Горчаков Б.М. Исследование вопросов цифровой обработки видеосигнала при цветовом контрастировании черно-белых изображений // Информатика, радиотехника, связь. Сборник трудов ученых Поволжья. Вып.6. Самара: 2000. – С. 24-27.

3. Балобанов А.В., Кривоzubов В.П., Балобанов В.Г. Цветовое кодирование черно-белых изображений с помощью персонального компьютера // ИКТ. Т.1, №2, 2003. – С. 51-56.

4. Балобанов А.В., Балобанов В.Г., Кривоzubов В.П. Выбор алгоритма цветового кодирования черно-белых изображений для прикладных систем черно-белого телевидения // ИКТ. Т.3, №2, 2005. – С. 45-49.

ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ СОВМЕСТИМОСТЬ И БЕЗОПАСНОСТЬ ОБОРУДОВАНИЯ

УДК. 621.391.82

МОДЕЛИРОВАНИЕ СИГНАЛА СВЯЗИ В СО ЛВВ ПРИ ИЗМЕНЯЮЩИХСЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРАХ ГРУНТА

Воеводин С.В., Духан Е.И.

В статье анализируются результаты моделирования сигнала связи в средствах обнаружения на основе линии вытекающей волны при изменяющихся электрических параметрах грунта. Показано, что применение частотно-модулированного сигнала позволяет повысить устойчивость средств обнаружения на основе линий вытекающей волны (СО ЛВВ) к изменению физических условий внешней среды.

Зависимость характеристик обнаружения от состояния сред распространения электромагнитного поля в СО ЛВВ является одним из существенных недостатков этого класса устройств и, несмотря на очевидные тактические преимущества, ограничивает их применимость для охраны важных государственных объектов. Известно, что модуляция сигнала связи, вызванная изменением температуры и (или) влажности (следовательно, и электрофизических характеристик) грунта при его намокании или высыхании, может приводить в современных образцах СО ЛВВ к формированию недопустимо большого потока ложных срабатываний.

Этот недостаток является следствием фазовых эффектов, имеющих место при формировании сигнала связи. Как математическое моделирование, так и экспериментальные исследования пространственных характеристик ЭМП, возбуж-

даемого передающей линией, показывает, что распределение поля вдоль приемной ЛВВ есть квазипериодическая функция от продольной координаты z . На рис. 1 приведен характерный вид распределения поля передатчика вдоль оси приемной ЛВВ при двух различных значениях влажности грунта.

Электромагнитное поле, возбуждаемое передающим кабелем, является результатом интерференции нескольких пространственных гармоник, отличающихся друг от друга амплитудами, комплексными коэффициентами распространения, имеющими смешанный вытекающий и поверхностный характер [1-2].

Максимальный вклад в результирующее поле вносит внешняя пространственная волна, поддерживаемая внутренней волной ЛВВ с фазовым коэффициентом β_n , близким, но не равным $\beta_{лев}$ излучающего кабеля. Для наглядности рассуждений распределение зондирующего поля вдоль оси приемной линии можно представить одиночной пространственной гармоникой с медленно меняющимися амплитудой и начальной фазой:

$$E(z, r) = E_0(z, r) e^{j[\beta_n z + \phi_0(z, r)]}, \quad (1)$$

где β_n , $E_0(z, r)$, $\phi_0(z, r)$ – соответственно коэффициент фазы, амплитуда и фаза внешней стоя-

чей волны ($\beta_n = \omega/V_\phi$; V_ϕ – фазовая скорость распространения волны в грунте), r – расстояние между приемным и передающим кабелем. Зависимость начальной фазы $\phi_0(z, r)$ от продольной координаты и расстояния между кабелями подчеркивает сложный характер распределения поля передатчика.

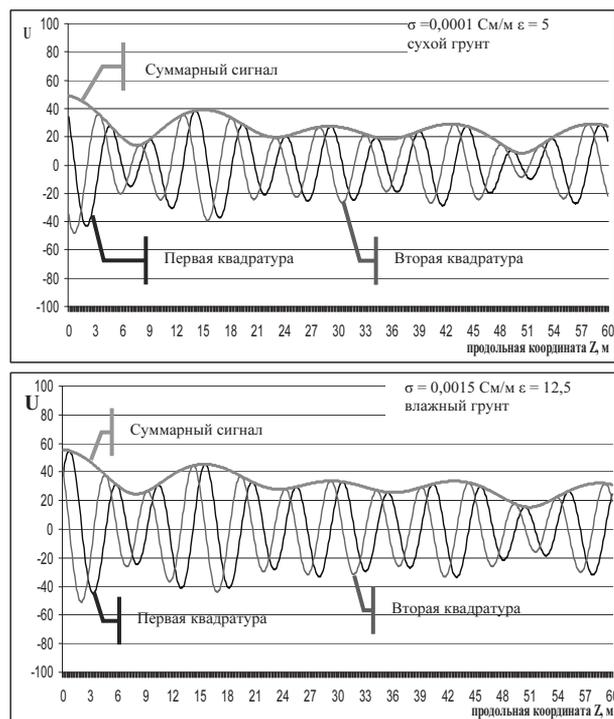


Рис. 1. Распределение поля передатчика вдоль оси приемной ЛБВ

Электрофизические параметры грунта – относительная диэлектрическая проницаемость ϵ и электрическая проводимость σ являются весьма изменчивыми характеристиками. Их величина зависит от множества факторов, наиболее важные из которых – минеральный и химический состав грунта, агрегатное состояние, дисперсность, структурные особенности, температура и влажность. Наибольшие изменения электропроводности (на несколько порядков) наблюдаются при увлажнении пористых осадочных пород. У магматических и торфяных грунтов эта зависимость выражена слабее. Изменение температуры грунта оказывает меньшее влияние на его электрофизические характеристики: при повышении температуры осадочных пород на 10°C в интервале $10\text{-}50^\circ\text{C}$ в среднем их электропроводность возрастает в два раза.

Относительная диэлектрическая проницаемость сухого грунта зависит от типа

грунта и может иметь значение от нескольких единиц до нескольких десятков. Для большинства грунтов $4 < \epsilon < 10$. Поскольку диэлектрическая постоянная у воды выше, чем у породообразующих минералов, то увеличение влажности грунтов приводит к увеличению их диэлектрической проницаемости в 5-6 раз. В первом приближении зависимость ϵ от влажности можно считать линейной для конкретного типа грунта [3]. Характерный вид зависимости проводимости и диэлектрической проницаемости от влажности для среднечастотных грунтов приведен на рис. 2.

В выражении [1], комплексная амплитуда $E_0(z, r, W)$, начальная фаза $\phi_0(z, r, W)$ и фазовый коэффициент $\beta_n(W)$ являются функциями электрических параметров сред распространения. Изменение погодных условий мало влияет на значения σ и ϵ воздушной среды и соответственно на сигналообразование в СО ЛБВ. Изменения диэлектрической проницаемости и проводимости грунта приводят к снижению амплитуд пространственных гармоник (в несколько десятков раз при переходе грунта от состояния «сухо» до состояния «сыро» для некоторых из типов грунтов). Проводимые отечественными разработчиками СО ЛБВ многолетние наблюдения [4] показали, что при подземном размещении ИК уровень сигнала связи за время 2400 часов менялся в 9,3 раза, его модуляция – в 10 раз, абсолютное приращение сигнала на входе приемника – в 4 раза. Проведенные авторами статьи аналогичные эксперименты показали еще более неблагоприятные результаты. Однако наблюдающееся при этом снижение уровня сигнала связи совершается медленно и не может вызывать срабатывания средства.

К относительно быстрым вариациям сигнала связи могут приводить фазовые аномалии поля передающего ИК. Из рис. 1 видно, что даже небольшое увлажнение грунта приводит к существенным фазовым трансформациям квадратурных составляющих результирующего ЭМП. Нетрудно показать, что именно смещение фазового распределения поля передатчика вдоль приемной ЛБВ, в том числе вследствие намокания или высыхания грунта, приводит к паразитным модуляциям сигнала связи, которые могут интерпретироваться блоком принятия решений как воздействие человека-нарушителя.

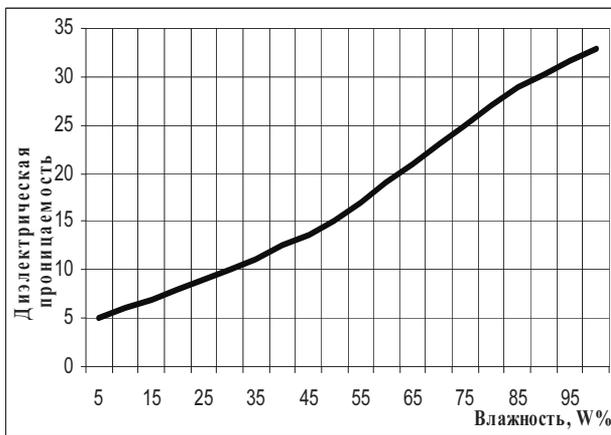
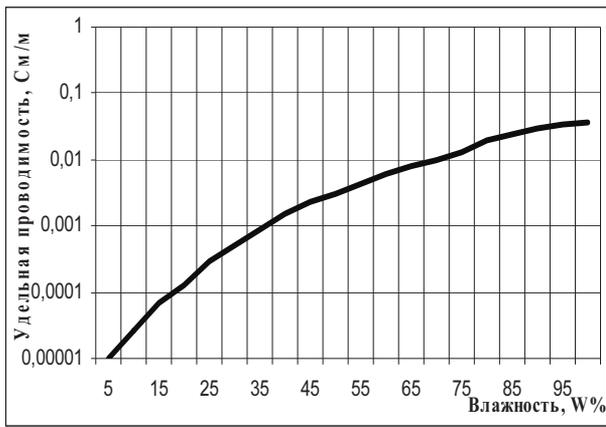


Рис. 2. Зависимость электрических параметров грунта от влажности

Модель приемной линии в СО ЛВВ подразумевает, что внешнее по отношению к приемному ИК поле $E(z, r)$ передатчика наводит во внешнем проводнике кабеля ток проводимости, что приводит к появлению между экраном и внутренним проводником элементарных источников ЭДС, возбуждающих внутри кабеля основную волну. Вклады распределенных источников ЭДС суммируются в нагрузку приемной линии с учетом фазового набега $(-\beta_{\text{лев}} z)$ и затухания $e^{-\alpha z}$, которые не зависят от внешних условий. Тогда выражение для комплексной амплитуды сигнала связи в ближней нагрузке приемного ИК с точностью до постоянного множителя будет иметь вид:

$$\dot{U}_{\text{св}} = \int_0^L E(z, r, W) e^{j(\beta_n(W)z + \phi_0(z, r, W))} \cdot e^{j(-\beta_{\text{лев}} z)} \cdot e^{-\alpha z} dz, \quad (1)$$

где $\alpha = 0,007$ Нп/м – коэффициент затухания волны типа ТЕМ в кабеле. Изменяющееся под действием внешней среды отклонение закона распределения фазы внешнего поля $\phi_0(z, r, W)$ по продольной координате от линейной зависимости приводит к паразитной модуляции сигнала

связи. На рис. 3. приведены зависимости квадратурных составляющих и суммарного сигнала связи на выходе квадратурного приемника от влажности грунта (при условии его равномерного намочения по всей длине трассы). Паразитная модуляция сигнала связи составляет 27%, тогда как модуляция этого сигнала, вызываемая движением нарушителя в чувствительной зоне, не превышает 7-10% от его среднего значения.

Из рис. 3 видно, что зависимости квадратурных составляющих от влажности при равномерном намочении грунта представляют собой квазипериодические функции со сдвигом около четверти периода. Такое поведение квадратур объясняется упомянутым выше непрерывно нарастающим сдвигом фазы зондирующего поля вдоль оси приемной линии при изменении влажности грунта.

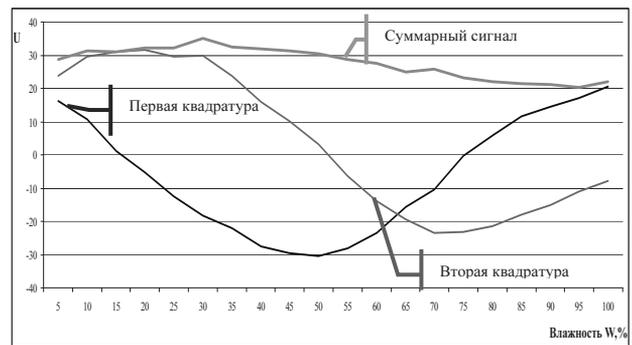


Рис. 3. Зависимость сигнала связи от влажности грунта

Рис. 1 наглядно демонстрирует, что распределение фазы поля передатчика практически линейно – при этом в (2) фазовый компонент $\phi_0(z, r, W)$ можно считать постоянным для конкретных значения влажности грунта W и расстояния между кабелями r и не зависящим от координаты z . Тогда множитель $e^{-j\phi_0(z, r, W)}$ может быть вынесен из под знака интеграла:

$$U_{\text{св}}(t) \approx e^{-j\phi_0(z, r, W)} \int_0^L E(z, r, W) e^{j\beta_n(W)z} \times e^{j(-\beta_{\text{лев}} z)} \times e^{-\alpha z} dz, \quad (3)$$

а выражение для сигнала связи примет вид:

$$U_{\text{св}}(t) \approx U_{\text{св}}(z, r, W) e^{-j\phi_0(z, r, W)} e^{-j(\omega_0 t + \varphi_0)}, \quad (4)$$

где φ_0 – начальная фаза, задаваемая передающим устройством, $U_{\text{св}}(z, r, W)$ – комплексная амплитуда сигнала связи.

Из (4) видно, что текущая фаза сигнала связи зависит от начальной фазы зондирующего колебания

и от фазового сдвига распределения электромагнитного поля, который в свою очередь зависит от конструктивных и электрических параметров трассы. В условиях фазовой неопределенности наиболее целесообразным является применение в высокочастотном тракте приемника квадратурной обработки. Умножение сигнала (4) в плечах квадратурного приемника на опорные сигналы, сдвинутые относительно друг друга на $\pi/2 - \sin(\omega_0 t + \varphi_0)$ и $\cos(\omega_0 t + \varphi_0)$ – приводит к появлению на выходах синхронных детекторов плеч двух квадратур, также сдвинутых друг относительно друга на $\pi/2$:

$$\begin{aligned} U_{\text{св,cos}}(t) &\approx U_{\text{св}}(z, r, W) \times \cos(\omega_0 t + \varphi_0 + \phi_0(r, w)), \\ U_{\text{св,sin}}(t) &\approx U_{\text{св}}(z, r, W) \times \sin(\omega_0 t + \varphi_0 + \phi_0(r, w)). \end{aligned} \quad (5)$$

Численный эксперимент показал, что при равномерном намокании грунта фазовый сдвиг, получаемый продольным распределением поля передатчика вдоль оси приемного ИК, меняется плавно в пределах, зависящих от расстояния между кабелями и глубины их укладки. Так при параметрах размещения ИК, соответствующих рис. 3 (расстояние между кабелями 1,5 м; глубина залегания 0,25 м) фазовый сдвиг распределения поля $\phi_0(z, r, W)$ при изменении влажности от 0% до 100% изменяется в пределах от $0,25\pi$ до $2,4\pi$ рад (см. рис. 4), что и приводит к почти полному периоду колебания обеих квадратур, имеющему место на рис. 3.

В силу природной неоднородности структуры грунта, намокание его отдельных участков происходит с различными скоростями. Вследствие чего закон распределения фазы еще больше отклоняется от линейного и становится квазислучайным. В ходе масштабных численных экспериментов было осуществлено моделирование сигнала связи при неравномерном намокании отдельных участков грунта. Прямолинейная трасса при этом делилась на два одинаковых по длине отрезка, для которых задавались различные (но не отличающиеся друг от друга более чем на 10%) значения влажности (см. рис. 5).

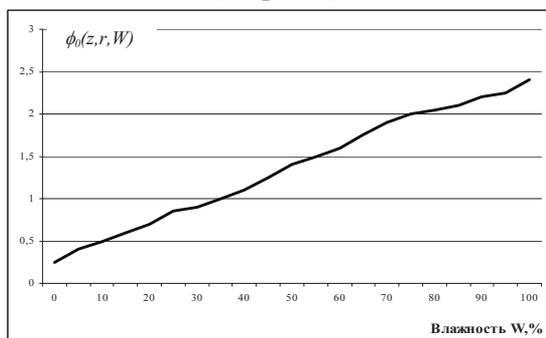


Рис. 4. Зависимость сдвига фазы зондирующего ЭМП от влажности грунта

Для каждого конкретного значения частоты, протяженности и конструктивных параметров размещения ИК на рубеже охраны наблюдалась уникальная зависимость сигнала связи от влажности грунта. При этом модуляция сигнала связи, имеющая место на одной зондирующей частоте, могла почти полностью отсутствовать на соседней при прочих равных условиях.



Рис. 5. Зависимость $U_{\text{св}}$ от влажности при неравномерном намокании грунта

Из теории известно, что от негативных влияний фазовых аномалий, проявляющихся на конкретных частотах, свободны системы с широкополосным, например, частотно модулированным зондирующим излучением. Анализ поведения сигнала связи двухкабельного СО ЛВВ с подземным размещением ИК при изменении влажности сред распространения был осуществлен путем проведения численного эксперимента. В [2] было показано, что сигнал связи как функция частоты представляет собой квазипериодическую зависимость, поэтому анализу подвергалось его среднее значение на интервале зондирующих частот в 20 МГц, на котором укладывается пять-шесть периодов «колебаний» $U_{\text{св}}$. На рис. 6 приведена характерная зависимость среднего значения сигнала связи $U_{\text{сред}}$ для частотно-модулированного зондирующего излучения (40-60 МГц) и $U_{\text{св}}$ для моночастотного режима. При этом имитировалось «равномерное» намокание грунта, когда значение влажности второго отрезка трассы всегда превышало значение влажности первого отрезка на 10%.

На рис. 7 приведены аналогичные зависимости для случая «неравномерного» намокания грунта, при котором разность влажностей отрезков контролируемого рубежа задавалась случайным образом, но не превышала 10% по абсолютному значению.

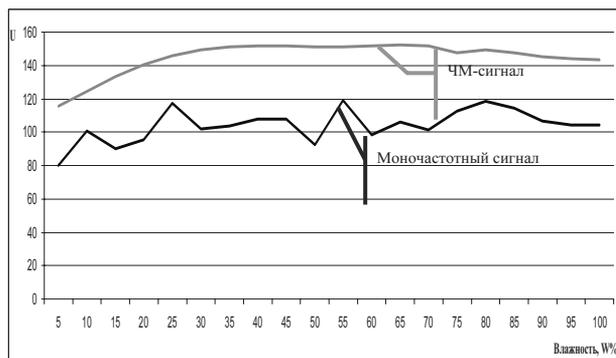


Рис. 6. Зависимости $U_{\text{сред}}$ ЧМ-сигнала и $U_{\text{св}}$ моночастотного сигнала от влажности при «равномерном» намокании грунта

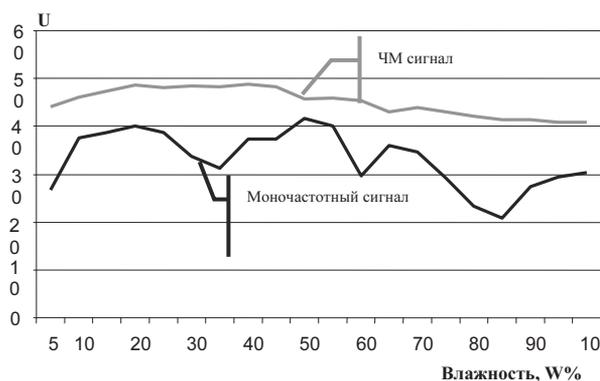


Рис. 7. Зависимости $U_{\text{сред}}$ ЧМ-сигнала и $U_{\text{св}}$ моночастотного сигнала от влажности при «неравномерном» намокании грунта

Как видно из графиков рис. 6-7, зависимости среднего напряжения $U_{\text{св}}$ от влажности при частотно-модулированном зондирующем излучении представляет собой достаточно гладкую кривую, не испытывающую резких скачков. Аналогичные

результаты были получены для различных вариантов конструктивного размещения излучающих кабелей на рубеже охраны. Проведенные натурные испытания СО ЛВВ не были масштабными, однако их результаты хорошо согласуются с результатами описанного в статье моделирования.

Можно утверждать, что использование зондирующего сигнала с частотной модуляцией позволит компенсировать паразитную зависимость сигнала связи от параметров грунта, повысить устойчивость средств обнаружения на основе линии вытекающей волны к неблагоприятным погодным воздействиям и активно применять СО ЛВВ с подземным размещением излучающих кабелей для охраны важных государственных объектов.

Литература

1. Бакланов В.В. Моделирование дифракционных явлений в двухкабельном средстве обнаружения на основе подземных линий вытекающей волны. Дисс. к.т.н. УГТУ-УПИ, Екатеринбург 1997. – 226 с.
2. Духан Е.И. Повышение эффективности средств обнаружения на основе линий вытекающей волны путем частотной модуляции зондирующего излучения. Дисс. к.т.н. УГТУ-УПИ, Екатеринбург, 2002. – 193 с.
3. Грунтоведение. Под ред. В.Т. Трофимова. М.: Изд. МГУ, 2005. – 1024 с.
4. Лобачев В.А., Рознов С.В. Влияние состояния грунта на сигнал от цели в средствах обнаружения на основе линии вытекающей волны // Специальные вопросы атомной науки и техники. Сер. ТСО. М.: ЦНИИАтомИнформ, Вып. 2, 1986. – С. 41-47.

УПРАВЛЕНИЕ И ПОДГОТОВКА КАДРОВ ДЛЯ ОТРАСЛИ ИНФОКОММУНИКАЦИЙ

УДК 004.94

МОДЕЛЬ ИНДИВИДУАЛИЗИРОВАННОЙ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ В ИНФОКОММУНИКАЦИОННОЙ СРЕДЕ ВУЗА

Козлов В.В., Пиявский С.А.

В статье рассматривается методика повышения качества образования путем индивидуализации рабочих графиков. Общий поток обучаемых дифференцируется по уровню своей начальной готовности на два потока. Рабочие графики для каждого из потоков формируются на основе оптимизационной модели по критерию максимальной начальной готовности потоков. Для оптимизационной модели предложена математическая постановка задачи линейного программирования.

Проблема индивидуализации обучения – одна из центральных в эволюции образовательной системы. Двумя ее крайними полюсами являются система гувернеров и классно-урочная система. Очевидно, что ни одна из крайних систем не оптимальна: кроме явно завышенной стоимости обучения, система гувернеров еще более важный недостаток – обучаемый не получает опыта группового общения и опыта социализации. Следо-