

# ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПРОВОДНОВОЛНОВЫХ ПЕРИМЕТРОВЫХ ИЗВЕЩАТЕЛЕЙ

**Е. Андрианов**  
зам. директора по научной работе НПЦ «Омега-микродизайн»  
**В.С. Гирич**  
курсант Воронежского института МВД РФ

*В настоящее время все большее распространение в комплексах технических средств обеспечения безопасности объектов получают проводноволновые извещатели.*



## ИСТОРИЧЕСКАЯ СПРАВКА

Проводноволновые извещатели имеют еще совсем «юный» возраст. Они были разработаны в России в недрах оборонного комплекса в период перестройки и нестабильности. Вначале они задумывались как недорогой коммерческий вариант, который будет помогать ВПК реально диверсифицировать производство и не загружать его кастрюлями, сковородками и другими, необходимыми в быту, предметами. Позднее они стали почти основной продукцией предприятия НПЦ «Омега-микродизайн», пустившегося в свободное плавание по штормившим в то непростое время морям вновь создаваемой экономики России.

## ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ

В основе проводноволнового извещателя лежит одно-, двух- или трехпроводная линия передачи, размещенная над проводящей поверхностью (землей, заграждением и т.п.). Линия передачи, проще говоря «фидер», доставляет электромагнитную энергию от передающего блока, вырабатывающего ВЧ-сигналы, к приемному. Электромагнитная энергия распространяется вдоль линии передачи, формируя вокруг нее электромагнитное поле. В идеале линия передачи ничего не излучает, поэтому данные извещатели можно считать псевдопассивными устройствами. Обнаружение объектов осуществляется по

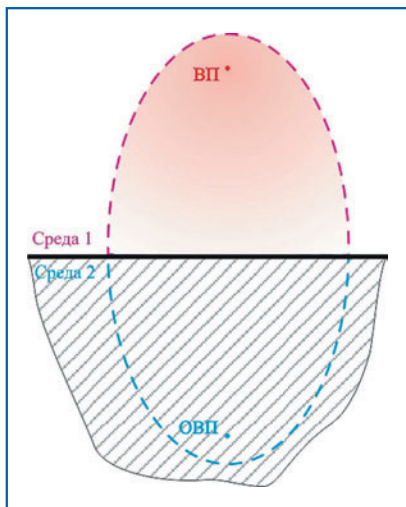


Рис. 1



Рис. 2

изменению волнового сопротивления при попадании данных объектов в поле линии передачи.

Для определения размеров и формы зоны обнаружения проводноволнового извещателя необходимо рассчитать параметры электромагнитного поля проводной линии, являющейся чувствительным элементом. При расчетах параметров электромагнитного поля проводная линия моделируется в виде одной (назовем ее «верхний провод» (ВП), рис. 1) или нескольких «нитей тока» над плоской границей раздела сред («среда 1» и «среда 2»). Первая среда – воздух, а вторая – земля, проводящее или непроводящее ограждение или другая поверхность (крыша, стена здания и т. п.). На практике задача определения параметров поля часто усложняется. Например, при размещении «нити тока» почти на равных расстояниях от земли и ограждения (блокирование приземных участков вдоль ограждения) появляются две перпендикулярные друг другу «вторых» среды. При появлении на ограждении металлических козырьков (колючая проволока, лента и т. п.) добавляется третья «вторая» среда, и так добавлять можно почти до бесконечности... Кроме того, на ограждениях часто присутствуют различные кабели, линии и фонари освещения, рядом могут находиться деревья, столбы и многое другое. Поэтому, как правило, рассчитывается только упрощенный вариант (линия над проводящей плоскостью), а остальные варианты «домысливаются» по аналогии.

Для формулирования граничных условий обычно выбираются два крайних свойства «второй» среды: 1) большая проводимость и 2) большая проницаемость. На самом деле имеются варианты, не попадающие в данный отрезок. Например, ограждения и предметы, имеющие в конструкции железосодержащие материалы. Данные материалы обладают большой индуктивностью, и проводниками ВЧ-сигналов их назвать довольно труд-

но, но и проницаемость их остается под большим вопросом. Ввиду большого количества различных вариантов и невозможности уместить обзор в рамки данной статьи, ограничимся кратким рассмотрением только двух случаев.

Рассмотрим практический случай (рис. 2), когда верхний провод (ВП) располагается над поверхностью земли, а нижний провод (НП) немного заглублен в землю. Нас интересует поле только в среде 1 (над землей).

На рисунке 1 графически показано сечение поля для случая, когда «вторая» среда обладает большой проводимостью. Пунктиром ограничена существенная часть поля. Ввиду большой проводимости «второй» среды, электромагнитное поле в среду 2 не проникает, а в среде 1 отраженное поле подобно падающему. Нижний провод в данном случае никакой роли не играет, поэтому на рисунке не изображен. Обратные токи «текут» по проводящей поверхности раздела сред. Идеально проводящую плоскость раздела сред можно заменить зеркальным изображением («образ верхнего провода» (ОВП)) истинного источника ВП. В данном случае на поверхности раздела тангенциальная составляющая напряженности магнитного поля и нормальная составляющая напряженности электрического поля удваиваются, а тангенциальная составляющая напряженности электрического поля обращается в нуль.

Необходимо учитывать, что при удалении верхнего провода от нижнего провода или от проводящей поверхности поле может концентрироваться вокруг верхнего провода (поле «нити тока» в свободном пространстве). Практически это означает отрыв поля от проводящей поверхности и перерождение двухпроводной линии в однопроводную (линию Губо). Сечение поля при этом обращается в круг с центром, совпадающим с верхним проводом. Отрыв поля зависит от соотношения длины волны и расстояния от

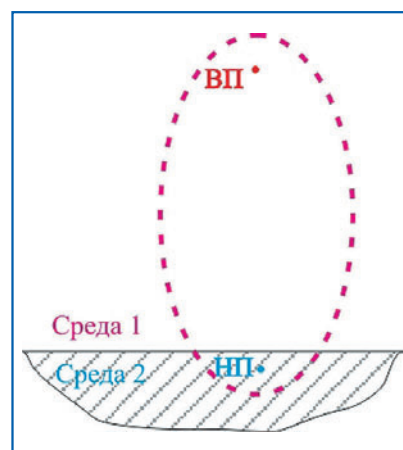


Рис. 3

верхнего провода до нижнего или до проводящей поверхности.

Сечение поля двухпроводной линии в среде 1 при большой проницаемости среды 2 мало отличается от сечения поля в свободном пространстве (рис. 3). На практике такое возможно только при достаточно большом удалении двухпроводной линии от среды 2, не обладающей идеальной проницаемостью и «нулевой» проводимостью. Например, в случае, когда проводной чувствительный элемент извещателя в виде «козырька» размещен на высоком диэлектрическом ограждении. В действительности двухпроводная линия находится над поверхностью земли, около металлосодежащих ограждений, проводов, кабелей и др. (рис. 4), обладающих электропроводностью. Поэтому в реальных условиях при формировании электромагнитного поля возникают явления, необъяснимые теорией единичной симметричной линии. Приходится распространять теорию на случай несимметричной линии, находящейся над землей, вблизи ограждений или кабелей. К тому же, перпендикулярно проводам чувствительного элемента нередко обнаруживаются металлические столбы или элементы арматуры, скрытые в кирпичном





Рис. 4

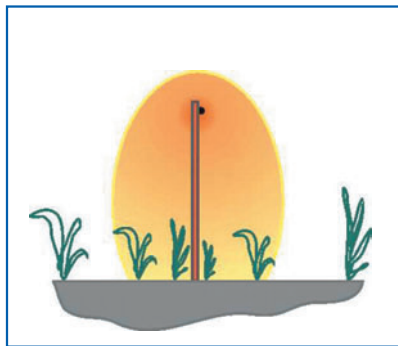


Рис. 7

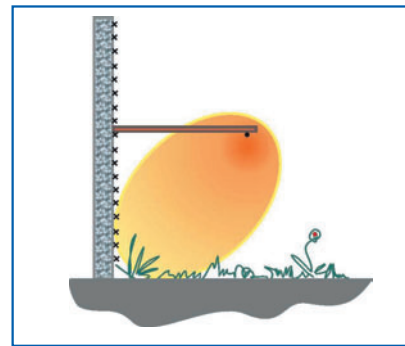


Рис. 8

или бетонном заграждении. Задача определения картины электромагнитного поля в реальных условиях не является слишком простой, и нагружать инсталлятора теоретическими расчетами и изысканиями вряд ли приемлемо. Поэтому ограничимся краткими замечаниями, которые необходимо учесть при инсталляции проводноволновых извещателей.

#### ТЕХНИКА ПРОВОДНОВОЛНОВЫХ ИЗВЕЩАТЕЛЕЙ

Проводноволновые извещатели – это передающий и приемный блоки (рис. 5), установленные на противоположных концах охраняемого участка (проводной линии передачи), и вытянутое в направлении от передающего блока к приемному объемное электромагнитное поле, играющее роль чувствительной зоны. Данные извещатели применяются для блокирования пересеченных и извилистых рубежей, например, даже заснеженных, что позволяет значительно снизить требования к высоте снежного покрова.

Как и многие другие двухпозиционные извещатели, проводноволновые

средства обнаружения обладают высокой устойчивостью к воздействию метеофакторов (тумана, осадков, температуры, давления и т. п.), а современные методы обработки сигналов позволяют им значительно уменьшить влияние мелких животных и птиц, адаптироваться к факторам, искажающим чувствительную зону (заграждениям, стволам деревьев и т. п.).

Проводноволновые извещатели работают в УКВ-диапазоне и предназначены для контроля участков рубежей любой сложности. Основа извещателя – проводная направляющая система (рис. 6), которая может монтироваться как вдоль поверхности земли, так и в верхней части заграждений, на стенах зданий, крышах и других сооружениях. В основном данные извещатели строятся на основе двухпроводной линии передачи. К одному концу линии подключается передающий блок, который формирует радио- или видеоимпульсы и передает их в приемный блок, подключенный к другому концу. Электромагнитное поле (чувствительная зона) формируется вдоль двухпроводной линии. В приемном блоке сигналы детектируются, и, после соответствующей обработки и анализа, принимается решение о формировании тревожного сигнала.

Объемная чувствительная зона формируется вдоль двух параллельных проводов (двухпроводной линии), в сечении имеет форму овала, фокусы которого совпадают с проекциями проводов на плоскость сечения. Двухпроводная линия закрепляется на диэлектрических консолях или стойках и повторяет повороты и перепады по высоте пересеченной местности, сопрягая чувствительную зону с неровностями рубежа охраны. Земля, другие проводящие поверхности и протяженные предметы изменяют сечение чувствительной зоны, отсекая или «притягивая» нижний фокус овала.

Чувствительная зона (рис. 7-11) может формироваться вдоль поверхности земли или вдоль различных сооружений (вдоль крыш или стен зданий), вдоль плоскости или в верхней части заграждений в виде «козырька» с любым углом наклона, вдоль спиральной колючей ленты (АКЛ) или проволоки.

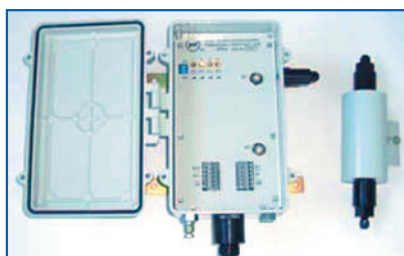


Рис. 5

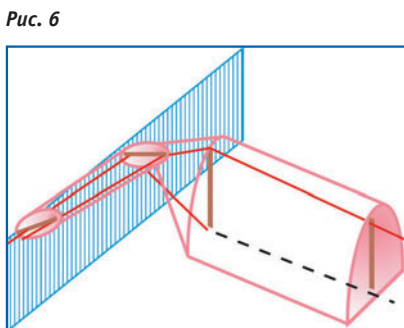


Рис. 6

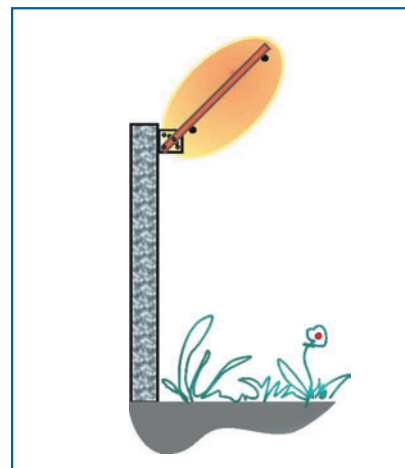


Рис. 9

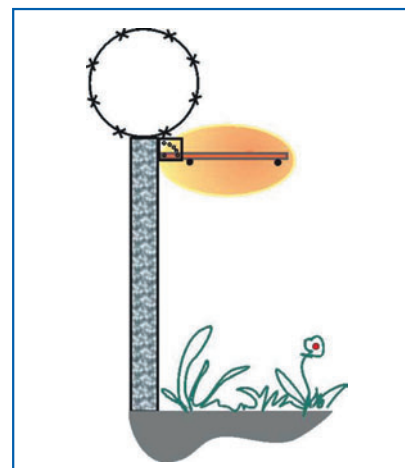
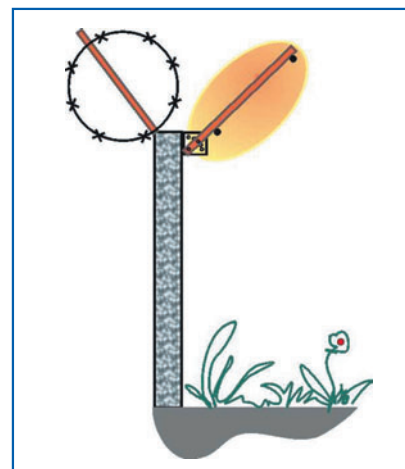


Рис. 10

Рис. 11



Близко расположенные ферросодержащие и проводящие поверхности, протяженные или соизмеримые с расстоянием между проводами предметы значительно искажают чувствительную зону. Извещатель не в состоянии перемагнитить их слабым полем. Геометрические размеры чувствительной зоны становятся неустойчивыми, они сильно изменяются под влиянием различных факторов. Это приводит к изменению амплитуды и фазы ВЧ-сигналов на входе приемного блока и к значительному снижению периода ложных тревог.

Для правильного формирования чувствительной зоны необходимо, чтобы расстояние между верхним и нижним проводами двухпроводной линии было меньше расстояния от верхнего провода до любых электропроводных предметов.

Верхним проводом считается провод двухпроводной линии, к которому подключены выход и вход ВЧ-устройств извещателя. К нижнему проводу подключаются «общие» контакты блоков извещателя.

Практически, вокруг верхнего провода нужно мысленно построить цилиндр с сечением в виде круга радиусом, немного большим расстояния между проводами двухпроводной линии (рис. 12). В пределах круга не должно быть никаких посторонних предметов.

При соблюдении этого правила будет правильно сформирована чувствительная зона и не придется ломать голову над тем, куда делась чувствительная зона и почему много ложных срабатываний.

Провода двухпроводной линии повторяют геометрию заграждения или местности. Поэтому может образовываться достаточно много изломов с различными углами. На углах линии возникают потери на излучение, что не замедляет сказываться на максимальной длине контролируемого участка. Чем острее углы, тем больше потери. Для удобства оценки достаточно считать только углы меньше 120 и «укорачивать» максимальную длину участка по ~ 3 м на каждый излом. На углах меньших 90°, потери примерно такие же, но возможно, что чувствительная зона не «до-

Рис. 12

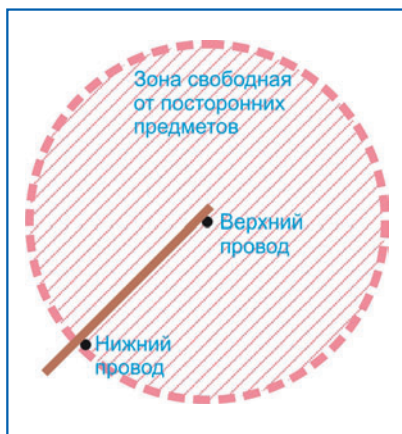


Рис. 13

берется» до вершины угла, а «срежет» угол по пути наименьшего сопротивления, в зависимости от емкости отрезков провода, образующих излом. Углы от 180 до 120 вообще можно не учитывать.

Достаточно подробная информация приводится в руководствах и инструкциях по монтажу и эксплуатации, зачастую там приводятся рисунки и графики, помогающие правильно сформировать чувствительную зону.

Выбор извещателей определяется не только соображениями безопасности, но и эстетическими требованиями (рис. 13). Провода двухпроводной линии могут быть заметны на заграждениях или других сооружениях. Некоторые installеры предпочитают скрытную установку и используют радиоволновые извещатели, а другие, наоборот, предпочитают просто «отпугивать» потенциальных нарушителей, обозначая охраняемую зону,



Рис. 14

Рис. 15





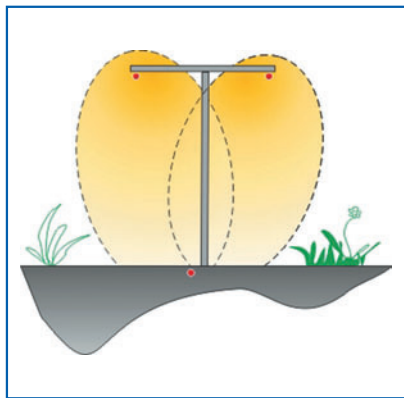


Рис. 16

например, с помощью козырькового варианта проводноволнового извещателя (рис. 14). Высоквалифицированный инсталлятор использует все преимущества извещателей на 100%, обеспечив при этом самый надежный контроль рубежа.

Относительно недавно появились двухфланговые извещатели (рис. 15). Двухфланговыми они стали исключительно ради удобства применения и уменьшения количества соединительных коробок. Они также обеспечили упрощение монтажа, расширение функциональных возможностей данных извещателей и послужили основой для

создания трехпроводных извещателей. Дополнительными функциональными возможностями могут являться различные варианты установки проводов чувствительных элементов левого и правого флангов, в том числе параллельная. На некоторых объектах требуется определение направления движения нарушителя («к нам», «от нас»), а также предъявляются очень жесткие требования по обнаружению, наработке на ложное срабатывание к устанавливаемому сигнализационному оборудованию. Двухфланговые извещатели могут решать подобные задачи, направление пересечения рубежа при этом определяется по временной последовательности формирования сигналов флангов. При параллельном сближении проводов фланговых чувствительных элементов линии передачи вырождаются в многопроводную линию и разделение сигналов становится проблематичным.

Предпринималась попытка создания проводноволнового извещателя с возможностью определения направления движения нарушителя, но предотвратить перерождения линии и добиться стабильной работы на всей длине протяженного участка не удалось. И только совсем недавно появился изве-

щатель, в котором реализован новый метод формирования двух практически независимых зон обнаружения (рис. 16), связанных друг с другом только на уровне алгоритма обработки сигналов. Это позволило решить задачу вырождения линии, использовать общий нижний провод, сблизить верхние провода параллельных чувствительных элементов на необходимое расстояние и применять данный извещатель для охраны любых объектов, на любой местности – как пересеченной, так и ровной.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящее время ученые и инженеры ведут непрерывные исследовательские и опытно-конструкторские работы по дальнейшему развитию и совершенствованию проводноволновых извещателей. Снижение энергозависимости, влияние радио- и биологических помех, упрощение монтажа и обслуживания – вот неполный перечень необходимых усовершенствований.

*Рекомендации по монтажу и настройке проводноволновых извещателей можно получить на сайте [www.tso-perimetr.ru](http://www.tso-perimetr.ru).*