

Д.А. Черемухин

(г. Владивосток, Дальневосточный Федеральный университет)

ПРИМЕНЕНИЕ ВСЕНАПРАВЛЕННОЙ МАГНИТНОЙ АНТЕННЫ В ПОДВОДНОЙ СВЯЗИ

**APPLICATION OF THE OVERDIRECTIONAL MAGNETIC ANTENNA
IN UNDERWATER COMMUNICATIONS**

Рассматривается перспективность применения всенаправленных магнитоиндукционных антенн для построения подводных каналов связи, а также принцип работы и построение разных видов данных устройств.

This article discusses the prospects of using omnidirectional magnetic induction antennas for the construction of underwater communication channels, as well as the principle of operation and construction of various types of these devices.

Ключевые слова: резонанс, пространство, метаматериал, излучение, диполь, ортогонально, магнитная индукция (МИ), скорость передачи, информация, подводная связь, канал связи, диаграмма направленности, магнитное поле.

Keywords: resonance, space, metamaterial, radiation, dipole, orthogonal, magnetic induction (MI), transmission rate, information, underwater communication, communication channel, directional pattern, magnetic field.

На прошлой конференции была опубликована статья под названием «Осуществление подводной связи через магнитную индукцию» в которой были отражены расчеты различных потерь при прохождении сигнала под водой, и их графические зависимости от параметров сигнала. В последствии было решено реализовать передающее устройство именно со всенаправленной антенной, преимущества которых заключаются в получении всесторонней диаграммы направленности. Также, они малочувствительны к электрическим помехам (например, к шумам от промышленного производства).

Магнитная индукция (МИ) является перспективным методом передачи информации в системах связи ближнего поля- беспроводном физическом уровне ближнего радиуса действия, который обменивается данными, транслируя магнитное поле между устройствами.

Используя МИ, открываются различные возможности, а конкретно: передача данных в режиме реального времени между несколькими подводными датчиками; голосовая и текстовая связь между дайверами на мелкой воде; контроль подводного оборудования с надводных судов; разработка локальных сетей из МИ датчиков для применения в областях от нефтяной промышленности до аквакультуры, проведение мониторинга загрязнения, учета климата, прогнозирования стихийных бедствий, что благоприятно отразится на прибыли разного спектра компаний. Также

возможна телеметрия и дистанционное управление с подводного или наземного оборудования, так как граница вода-воздух пересечена магнитной составляющей электромагнитного сигнала с относительно низким затуханием (поскольку коэффициент ослабления магнитных полей не отличается от коэффициента ослабления в воздухе из-за одинаковой магнитной проницаемости обеих сред).

Магнитные антенны (рис. 1), которые реагируют на магнитную составляющую радиоволн, состоят из: ферромагнитного сердечника, обладающего высокой магнитной проницаемостью и катушки индуктивности.



Рис. 1. Магнитная антенна

Магнитное поле радиоволны пронизывает плоскость такой антенны и индуцирует в ней электрические колебания радиочастоты, которые в приемнике могут быть усилены, продетектированы, а затем преобразованы в звук.

Рассмотрим направленные свойства данных антенн. Величина ЭДС, наведенной в антенне магнитным полем, зависит от ее положения в пространстве и максимума, когда плоскость витков направлена в сторону радиостанции. Если рамку поворачивать вокруг вертикальной оси, то за один полный оборот амплитуда наведенной в ней ЭДС дважды будет достигать наибольшего значения и дважды убывать почти до нуля (ДН «восьмерка») (рис. 2).



Рис. 2. Диаграмма направленности антенны

Поместив внутрь рамочной антенны сердечник (феррит), ЭДС, возникающая в ней под действием магнитного поля, резко увеличивается (так как он концентрирует силовые линии поля, благодаря чему рамка пронизывается магнитным потоком большей плотности. Величина, показывающая, во сколько раз магнитное поле в сердечнике превышает значение внешнего поля, называют магнитной проницаемостью сердечника. Она выше, следовательно, лучше приемные свойства магнитной антенны.

Теперь рассмотрим варианты построения всенаправленной магнитной антенны и принцип ее работы. Она состоит из двух катушек индуктивности, выполненных на двух ферромагнитных сердечниках, расположенных под углом 90° относительно друг друга (рис. 3). Причем катушки индуктивности электрически подключены синфазно, а к их концам параллельно подключен дополнительно введенный конденсатор.

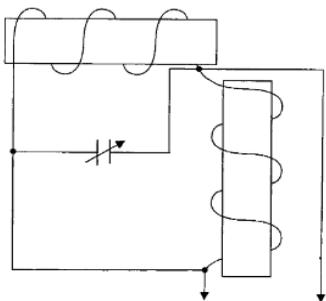


Рис. 3. Схематичное изображение

Технический результат применения данного устройства заключается в получении всесторонней диаграммы направленности. Антенна может быть использована в полевых условиях в носимом приемнике и так далее для приема радиосигналов.

Технические результаты:

1) Исключение возможности взаимной компенсации ЭДС, наводимой в них, и обеспечение приема при любом угле поворота приемных антенн относительно вектора магнитного поля путем ортогонального расположения антенн.

2) Повышение эффективной действующей высоты антенны, так как параллельное соединение обмоток снижает общую индуктивность, позволяя добавить витки на каждый из стержней.

За счет неравенства и несинфазности магнитных потоков, возбуждаемых в каждом сердечнике 1, результирующее напряжение на выводах параллельно соединенных обмоток катушек индуктивности 2 сердечников будет составлять векторную сумму напряжений, наводимых магнитными потоками в каждой из обмоток.

Это напряжение практически не зависит от направленности прихода электромагнитной волны (в плоскости магнитного вектора или в пределах полной сферы), что исключает необходимость использования двух усилителей, фазовращателя и сумматора. Настроенный на резонанс антенный контур системы позволяет устранить шунтирование одной катушки другой [1].

При воздействии на антенну магнитного поля сигнала независимо от его угла прихода в катушках индуктивности магнитной антенны наводится ЭДС, которая складывается непосредственно на концах соединенных параллельно

катушек, и суммарный сигнал подается на высокоомный вход РПУ. Параллельное включение двух катушек индуктивности снижает суммарную индуктивность вдвое. Для восстановления значения индуктивности необходимо на каждой из катушек увеличить количество витков в 1,41 раза.

Также следует рассмотреть вариант построения антенны на основе метаматериалов.

Техника преобразования электромагнетизма, инновационный подход к разработке новых электромагнитных устройств, которая может найти здесь свою полезность, потому станет возможным связать пространство, время и материал.

Ниже приведен схематический принцип преобразования координат (рис. 4), используемый для достижения квази-совершенного изотропного излучения.

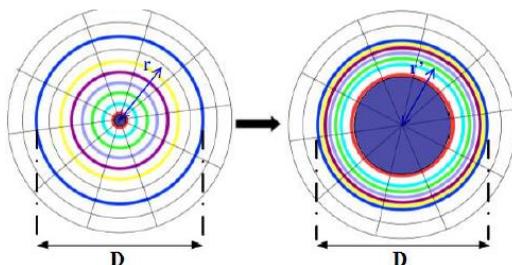


Рис. 4. Схематический принцип преобразования координат в метаматериале

Метаматериалы Electric-LC (ELC) используются для создания радиальных и угловых градиентов диэлектрической проницаемости, чтобы преобразовать двунаправленное излучение во всенаправленное излучение.

Синий круг вокруг источника излучения - ограничивает зону излучения. Преобразование координат «пространственное растяжение» состоит в экспоненциальном растяжении центральной красной круговой области.

За процедурой растяжения следует сжатие. Кольцевая область между красными и синими кругами - обеспечит хорошее согласование импеданса со свободным пространством, где D-диаметр трансформируемого пространства.

Изотропное излучение получается, поскольку размер излучателя очень мал по сравнению с рабочей длиной волны. Таким образом, независимо от типа используемого излучающего элемента, определяется преобразование, экспоненциально растягивающее область, в которой расположен элемент. Длина волны в этом случае будет намного больше в непосредственной близости от излучающего элемента.

Список литературы

1. Domingo C., «Magnetic Induction for Underwater Wireless Communication Networks», IEEE transactions on antennas and propagation, vol. 60, no. 6, june 2012.

Материал поступил в редколлегию 26.09.20.