

УДК 629.381

А.И. Тимочко¹, Д.В. Чуйков²¹ Харьковський університет Воздушних Сил імені Івана Кожедуба, Харків² Метрологічний центр воєнних еталонів, Харків

ИЗМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ ПЕРСПЕКТИВНОГО КОРВЕТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА ИНТЕРФЕРЕНЦИИ

Обосновано, что решение проблемы защиты перспективного корвета от противокорабельных мин и торпед заключается в уменьшении уровня его физических полей. Проводится анализ влияния электромагнитного поля корабля на общий уровень его защиты. Определены особенности уменьшения электромагнитного поля корабля. Предложен метод защиты перспективного корвета, основанный на использовании метода интерференции электромагнитных волн.

Ключевые слова: корвет, электромагнитное поле, интерференция, защита корабля.

Введение

Постановка проблемы и анализ литературы.

Современное состояние вооружения Военно-Морских Сил в государстве свидетельствует о необходимости обновления надводной составляющей, в том числе создании новых образцов кораблей с учетом особенностей развития военной науки и научно-технического прогресса. Таким образом, разработка и создание перспективного корвета является приоритетным направлением в программе развития вооружения и военной техники на ближайшую перспективу [1].

Одной из особенностей современных кораблей есть возможность автономно выполнять ряд задач: от нанесения огневого удара до обеспечения защиты от средств поражения (нападения) противника.

Одной из функций обеспечения защиты от средств поражения противника есть защита от противокорабельных мин, торпед и ракет (морского оружия), которые, как правило, работают на «физических» принципах, т.е. используют физические поля корабля [2 – 4]. Поэтому обеспечение необходимого уровня физических полей перспективного корвета с целью повышения уровня защищенности является актуальной задачей.

Цель статьи: обоснование возможности применения метода интерференции электромагнитных волн для защиты перспективного корвета от морского оружия.

Основная часть

Физическим полем корабля называют область воздушной или водной среды, в пределах которой происходят изменения характеристик состояния этой среды, вызванные кораблем.

Физические поля корабля широко используют в неконтактных системах морского оружия. В на-

стоящее время выявлено более 30 физических полей корабля, однако степень их использования неодинакова.

Наиболее широкое применение нашли следующие физические поля: акустическое, магнитное, электромагнитное, электрическое, гидродинамическое, тепловое. Эти поля используются для поиска и обнаружения кораблей, наведения на них боевых средств (мин, торпед, ракет), а также в системах их неконтактных взрывателей [3, 4].

Наибольшее распространение получили электрическое и магнитные поля и вызванное их действием электромагнитное поле.

Электромагнитным полем корабля называется поле переменных по времени электрических и магнитных токов, создаваемых кораблем в окружающем пространстве.

Основными источниками электромагнитного поля корабля являются: переменные гальванические токи в цепи «гребной винт – корпус», вибрация ферромагнитных масс корпусе в магнитном поле Земли, работа корабельного электрооборудования. Электромагнитное поле имеет четко выраженный максимум в районе гребных винтов, а на расстоянии в несколько десятков метров от корпуса практически затухает (рис. 1).

Электромагнитная защита корабля возможна за счет выбора немагнитного материала для гребных винтов: применения для них неэлектропроводных покрытий, применения на валопроводе контактно-щёточных устройств, шунтирующих переменное сопротивление масляного зазора в подшипниках; поддержания сопротивления изоляции вала от корпуса в пределах установленных норм. На кораблях с немагнитными и маломангнитными корпусами основное внимание уделяется вопросам снижения электромагнитного поля элементов электрооборудования.

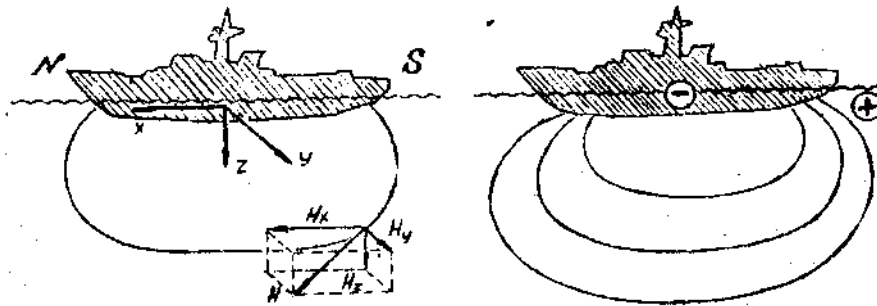


Рис. 1. Физические поля корабля:
а – магнитное поле корабля; б – электрическое поле корабля

В данной статье предлагается способ уменьшения электромагнитного поля корабля за счет использования метода интерференции.

Явление перераспределения в пространстве интенсивности электромагнитного поля, представляющего собой сумму двух монохроматических волн одной частоты, в зависимости от их разности фаз называется интерференцией [5].

Одним из условий наблюдения интерференции является пересечение двух монохроматических электромагнитных полей. Отметим, что после выхода из области пересечения двух электромагнитных волн параметры каждой из пересекающихся волн остаются такими же, как были до входа в область пересечения при условии, что в ней не производится процедура наблюдения интерференции. Если производится наблюдение интерференции, то исходные электромагнитные волны в общем случае искажаются или разрушаются.

Таким образом, проявление интерференции электромагнитных волн позволяет в определенном пространстве в районе корабля уменьшить или увеличить электромагнитное поле. Значит, явление интерференции позволяет повысить защищенность корабля от действия морского оружия. Поясним это утверждение следующим.

Зоной реагирования мины называется объем водного пространства, находясь в котором корабль вызывает срабатывание взрывателя (отделителя) мины (рис. 2) [4].

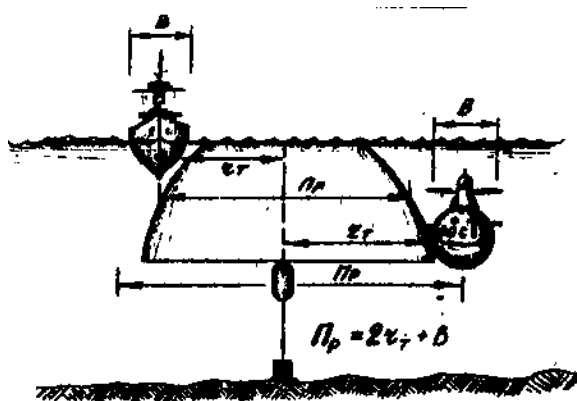


Рис. 2. Зона реагирования неконтактной мины

Ширину зоны реагирования с учетом ширины корабля В называют полосой реагирования (P_p).

$$P_p = 2r_T + B,$$

где r_T – траверзный радиус реагирования неконтактного взрывателя.

У обычных мин полоса реагирования измеряется десятками метров, у широкополосных мин – сотнями. К широкополосным минам относятся самонаводящиеся мины (торпеды и мины) – ракеты.

Таким образом, уменьшение электромагнитного поля позволяет защитить корабль от срабатывания неконтактных датчиков подрыва морского оружия.

Увеличение электромагнитного поля корабля позволяет добиться срабатывания неконтактных датчиков подрыва морского оружия на безопасном для корабля расстоянии.

Рассмотрим две монохроматические электромагнитные волны одной частоты с одинаковым направлением колебаний векторов напряженности электрического поля каждой, соответственно равных $\vec{E}_1(\vec{r}, t)$ и $\vec{E}_2(\vec{r}, t)$. Ввиду одинаковой поляризации колебаний обеих волн при их совместном рассмотрении можно выбрать такую систему координат, в которой одна из координатных осей ориентирована вдоль векторов напряженности электрических полей. Тогда можно упростить описание электрического поля исследуемых электромагнитных волн, поскольку оно представляется в выбранной системе координат только одной своей компонентой (рис. 3).

Поэтому в дальнейшем можно опустить символ вектора для компонент полей волн и использовать для них скалярное обозначение [5]:

$$E_1(\vec{r}, t) = A_1(\vec{r}) \cos[\omega t - \varphi_1(\vec{r})];$$

$$E_2(\vec{r}, t) = A_2(\vec{r}) \cos[\omega t - \varphi_2(\vec{r})],$$

где $A_1(\vec{r})$, $A_2(\vec{r})$ – амплитуды колебаний; $\varphi_1(\vec{r})$, $\varphi_2(\vec{r})$ – фазы колебаний волн, в общем случае зависящие от координат точек наблюдения, задаваемых радиус вектором \vec{r} .

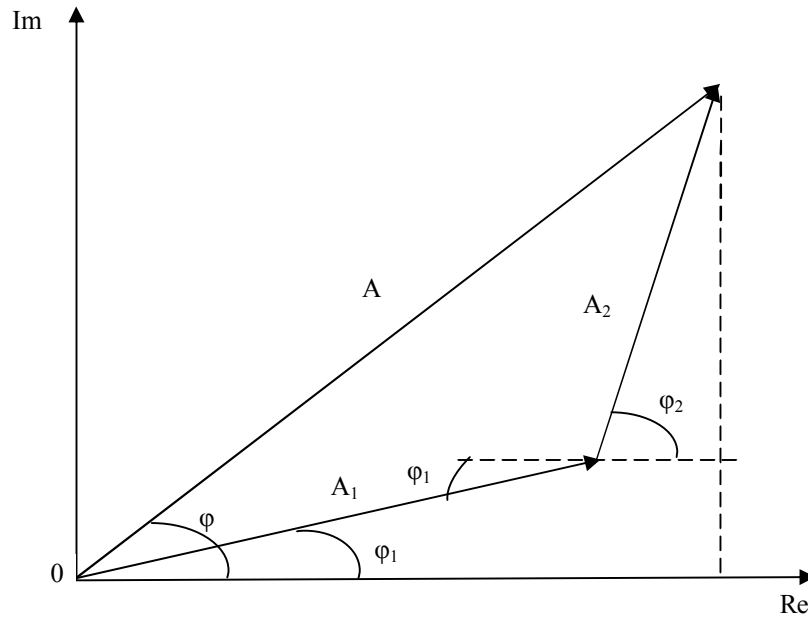


Рис. 3. Вектора напряженности полей

Представим колебания этих волн с помощью комплексных амплитуд (рис. 3):

$$E_1(\vec{r}, t) = A_1(\vec{r}) \exp[i\varphi_1(\vec{r}) - i\omega t];$$

$$E_2(\vec{r}, t) = A_2(\vec{r}) \exp[i\varphi_2(\vec{r}) - i\omega t].$$

Пусть в некоторую точку пространства приходят обе волны. Тогда, согласно принципу суперпозиции электромагнитных колебаний, в этой точке будет сумма колебаний с комплексной амплитудой (рис. 3) $E(\vec{r}, t)$, равной сумме комплексных амплитуд $E_1(\vec{r}, t)$ и $E_2(\vec{r}, t)$:

$$E(\vec{r}, t) = A(\vec{r}) \exp[i\varphi(\vec{r})],$$

где $A(\vec{r})$ – амплитуда суммарного колебания в точке наблюдения, равная

$$A(\vec{r}) = \sqrt{A_1^2 + A_2^2 + 2A_1A_2 \cos[\delta\varphi(\vec{r})]}, \quad (1)$$

где $\delta\varphi(\vec{r}) = \varphi_1 - \varphi_2$ – разность фаз колебаний первой и второй волн; $\varphi(\vec{r})$ – фаза колебаний суммы волн, определяемая следующим выражением:

$$\varphi(\vec{r}) = \arctg\left(\frac{A_1 \sin \varphi_1 + A_2 \sin \varphi_2}{A_1 \cos \varphi_1 + A_2 \cos \varphi_2}\right).$$

Из выражения (1) следует, что амплитуда суммы волн определяется разностью фаз $\delta\varphi(\vec{r})$ колебаний каждой из складываемых волн. Для монохроматических волн она является только функцией координат и не зависит от времени. По этой причине амплитуда суммарного колебания двух монохроматических волн будет, в соответствии с выражением (1), зависеть от координат точки наблюдения и отличаться от суммы амплитуд колебаний первой и второй волн, наблюдаемых по отдельности друг от

друга. Отличия обусловлены разностью фаз $\delta\varphi(\vec{r})$ складываемых колебаний – они минимальны при $\delta\varphi(\vec{r}) = 0$ и максимальны при $\delta\varphi(\vec{r}) = \pi$.

В случае $\delta\varphi(\vec{r}) = 0$ говорят о сложении колебаний в фазе или синфазном сложении, для которого из (1) следует, что амплитуда суммарных колебаний равна сумме амплитуд каждого из колебаний:

$$A(\vec{r}) = A_1(\vec{r}) + A_2(\vec{r}).$$

В случае $\delta\varphi(\vec{r}) = \pi$ говорят о сложении колебаний с противоположными фазами или противофазном сложении, для которого из (1) следует, что амплитуда суммарных колебаний равна модулю разности амплитуд каждого из колебаний:

$$A(\vec{r}) = |A_1(\vec{r}) - A_2(\vec{r})|.$$

Таким образом, в зависимости от разности фаз колебаний двух волн в той или иной точке наблюдения амплитуда суммарного их колебания может изменяться между своим максимально возможным значением, равным сумме амплитуд колебаний волн, и минимальным, равным модулю их разности.

Квадрат амплитуды напряженности электрического поля пропорционален интенсивности $I(\vec{r})$ электромагнитного поля [5]. С учётом этого из выражения (1) следует соотношение для интенсивности суммы колебаний электромагнитных волн:

$$I(\vec{r}) = I_1(\vec{r}) + I_2(\vec{r}) + 2\sqrt{I_1(\vec{r})I_2(\vec{r})} \cos[\delta\varphi(\vec{r})], \quad (2)$$

где $I_1(\vec{r})$, $I_2(\vec{r})$ – интенсивности первой и второй волны по отдельности; $I(\vec{r})$ – интенсивность суммарного колебания двух волн.

В тех точках пространства, где осуществляется синфазное сложение колебаний двух волн, интенсивность их суммарных колебаний больше суммы интенсивности колебаний каждой из волн, поскольку при $\delta\varphi(\vec{r}) = 0$ из (2) следует, что:

$$I(\vec{r}) = I_1(\vec{r}) + I_2(\vec{r}) + 2\sqrt{I_1(\vec{r})I_2(\vec{r})} > I_1(\vec{r}) + I_2(\vec{r}).$$

В частности, при равной интенсивности двух электромагнитных колебаний, т.е. $I_1(\vec{r}) = I_2(\vec{r})$, суммарная интенсивность колебаний в соответствии с этой формулой в четыре раза выше интенсивности каждой из волн.

В тех точках пространства, где осуществляется противофазное сложение колебаний двух волн, интенсивность суммарных колебаний меньше суммы интенсивности колебаний каждой из волн, поскольку при $\delta\varphi(\vec{r}) = \pi$ из (2) следует, что:

$$I(\vec{r}) = I_1(\vec{r}) + I_2(\vec{r}) - 2\sqrt{I_1(\vec{r})I_2(\vec{r})} < I_1(\vec{r}) + I_2(\vec{r}).$$

В частности при равной интенсивности двух электромагнитных колебаний, т.е. $I_1(\vec{r}) = I_2(\vec{r})$, суммарная интенсивность колебаний в соответствии с этой формулой равна нулю.

Отсюда следует, что при сложении колебаний двух электромагнитных волн в зависимости от их разности фаз в точке наблюдения будет перераспределение интенсивности суммарного электромагнитного поля между максимальным и минимальным значениями. Это свойство может использоваться для организации защиты перспективного корвета от морского оружия.

Выводы

Анализ явления интерференции электромагнитных волн показал, что оно позволяет решить задачу защиты перспективного корвета от морского оружия, основанного на физических полях.

С этой целью предлагается дополнительно оборудовать корвет генератором электромагнитных полей с возможностью изменения фазы. Таким образом, можно, в зависимости от предназначения в данной боевой обстановке, генерировать электромагнитное поле необходимой фазы с целью уменьшения результирующего электромагнитного поля корвета (для обеспечения защиты) или его увеличения с целью уничтожения мин или ракет (торпед) на безопасном для корвета расстоянии.

Генерация электромагнитного поля хорошо изучена [5]. Поэтому требуется проведение исследований для определения тактико-технических характеристик генераторов для обеспечения необходимых диапазонов изменения электромагнитных полей в зависимости от типа и предназначения корвета. Эти вопросы будут рассмотрены в следующих публикациях.

Список литературы

1. Біла книга 2012. Оборонна політика України. – К.: Міністерство оборони України, 2012. – 120 с.
2. Майборода В.Г. Досвід ведення мінної війни на морі у локальних конфліктах другої половини ХХ сторіччя / В.Г. Майборода, В.А. Почужевський // 36. наук. праць Севастопольського ВМІ ім. Нахімова. – 2006. – № 1. – С. 9-18.
3. Мосалев В. Морские мины ВМС зарубежных стран / В. Мосалев // Морской сборник. – 2004. – № 10. – С. 65-72.
4. Скрытность и защита кораблей по физическим полям / И.Г. Захаров, В.В. Емельянов, В.П. Щеголихин, В.В. Чумаков. – М.: Техника, 2008. – 58 с.
5. Литвинов О.С. Электромагнитные волны и оптика / О.С. Литвинов, В.С. Горелик. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана. – 448 с.

Поступила в редколлегию 25.06.2014

Рецензент: д-р техн. наук проф. О.И. Сухаревский, Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков.

ЗМІНЮВАННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ПОЛЯ ПЕРСПЕКТИВНОГО КОРВЕТА З ВИКОРИСТАННЯМ МЕТОДУ ІНТЕРФЕРЕНЦІЇ

О.І. Тимочко, Д.В. Чуйков

Обґрунтовано, що вирішення проблеми захисту перспективного корвета від протикорабельних мін і торпед полягає в зменшенні рівня його фізичних полів. Проводиться аналіз впливу електромагнітного поля корабля на загальний рівень його захисту. Визначені особливості зменшення електромагнітного поля корабля. Запропонований метод захисту перспективного корвета, заснований на використанні методу інтерференції електромагнітних хвиль.

Ключові слова: корвет, електромагнітне поле, інтерференція, захист корабля.

VARIATION OF ELECTROMAGNETIC FIELD FOR PERSPECTIVE CORVETTE WITH THE USE OF INTERFERENCE METHOD

A.I. Timochko, D.V. Chuykov

It is substantiated that the efficiency of anti-mine and anti-torpedo defence of the perspective corvette is reciprocal to the level of his physical fields. The evaluation of effect of the ship electromagnetic field is conducted on the general level of his defence. The characteristics of cutback of the ship electromagnetic field are determined.

Keywords: corvette, electromagnetic field, interference, ship defence.