

УДК 621.396.677.494

А.И. Коваленко, С.В. Титов, Е.В. Титова

Харьковская государственная академия культуры, Харьков

ПРИМЕНЕНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННО-ФАЗОВО-ЧАСТОТНОГО ФОКУСИРОВАНИЯ ПЛОСКОЙ ФАР ДЛЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО ПОРАЖЕНИЯ РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ КОРОТКИМИ ИМПУЛЬСАМИ

Приводится обоснование возможности функционального поражения радиотехнических средств, имеющих специальные устройства защиты с малым временем срабатывания, последовательностями коротких импульсов. Определяются возможные дальности функционального поражения радиотехнических средств при внутриволновом и вневолновом воздействии сфокусированным электромагнитным излучением. Предложен метод создания средства функционального поражения на основе пространственно-фазово-частотного управления распределением токов в каналах плоской передающей ФАР с использованием симметричного дискретного V -образного закона распределения несущих частот по апертуре.

Ключевые слова: функциональное поражение, фокусирование, плоская ФАР, электромагнитное излучение.

Введение

Анализ работы систем электронного управления и связи в различных условиях эксплуатации свидетельствует об эффективном воздействии средств радиоэлектронного поражения на радиотехнические средства (РТС) различного назначения, обеспечивающие управление государственными и военными информационными системами. Использование в подавляемых РТС мер радиоэлектронной защиты (расширение частотного диапазона; увеличение энергетического потенциала; адаптивное управление видом, параметрами и способом обработки сигналов и т.д.) приводит к снижению энергии помехи, воздействующей на подавляемые РТС, на 30...60 дБ по сравнению с отсутствием таких мер. В данной ситуации традиционные способы радиоэлектронного подавления становятся менее эффективными. Возникает необходимость в поиске новых технических путей радиоэлектронного противодействия.

Целью статьи является разработка рекомендаций по построению комплексов функционального поражения РТС при использовании фокусировки электромагнитного излучения на основе пространственно-фазово-частотного управления параметрами излучаемых сигналов в каналах плоских ФАР.

Под функциональным поражением (ФП) понимается такое воздействие на РТС специальным образом сформированным электромагнитным излучением (ЭМИ), при котором происходит вывод из строя отдельных элементов или функциональных узлов, исключающий самовосстановление функционирования РТС и требующий ремонтно-восстановительных мероприятий. Функциональное поражение РТС или отдельных объектов достаточно эффективно может быть осуществлено за счет вывода из строя входных СВЧ элементов их приемных устройств. При этом

необходимо учитывать, что в ряде случаев в РТС могут применяться специальные устройства защиты с малым временем срабатывания, блокирующие приемные устройства при наличии на их входе не только сигнала собственного передатчика, но и большого уровня любых других входных сигналов. Время срабатывания лучших устройств защиты составляет 10...100 нс [1]. Поэтому длительность воздействия ЭМИ должна соответствовать условию

$$\tau_{\text{в}} \leq \tau_{\text{к}}, \quad (1)$$

где $\tau_{\text{к}}$ – время срабатывания устройств защиты входных цепей приемников поражаемых РТС.

Анализ литературы показывает, что наряду с традиционными способами борьбы с РТС путем их огневого и радиоэлектронного поражения в настоящее время известны три основных направления создания средств ФП с малой длительностью воздействующих импульсов [2 – 5]:

- 1) на основе генераторов видеоимпульсов;
- 2) на основе релятивистских генераторов СВЧ импульсного радиоизлучения;
- 3) на основе фокусировки ЭМИ в передающих ФАР.

Первые два вида средств ФП не обладают свойствами скрытности и электромагнитной совместимости и требуют создания специальных генераторных и антенно-фидерных устройств. Средства ФП, создаваемые на основе фокусировки ЭМИ в передающих ФАР, обладают условной скрытностью и электромагнитной совместимостью и могут быть реализованы с использованием существующей элементной базы.

Основные расчетные соотношения

Для функционального поражения РТС требуется определенная плотность потока мощности ЭМИ. В современных РТС широко используются полупровод-

никовые приборы (транзисторы, диоды, микросхемы и т.д.). В [3], на основе решения уравнения теплопроводности [6], получено соотношение для количественной оценки требуемой мощности на входе полупроводникового прибора, приводящей к его деградации:

$$P_{\text{ф.пр}} = K_{\text{п}} \tau_{\text{в}}^{-1/2} S_{\text{р-п}}, \quad (2)$$

где $K_{\text{п}}$ – константа (постоянная повреждения), зависящая от типа полупроводникового прибора и имеющая размерность $\text{кВт} \cdot (\text{мкс})^{1/2} \cdot \text{см}^{-2}$; $S_{\text{р-п}}$ – площадь р-п перехода в см^2 .

При организации ФП необходимо различать также два варианта воздействия ЭМИ на РТС: внутриполосное и внеполосное.

Внутриволосное воздействие требует точных данных о рабочей частоте и полосе пропускания приемника поражаемого РТС и соответствующей настройки на заданную частоту средства ФП. Потери энергии воздействующего ЭМИ при прохождении через входные цепи приемного тракта РТС в данном случае зависят от соотношения между полосой пропускания приемного тракта $\Delta f_{\text{п}}$ и шириной спектра воздействующего импульса $\Delta f_{\text{св}} \approx 1/\tau_{\text{в}}$. В большинстве случаев эти потери не превышают -10...-15 дБ [2].

Внеполосное воздействие не требует точных данных по диапазону частот. Воздействие может осуществляться на любых частотах вне полосы пропускания приемного тракта, если в последнем используются коаксиальные фидерные линии. Если же в приемном тракте на входе используются волноводные фидерные тракты, то частота воздействующего ЭМИ должна выбираться выше критической частоты волноводного тракта $f_{\text{в}} \geq f_{\text{кр}}$. При этом необходимо учитывать потери энергии воздействующего ЭМИ в приемном тракте, связанные, в частности, с многомодовым характером распространения сигнала в сверхразмерном волноводе и с подавлением сигнала из-за несовпадения спектра воздействующего ЭМИ с рабочей полосой амплитудно-частотной характеристики используемого в поражаемом приемном тракте входного полосового фильтра СВЧ. Результирующие потери за счет этого могут достигать -30...-40 дБ [2].

Требуемая мощность ЭМИ средства ФП на входе приемника РТС для его функционального поражения с учетом (2) должна быть:

в случае внутриволосного воздействия

$$P_{\text{ф.пр}}^{(1)} = K_{\text{п}} \tau_{\text{в}}^{-1/2} S_{\text{р-п}} K_{\text{сп}}; \quad (3)$$

в случае внеполосного воздействия

$$P_{\text{ф.пр}}^{(2)} = K_{\text{п}} \tau_{\text{в}}^{-1/2} S_{\text{р-п}} K_{\text{вн}}; \quad (4)$$

где $K_{\text{сп}}$ – коэффициент потерь за счет рассогласования ширины спектра ЭМИ ($\Delta f_{\text{св}}$) с полосой пропускания входного фильтра СВЧ или усилителя СВЧ

($\Delta f_{\text{п}}$) приемника подавляемых РТС; $K_{\text{вн}}$ – коэффициент потерь за счет несовпадения несущей частоты (спектра) ЭМИ и полосы пропускания приемника поражаемого РТС. При этом требуемая плотность потока мощности ЭМИ на апертуре антенны поражаемого РТС вычисляется по соотношению

$$S_{\text{ф.пр.тр}}^{(1,2)} \geq \left(\frac{P_{\text{ф.пр}}^{(1,2)}}{A_{\text{эф}}} \right) K_{\text{ур}}; \quad (5)$$

где $K_{\text{ур}}$ – коэффициент потерь за счет углового рассогласования (несовпадения) направлений максимумов диаграмм направленности антенн средства ФП и поражаемого РТС; $A_{\text{эф}}$ – эффективная площадь антенны поражаемого РТС на частоте воздействующего сигнала.

Результаты расчетов

Проведем расчет требуемых плотностей потока мощности для поражения различных видов приемников РТС одним импульсом, длительность которого $\tau_{\text{в}} = 50$ нс.

Результаты расчета по соотношениям (3) и (4) требуемых значений $P_{\text{ф.пр}}^{(1)}$ для случая внутриволосного ФП приемников РТС при двух значениях $K_{\text{сп}} = 10$ и 15 дБ, а также требуемых значений $P_{\text{ф.пр}}^{(2)}$ для случая внеполосного ФП при двух значениях $K_{\text{вн}} = 30$ и 40 дБ приведены в табл. 1. Там же приведены рекомендуемые усредненные значения $K_{\text{п}}$, полученные теоретически и экспериментально в [3,7], а также возможные значения $S_{\text{р-п}}$ для основных типов полупроводниковых приборов.

Эффективную площадь антенн поражаемых РТС при длине волны воздействующего излучения λ можно оценить по следующим соотношениям [8,9]:

для вибраторной антенны при $L_{\text{п}}/\lambda > 1$

$$A_{\text{эф}} = K_{\text{иа}} \left[(2 \dots 4) L_{\text{п}} \lambda / 4\pi \right];$$

для антенны бегущей волны с осевым излучением при $L_{\text{п}}/\lambda > 1$

$$A_{\text{эф}} = K_{\text{иа}} \left[(7 \dots 8) L_{\text{п}} \lambda / 4\pi \right];$$

для директорной антенны при $L_{\text{п}}/\lambda \gg 1$

$$A_{\text{эф}} = K_{\text{иа}} \left[5 \left(7 + \frac{4L_{\text{п}}}{\lambda} \right) \frac{\lambda^2}{4\pi} \right];$$

для плоских антенных решеток (АР) и сферических или гиперболических зеркальных апертурных антенн

$$A_{\text{эф}} = K_{\text{иа}} A_{\text{пра}},$$

где λ – длина волны воздействующего ЭМИ; $L_{\text{п}}$ – длина антенны приемника; $A_{\text{пра}}$ – геометрическая

площадь раскрытия апертуры (проекция на плоскость или "миделевого" сечения) антенны приемника; $K_{\text{иа}}$ - коэффициент использования геометрической площади апертуры антенны.

Дальнейшие расчеты будем проводить с учетом следующих характерных размеров $L_{\text{п}}$ приемных антенн РТС, которые могут использоваться на стационарных и мобильных наземных объектах, и коэффициентов $K_{\text{ур}}$:

для вибраторных антенн $L_{\text{п}}=1...5$ м
($A_{\text{эф}}=27...270$ см²), $K_{\text{ур}}=3...5$ дБ;

для антенн бегущей волны $L_{\text{п}}=1...2,5$ м
($A_{\text{эф}}=95...270$ см²), $K_{\text{ур}}=5...10$ дБ;

для директорных антенн $L_{\text{п}}=1...2,5$ м
($A_{\text{эф}}=280...680$ см²), $K_{\text{ур}}=5...10$ дБ;

для плоских антенных решеток и зеркальных антенн $L_{\text{п}}=1...3$ м ($A_{\text{эф}}=8,5 \cdot 10^3 ... 7,65 \cdot 10^4$ см²),
 $K_{\text{ур}}=10...20$ дБ.

При этом были выбраны значения длины волны воздействующего ЭМИ $\lambda=0,02$ м и $K_{\text{иа}}=0,85$.

Результаты расчетов по соотношению (5) требуемых значений $S_{\text{ф.пр.тр}}^{(1)}$ [мкВт/см²] для внутрисполосного ФП приемников РТС, учитывая данные табл. 1 и ранее указанные значения $K_{\text{ур}}$ для разных типов приемных антенн, приведены в табл. 2. Соответственно результаты расчетов по соотношению (5) требуемых значений $S_{\text{ф.пр.тр}}^{(2)}$ [мкВт/см²] для внеполосного ФП приемников РТС, учитывая данные табл. 1 и ранее указанные значения $K_{\text{вн}}$, приведены в табл. 3.

Анализ данных табл. 1 – 3 показывает, что для внеполосного ФП приемников РТС требуемое значение $S_{\text{ф.пр.тр}}^{(2)}$ примерно в 300 раз больше, чем для внутрисполосного ФП. Однако при этом не требуется данных по рабочим диапазонам частот поражаемых РТС и, следовательно, может быть создано одно универсальное средство ФП.

Результаты расчетов (см. табл. 1) показывают, что для осуществления ФП микроволновых диодов и интегральных схем одним коротким импульсом с $\tau_{\text{в}}=50$ нс необходима мощность на входе приемников поражаемых РТС от единиц до сотен ватт. ФП коммутирующих диодов приемников РТС осуществить сложно из-за очень большой потребной мощности воздействующего импульса, поэтому ниже они рассматриваться не будут.

В [2, 4, 5] показано, что при использовании линейных законов пространственно-частотного управления излучением непрерывных монохроматических и длинных простых импульсных сигналов возможно создание последовательностей коротких ($\tau_{\text{в}} \leq \tau_{\text{к}}$) пространственно-временных импульсов (ПВИ).

Для решения задачи ФП РТС целесообразно применять пространственно-фазово-частотное (ПФЧ) управление фокусировкой ЭМИ в каналах плоской ФАР с использованием симметричного дискретного V-образного закона распределения несущих частот по апертуре [10]. В этом случае в пространстве формируется последовательность мощных коротких локальных ПВИ, параметры которых определяются по следующим выражениям [4, 9]:

$$\Delta x_{\text{F}} \approx (\lambda/L_x) \cdot z_{\text{F}}, \quad \Delta y_{\text{F}} \approx (\lambda/L_y) \cdot z_{\text{F}},$$

где L_x, L_y – размер апертуры по осям Ox и Oy ; z_{F} – расстояние до точки фокусировки.

Длительность сфокусированного ПВИ определяется только выбранным максимальным разносом несущих частот ΔF_{max} по апертуре ФАР и равна [4, 9]

$$\tau_{\text{пви}} = 1/\Delta F_{\text{max}}. \quad (6)$$

Период следования импульсов определяется как [4, 9]

$$T_{\text{пви}} = 1/\Delta F_i, \quad (7)$$

где ΔF_i – дискретность частоты V-образного закона распределения несущих частот по апертуре ФАР.

С учетом выбранного закона ПФЧ управления фокусировкой ЭМИ [10], для которого

$$\Delta F_{\text{max}} = \Delta F_i \frac{N_{x(y)} - 1}{2},$$

скважность формируемой последовательности ПВИ будет равна

$$Q = \frac{T_{\text{пви}}}{\tau_{\text{пви}}} = \frac{N_{x(y)} - 1}{2}.$$

Для выполнения условия (1) необходимо (с учетом выражения (6)), чтобы диапазон V-образного закона распределения частот по апертуре фазированной антенной решетки составлял не менее $\Delta F_{\text{max}} \geq 1/100$ нс ≥ 10 МГц. Как показано в [3], возможно создание двух типов средств ФП - переносного и передвижного с различными массогабаритными и энергетическими параметрами.

Переносное средство ФП имеет:

плоскую квадратную ФАР с максимальными линейными размерами $L_x=L_y=L=0,66$ м;

число рупорных (или низкопрофильных плоских) излучателей $N_x=N_y=33$ ($N_1=1089$);

длину волны $\lambda_{\text{в}}=0,02$ м;

полную пиковую мощность на входе ФАР $P_1=P_{1\text{mm}} \cdot N_1=2$ кВт ($P_{1\text{mm}}=1,83$ Вт).

Передвижное средство ФП имеет:

плоскую квадратную ФАР с максимальным линейными размерами $L_x=L_y=L=2$ м;

число рупорных (или низкопрофильных плоских) излучателей $N_x=N_y=100$ ($N_2=10000$);

длину волны $\lambda_{\text{в}}=0,02$ м;

полную пиковую мощность на входе ФАР $P_2=P_{2\text{mm}} \cdot N_2=50$ кВт ($P_{2\text{mm}}=5$ Вт).

Таблица 1

Требуемая мощность ЭМИ для внутрисполосного и внеполосного ФП

| Тип полупров. прибора | $\bar{K}_п$ | S_{p-n} , см ² | τ_b , мкс | $P_{ф.пр}^{(1)}$, мкВт | | $P_{ф.пр}^{(2)}$, мкВт | |
|--|-------------|---------------------------------|----------------|-------------------------|----------------------|-------------------------|----------------------|
| | | | | $K_{сп}=10\text{дБ}$ | $K_{сп}=15\text{дБ}$ | $K_{вн}=30\text{дБ}$ | $K_{вн}=40\text{дБ}$ |
| Диоды коммутир., транзисторы маломощн. | 0,1 | $10^{-3} \dots 5 \cdot 10^{-2}$ | 0,05 | $4,47 \cdot 10^6$ | $7,07 \cdot 10^8$ | $4,47 \cdot 10^8$ | $2,24 \cdot 10^{11}$ |
| Диоды микроволн. | 0,01 | $10^{-3} \dots 5 \cdot 10^{-2}$ | 0,05 | $4,47 \cdot 10^5$ | $7,07 \cdot 10^7$ | $4,47 \cdot 10^7$ | $2,24 \cdot 10^{10}$ |
| Схемы интегральные | 0,1 | $10^{-4} \dots 2 \cdot 10^{-3}$ | 0,05 | $4,47 \cdot 10^5$ | $2,83 \cdot 10^7$ | $4,47 \cdot 10^7$ | $8,94 \cdot 10^9$ |

Таблица 2

Значения плотности потока мощности ЭМИ $S_{ф.пр.тр}^{(1)}$, мкВт/см² для внутрисполосного ФП

| Тип антенны | Диоды коммутир., транзист. маломощные | Диоды микроволновые | Схемы интегральные |
|---------------------------------|---|---|---|
| Вибраторные антенны | $3,3 \cdot 10^4 \dots 8,26 \cdot 10^7$ | $3,3 \cdot 10^3 \dots 8,26 \cdot 10^6$ | $3,3 \cdot 10^3 \dots 3,31 \cdot 10^6$ |
| Антенны бегущей волны | $5,23 \cdot 10^4 \dots 7,47 \cdot 10^7$ | $5,23 \cdot 10^3 \dots 7,47 \cdot 10^6$ | $5,23 \cdot 10^3 \dots 3,0 \cdot 10^6$ |
| Директорные антенны | $2,06 \cdot 10^4 \dots 2,53 \cdot 10^7$ | $2,06 \cdot 10^3 \dots 2,53 \cdot 10^6$ | $2,06 \cdot 10^3 \dots 1,01 \cdot 10^6$ |
| Зеркальные антенны и плоские АР | $5,85 \cdot 10^2 \dots 8,32 \cdot 10^6$ | $58,5 \dots 8,32 \cdot 10^5$ | $58,5 \dots 3,33 \cdot 10^5$ |

Таблица 3

Значения плотности потока мощности ЭМИ $S_{ф.пр.тр}^{(2)}$, мкВт/см² для внеполосного ФП

| Тип антенны | Диоды коммутир., транзист. маломощные | Диоды микроволновые | Схемы интегральные |
|---------------------------------|--|---|---|
| Вибраторные антенны | $3,3 \cdot 10^6 \dots 2,61 \cdot 10^{10}$ | $3,3 \cdot 10^5 \dots 2,61 \cdot 10^9$ | $3,3 \cdot 10^5 \dots 1,05 \cdot 10^9$ |
| Антенны бегущей волны | $5,23 \cdot 10^6 \dots 2,36 \cdot 10^{10}$ | $5,23 \cdot 10^5 \dots 2,36 \cdot 10^9$ | $5,23 \cdot 10^5 \dots 9,45 \cdot 10^8$ |
| Директорные антенны | $2,06 \cdot 10^6 \dots 7,99 \cdot 10^9$ | $2,06 \cdot 10^5 \dots 7,99 \cdot 10^8$ | $2,06 \cdot 10^5 \dots 3,19 \cdot 10^8$ |
| Зеркальные антенны и плоские АР | $5,85 \cdot 10^4 \dots 2,63 \cdot 10^9$ | $5,85 \cdot 10^3 \dots 2,63 \cdot 10^8$ | $5,85 \cdot 10^3 \dots 1,05 \cdot 10^8$ |

Результаты расчета плотностей потока мощности ЭМИ, создаваемых этими средствами ФП, проведенного по методике, изложенной в [4,5,10], приведены на рис. 1а для переносного средства ФП, на рис. 1б для передвижного средства ФП.

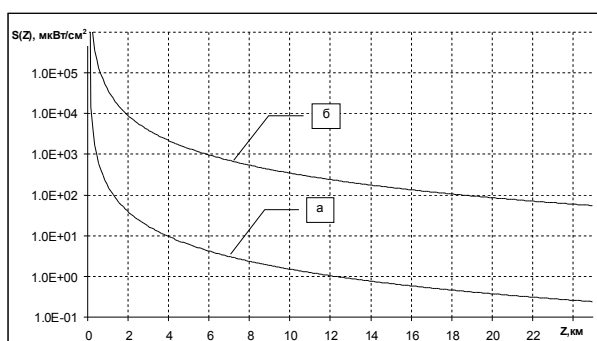


Рис. 1. Плотность потока мощности ЭМИ

Анализ данных табл. 2 и рис. 1, а показывает, что при использовании переносного средства внутрисполосное ФП РТС с вибраторными, бегущей волны и директорными антеннами при воздействии одиночным импульсом может осуществляться на дальностях от единиц метров до 300 м. Для РТС с плоскими АР и зеркальными антеннами эти дальности могут составлять от десятков метров до 1800 м в

зависимости от значений $A_{эф}$ и элементной базы, используемой во входных цепях приемников.

Дальность внеполосного ФП РТС с плоскими АР и зеркальными антеннами составляет 150 м. Внеполосное ФП РТС с вибраторными, бегущей волны и директорными антеннами за время воздействия одного импульса практически неосуществимо на необходимых дальностях.

В случае использования передвижного средства, за счет увеличения мощности и коэффициента направленного действия ФАР, возможные дальности внутрисполосного и внеполосного ФП увеличиваются относительно реализуемых дальностей ФП переносным средством в $\sqrt{(P_2/P_1) \cdot (N_2/N_1)} \approx 15$ раз.

В то же время для реализации ФП РТС приемлемые значения $S_{ф.пр.тр}^{(1,2)}$ могут быть получены при существенном увеличении времени воздействия, что противоречит условию (1). Как видно из выражения (2), критериальный уровень мощности прямо пропорционален корню квадратному из длительности воздействующего импульса. К тому же в [2, 3, 11] показано существенное уменьшение потребляемой мощности при использовании импульсных последовательностей. Из выражения (2) видно, что увеличение суммарного времени воздействия на

поражаемые РТС за счет использования пачек коротких импульсов

$$\tau_{в\Sigma} = \frac{n\Gamma_{ПВИ}}{Q}, \quad (8)$$

где n – количество импульсов в пачке; Q – скважность, позволяет снизить потребную для поражения мощность отдельного импульса в $\sqrt{\tau_{в\Sigma}/\tau_{в}}$ раз. Исходя из этого можно рассчитать общее время работы выбранного средства ФП для осуществления внутрисредового или внеполосного поражения конкретного РТС на заданной дальности.

Анализ данных табл. 2, 3 и рис. 1, б показывает, что при использовании передвижного средства внеполосное ФП РТС с вибраторными, бегущей волны и директорными антеннами может осуществляться на дальности 4 км (дальность оптического горизонта) за время воздействия 20 мс и более.

Выводы

1. Использование симметричного дискретного V -образного закона распределения несущих частот по апертуре ФАР, формирующего в пространстве последовательность мощных коротких ПВИ, параметры которых определяются по выражениям (6), (7) и (8), позволяет существенно увеличить дальность ФП за счет использования пачки импульсов, т. е. увеличения суммарного времени воздействия на поражаемые РТС.

2. Рассмотренные выше характеристики переносного и передвижного средств ФП могут быть технически реализованы при использовании освоенных промышленностью узкополосных СВЧ трактов.

3. Применение ПФЧ фокусировки в плоских передающих ФАР позволяет создавать системы функционального поражения, обладающие условной скрытностью, универсальностью и электромагнитной совместимостью со своими РТС.

Список литературы

1. Keit Flori. H. High power microware coupling and effect on electronics / H. Keit Florig // *Annals de Physique*. – 1989. – Vol. 14. № 2. – P. 101-118.
2. Панов В.В. Некоторые аспекты проблемы создания СВЧ-средств функционального поражения / В.В. Панов, А.П. Саркисян // *Зарубежная радиоэлектроника*. – 1993. – № 10-12. – С. 3-11.
3. Фокусировка электромагнитного излучения и ее применение в радиоэлектронных средствах СВЧ / А.В. Гомозов, В.И. Гомозов, Г.В. Ермаков, С.В. Титов. Под ред. В.И. Гомозова. – Х.: КП «Гор. типография», 2011. – 330 с.
4. Гомозов В.И. Новый метод фокусировки электромагнитных излучений / В.И. Гомозов, А.В. Гомозов // *Антенны*. – 2001. – Вып. 3(49). – С. 54-60.
5. Гомозов В.И. Оценка требований к параметрам излучаемых сигналов при многоступенчатом V -образном распределении частот по апертуре ФАР / В.И. Гомозов, А.В. Гомозов, С.В. Титов // *Прикладная радиоэлектроника*. – 2006. – Том 5, № 2. – С. 42-47.
6. Карслоу Г. Теплопроводность твердых тел / Г. Карслоу, Д. Егер. – М.: Наука, 1964. – 487 с.
7. Чумаков В.И. К исследованиям электромагнитной стойкости при сверхширокополосных воздействиях / В.И. Чумаков, А.В. Столярчук, Ю.Ф. Лонин // *Вопросы атомной науки и техники. Сер. "Ядерно-физические исследования"*. – 2004. – № 2(42). – С. 203-206.
8. Дабкин А.Л. Антенно-фидерные устройства / А.Л. Дабкин, В.Л. Зузенко. – М.: Сов. радио, 1961. – 816 с.
9. Сазонов Д.М. Антенны и устройства СВЧ / Д.М. Соколов. – М.: Высш. шк., 1988. – 432 с.
10. Гомозов В.И. Пространственно-фазово-частотная фокусировка сигналов в плоских ФАР при V -образной дискретизации частот / В.И. Гомозов, А.В. Гомозов, С.В. Титов // *Радиотехника*. – 2001. – Вып. 122. – С. 73-78.
11. Рикетс Л.У. Электромагнитный импульс и методы защиты / Л.У. Рикетс, Дж.Э. Бриджес, Дж. Майлетта. – М.: Атомиздат, 1979. – 348 с.

Поступила в редколлегию 2.07.2015

Рецензент: д-р техн. наук, проф. И.В. Гребенник, Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Харьков.

ЗАСТОСУВАННЯ ПРОСТОРОВО-ФАЗОВО-ЧАСТОТНОГО ФОКУСУВАННЯ ПЛОСКИХ ФАР ДЛЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО ПРИДУШЕННЯ РАДІОТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ КОРОТКИМИ ІМПУЛЬСАМИ

А.І. Коваленко, С.В. Тітов, О.В. Тітова

Приводиться обґрунтування можливості функціонального придушення радіотехнічних засобів, що мають спеціальні пристрої захисту з малим часом спрацювання, послідовностями коротких імпульсів. Визначаються можливі дальності функціонального придушення радіотехнічних засобів при внутрисредовому і внесредовому впливі сфокусованим електромагнітним випромінюванням. Запропоновано метод створення засобу функціонального придушення на основі просторово-фазово-частотного управління розподілом токів у каналах плоских передавальних ФАР з використанням симетричного дискретного V -подібного закону розподілу несучих частот по апертурі.

Ключові слова: функціональне придушення, фокусування, плоска ФАР, електромагнітне випромінювання.

USING OF PLANE PHASED ARRAY SPACE-TIME-FREQUENCY FOCUSING FOR FUNCTIONAL LOSS OF RADIO EQUIPMENT WITH SHORT PULSES

A.I. Kovalenko, S.V. Titov, H.V. Titova

We justify the possibility of the functional loss of radio equipment with special protection fast response devices by series of short pulses. There determined the possible range of functional lesions radio equipment on condition in-band and out-band focused electromagnetic radiation exposure. We propose a method of creating for functional lesions means on the basis of space-time-frequency controlling of current distribution in plane phased array channels using symmetric discrete V -shaped distribution law of carrier frequencies distribution over the aperture.

Keywords: functional loss, focusing, plane phased array, electromagnetic radiation.