ПОВЫШЕНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СОВМЕСТИМОСТИ РАДИОСИСТЕМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОТИВОЛОКАЦИОННЫХ ФИЛЬТРОВ В КВ-ДИАПАЗОНЕ

تحسين التوافق الكهرومغناطيسي لأنظمة الراديو باستخدام مرشحات مضادة للرادار في نطاق التردد العالي

Чернейко Ольга Владимировна
курса 1Курсант факультета ПВО "УО «ВА РБ

Аннотация: *В данной работе рассматривается повышение электромагнитной совместимости радиосистем с использованием противолокационных фильтров для защиты от мощных зондирующих сигналов. Применение нарастающеволновой функции передачи обеспечивает высокое внеполосное затухание при минимальных частотных искажениях.*

Ключевые слова: *электромагнитная совместимость, радиосистемы, противолокационные фильтры, нарастающеволновая функция, частотные искажения.*

Шашок Виктор Николаевич
к.т.н., доцент, кафедры автоматики, радиолокации и приемно-передающих устройств УО «ВА РБ»

الخلاصة : تبحث هذه الورقة في تحسين التوافق الكهرومغناطيسي لأنظمة الراديو باستخدام مرشحات مضادة للرادار للحماية من إشارات الاستكشاف القوية. ويضمن استخدام دالة نقل الموجة الصاعدة إضعافًا كبيرًا خارج النطاق مع أدنى حد من تشويه التردد.

الكلمات المفتاحية : التوافق الكهرومغناطيسي، أنظمة الراديو، مرشحات مكافحة الرادار، دالة الموجة المتنامية، تشويه التردد.

أولجا فلاديميروفنا تشيرنيكو
طالبة سنة أولي بكلية الدفاع الجوي بالاكاديمية الحربية البيلاروسية

د. فيكتور نيكولايفيتش شاشوك
أستاذ مشارك في قسم الأتمتة والرادار وأجهزة الإرسال والاستقبال بالاكاديمية الحربية البيلاروسية

Введение

Существенной и постоянно возрастающей проблемой обеспечения устойчивой радиосвязи является постоянно увеличивающееся количество радиоэлектронных средств (РЭС), работающих в условиях использования общего ресурса (частотного, временного, пространственного). Актуальность данной задачи многократно возрастает в условиях ведения вооруженного конфликта, со значительным увеличением количества работающих РЭС, изменением характера и динамики их применения, повышением важности выполняемых ими задач.

Результаты и обсуждение

Проблема обеспечения устойчивой радиосвязи в условиях увеличения количества радиоэлектронных средств (РЭС) становится все более актуальной, особенно в контексте вооруженных конфликтов. Одним из эффективных способов повышения электромагнитной совместимости (ЭМС) РЭС является применение противолокационных фильтров (ПЛФ) на входе радиоприемных трактов в КВ- и УКВ-диапазонах. Эти фильтры защищают от мощных зондирующих сигналов радиолокационных станций, работающих на частотах выше 200 МГц, которые характеризуются высокой плотностью потока мощности и узкой диаграммой направленности.

С учетом использования широкополосных сигналов (ШС) в КВ-связи, задача синтеза ПЛФ требует совместного выполнения двух противоречивых требований: достижения высокого внеполосного затухания и минимизации вносимых частотных искажений принимаемых сигналов. Для решения этой задачи была предложена аппроксимирующая функция, которая имеет вид [1-2]:

$$H(S) = \frac{K}{1 + (\frac{S}{W_0})^n}$$

где n — порядок синтезируемого фильтра, K — максимальный уровень передачи сигнала, $s=\sigma+j\omega$ — комплексная частота, ϵ— коэффициент неравномерности функции в полосе пропускания, а $T_{Chebyshev}=(m,s)$ — полином Чебышева первого рода порядка m.

Для анализа линейных свойств фазочастотной характеристики цепи используется производная, известная как групповое время запаздывания (ГВЗ). Для идеального фильтра ГВЗ является равномерной, что свидетельствует о минимальных искажениях сигнала. На рисунке представлены амплитудно-частотная характеристика (АЧХ) и ГВЗ ПЛФ КВ-диапазона, синтезированного на основе нарастающеволновой функции передачи седьмого порядка при $\epsilon=0.1$.

АЧХ и ГВЗ цепей с нарастающеволновой и максимально плоской функциями передачи в диапазоне до 30 МГц показывают близкие значения равномерности, что указывает на схожесть вносимых частотных искажений. Однако цепь с нарастающеволновой функцией передачи обеспечивает значительно большее подавление внеполосных помех, что является критически важным для повышения помехозащищенности радиосистем.

Заключение

Таким образом, использование нарастающеволновой функции передачи в задачах синтеза ПЛФ способствует увеличению защищенности радиоприемных трактов КВ-диапазона от мощных радиолокационных зондирующих сигналов при сохранении допустимых частотных искажений принимаемых ШС. Это существенно повышает помехозащищенность каналов связи, что является важным аспектом в условиях современного радиопространства.

المقدمة

إن المشكلة الكبيرة والمتنامية باستمرار في ضمان الاتصالات الراديوية المستقرة هي العدد المتزايد باستمرار من المعدات الإلكترونية الراديوية (REE) التي تعمل في ظل ظروف استخدام مورد مشترك (التردد، والوقت، والمساحة). وتزداد أهمية هذه المهمة عدة مرات في سياق النزاع المسلح، مع زيادة كبيرة في عدد مصادر الطاقة المتجددة العاملة، وتغير في طبيعة وديناميكيات استخدامها، وزيادة في أهمية المهام التي تؤديها.

النتائج والمناقشة

أصبحت مشكلة ضمان الاتصالات اللاسلكية المستقرة في سياق العدد المتزايد من المعدات الإلكترونية اللاسلكية أكثر إلحاحًا، وخاصة في سياق النزاعات المسلحة. تعد إحدى الطرق الفعالة لتحسين التوافق الكهرومغناطيسي (EMC) للمعدات الإلكترونية الراديوية هي استخدام مرشحات مضادة للرادار (ARF) عند مدخل مسارات الاستقبال الراديوية في نطاقات HF وVHF. توفر هذه المرشحات الحماية من إشارات الاستكشاف القوية من محطات الرادار العاملة بترددات أعلى من 200 ميجا هرتز، والتي تتميز بكثافة تدفق الطاقة العالية ونمط الإشعاع الضيق.

مع الأخذ في الاعتبار استخدام إشارات النطاق العريض (WBS) في اتصالات HF، فإن مهمة تركيب PLF تتطلب الوفاء المشترك بمتطلبين متعارضين: تحقيق التوهين العالي خارج النطاق وتقليل التشوهات الترددية المدخلة للإشارات المستقبلة. ولحل هذه المشكلة تم اقتراح دالة تقريبية على الشكل [1-2]:

حيث أن n— هو ترتيب المرشح المُصنّع، وK— هو أقصى مستوى لنقل الإشارة، و$s=\sigma+j\omega$ — هو التردد المركب، وϵ هو معامل عدم تجانس الدالة في نطاق التمرير، و$T_{Chebyshev}=(m,s)$ —هي متعددة حدود تشيبيشيف من النوع الأول من الدرجة m.

لتحليل الخصائص الخطية لاستجابة الطور والتردد للدائرة، يتم استخدام مشتق يعرف باسم زمن تأخير المجموعة (GDT). بالنسبة للمرشح المثالي، يكون تأخير المجموعة موحدًا، مما يشير إلى أدنى حد من تشويه الإشارة. يوضح الشكل خاصية السعة والتردد (AFC) والتأخير الجماعي لـ PLF في نطاق HF الذي تم تصنيعه على أساس دالة نقل الموجة المتزايدة من الدرجة السابعة عند $\epsilon=0.1$.

تظهر استجابة التردد وتأخير المجموعة للدوائر ذات الموجات المتزايدة ووظائف النقل المسطحة القصوى في النطاق حتى 30 ميجا هرتز قيمًا متقاربة من التوحيد، مما يشير إلى تشابه التشوهات الترددية المدخلة. ومع ذلك، توفر دائرة دالة نقل الموجة الصاعدة قمعًا أكبر بكثير للتداخل خارج النطاق، وهو أمر بالغ الأهمية لتحسين مناعة الضوضاء في أنظمة الراديو.

الخاتمة

وبالتالي، فإن استخدام دالة نقل الموجة المتزايدة في مشاكل تركيب PLF يساعد على زيادة حماية مسارات استقبال الراديو HF من إشارات الرادار القوية مع الحفاظ على التشوهات الترددية المقبولة لمحطة القاعدة المستقبلة. ويؤدي هذا إلى زيادة كبيرة في مناعة قنوات الاتصال ضد الضوضاء، وهو جانب مهم في ظروف الفضاء الراديوي الحديث.

Литература المراجع والمصادر

1. Зарипова Альбина Рануровна. "ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ СОВМЕСТИМОСТЬ РАДИОСИСТЕМ МОБИЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ" Цифровая наука, no. 6, 2020, pp. 59-63.
2. Шашок, В.Н. Частотно-избирательные цепи с нарастающеволновой функцией передачи: моногр. / В.Н. Шашок. – Минск: ВА РБ, 2018. – 195 с.