

- Разработка методов диагностики с учётом влияния вибраций диска, изменения скорости вращения и нагрузки;
- Повышение точности за счёт использования рекуррентных нейронных сетей RNN, так как наличие обратной связи потенциально позволит предыдущие состояние системы;
- Реализация генеративных моделей по типу «параметры-сигнал».
- Реализация средств диагностики с применением устройств краевых вычислений (edge-computing).

Список использованных источников

1. Rzdkowski, R.; Rokicki, E.; Piechowski, L. Analysis of middle bearing failure in rotor jet engine using tip-timing and tip-clearance techniques. *Mech. Syst. Signal Process.* 2016, 76–77, 213–227.
2. García, I.; Beloki, J.; Zubia, J. An Optical Fiber Bundle Sensor for Tip Clearance and Tip Timing Measurements in a Turbine Rig. *Sensors* 2013, 13, 7385–7398.
3. Pan, M.H.; Yang, Y.M.; Guan, F.J. Sparse Representation Based Frequency Detection and Uncertainty Reduction in Blade Tip Timing Measurement for Multi-Mode Blade Vibration Monitoring. *Sensors* 2017, 17.
4. Di Maio, D.; Ewins, D.J. Experimental measurements of out-of-plane vibrations of a simple blisk design using Blade Tip Timing and Scanning LDV measurement methods. *Mech. Syst. Signal Process.* 2012, 28, 517–527.
5. Ji-wang, Zhang Lai-bin, Zhang Li-xiang Duan, A Blade Defect Diagnosis Method by Fusing Blade Tip Timing and Tip Clearance Information, July 2018 *Sensors* 18(7):2166
6. Guangya Zhu, Chongyu, WangChongyu, WangWei, ZhaoShow, Blade Crack Diagnosis Based on Blade Tip Timing and Convolution Neural Networks, January 2023 *Applied Sciences* 13(2):1102

Данилин Александр Иванович, д.т.н., доцент, профессор, зав. каф. радиотехники, aidan@ssau.ru.

Малахов Дмитрий Сергеевич, аспирант каф. радиотехники, fulton97.dm@gmail.com.
Чернявский Аркадий Жоржевич, к.т.н., инженер каф. радиотехники ark@vaz.ru

УДК 621.372.54

ПРОБЛЕМА НЕРАВНОМЕРНОСТИ ГВЗ ЧЕБЫШЕВСКИХ И ЭЛЛИПТИЧЕСКИХ ППФ

Е.Ю. Дяченко, А.М. Плотников
Самарский филиал – «СОНИИР» ФГБУ НИИР, г Самара

Ключевые слова: полосно-пропускающие фильтры, неравномерность в полосе пропускания, групповое время задержки, избирательность.

Полосно-пропускающие фильтры (ППФ) с частотными характеристиками, определяемыми полиномами Чебышева 1 рода и Золотарева-Кауэра широко применяются в технике СВЧ и КВЧ [1]. Их частотные характеристики модуля коэффициента передачи обеспечивают максимизацию крутизны переходной области вблизи полосы пропускания (ПП), определяя хорошие свойства ближней режекции. Вместе с тем, однако, линейность фазы коэффициента передачи таких ППФ вблизи границ ПП оставляет желать лучшего. Это проявляется в существенной неравномерности группового времени задержки (ГВЗ), как производной фазы по частоте. Такая неравномерность может оказаться критичной для ряда чувствительных сигнально-кодовых конструкций вплоть до их разрушения.

Борьба с неравномерностью ГВЗ на краях ПП в ППФ может осуществляться разными способами [2,3]. Так, известные фильтры Баттерворта и Бесселя обеспечивают лучшую неравномерность ГВЗ, проявляя, однако, худшие частотно-избирательные свойства для того же порядка фильтра [3], таблица 1 (n – порядок фильтра).

Таблица 1 – Сравнительные характеристики фильтров

$Q = \infty$; $RL = -21$ дБ	ППФ Чебышева, $n=6$	ППФ Баттерворта, $n=12$	ППФ Чебышева, расшир. ПП, $n=6$
Неравномерность $ S_{21} $ в ПП, не более, дБ	- 0,035	- 0,025	- 0,035
Неравномерность ГВЗ в ПП, не более, нс	6,461	4,322	3,274
Избирательность, не менее, дБ	40,476	47,35	34,683

С другой стороны, расширение ПП с сохранением избирательности также способствует редукции неравномерности ГВЗ на краях ПП [2]. При этом можно показать, что достижимый порядок фильтра будет меньше, чем, например, при реализации ППФ Баттерворта той же неравномерности ГВЗ и той же избирательности, таблица 1. Это позволяет получать меньшие значения неравномерности при использовании ППФ на эффективных полиномах Чебышева и Золотарева-Кауэра.

Список использованных источников

1. Маттей Д.Л. Фильтры СВЧ, согласующие цепи и цепи связи : [учебное пособие : пер с англ. под ред. Л.В. Алексеева и Ф.В. Кушнера] в 2 т. / Д.Л. Маттей, Л. Янг, Е.М.Т. Джонс. – Москва : Связь, 1971. – Т.1. – 440 с.: ил. – 7000 экз.

2. Myoung S.-S., Kwon B.-S., Kim Y.-H. and Yook J.-G. Effect of group delay in RF BPF on impulse radio systems // IEICE Transactions on Communications, E90B, 2007. DOI: 10.1093/ietcom/e90-b.12.3514.

3. Помехоустойчивость и эффективность систем передачи информации / А. Г. Зюко [и др.] ; под ред. А. Г. Зюко. – Москва: Радио и связь, 1985 – 272 с.

Дяченко Екатерина Юрьевна, инженер 2 категории «СОНИИР», аспирант каф. РЭС ПГУТИ, vlasova.e@soniir.ru.

Плотников Александр Михайлович, к.т.н., с.н.с. «СОНИИР», plotnikov.am@soniir.ru.

УДК 621.372.837

ПРОБЛЕМА ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ И ХАРАКТЕР ИЗМЕНЕНИЯ РАЗВЯЗКИ ВОЛНОВОДНОГО СВЧ-ПЕРЕКЛЮЧАТЕЛЯ DPDT В УСЛОВИЯХ ПРОИЗВОДСТВА

А.М. Плотников, А.П. Семибратов
Самарский филиал – «СОНИИР» ФГБУ НИИР, г Самара

Ключевые слова: СВЧ-переключатель, развязка волноводный переключатель.

СВЧ-переключатель аксиального типа с бесконтактной механической коммутацией каналов, рисунок 1, является одним из основных пассивных элементов волноводного тракта и представляет собой один из наиболее сложных, трудоемких и дорогих в изготовлении узлов. К нему предъявляются жесткие требования в части производственных допусков на детали и сборки. Среди используемых технических решений СВЧ-переключателей на прямоугольном сечении волновода можно выделить классическое решение с одиночными дроссельными канавками [1] и наиболее жесткими технологическими допусками ввиду малого радиального зазора в системе «статор-ротор» и более эффективные решения на основе высокоимпедансных поверхностей (HIS) [2], где допусковые требования не столь жестки. Вместе с тем, проблема технологической повторяемости таких характеристик как частотная зависимость канальной развязки на серии при минимизации допусковых требований здесь также стоит весьма остро.

На рисунке 2,а и 2,б показаны типовые расчетные и экспериментальные частотные зависимости канальной развязки DPDT переключателя на HIS. Расчетные кривые приведены для идеального случая, а также случая имитации допусков методом статистических испытаний Монте-Карло. Установлено, что основной вклад в локальное снижение развязки вносится параметрами аксиального Δz и углового $\Delta \phi$ смещения окон ротора относительно соответствующих окон статора. Этот