جامعة دمشق
كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية
قسم هندسة الإلكترونيات والاتصالات

تطوير مرشحات تمرير ميكروية متعددة المجالات باستخدام الرنانات المقترنة في دليل الموجة المستطيل

Development of Microwave Multiband BandPass Filters using Coupled-Resonators in Rectangular Waveguide

المهندس معتز البيك

الأستاذ الدكتور فريز عبود

الدكتور علاء الدين سرحان

الملخص

يقدم البحث منهجية تحليلية لتصميم مرشحات أمواج ميكروية متعددة مجالات التمرير، باستخدام التحويل الترددي بين مجالي الترددات المنسوبة والترددات الحقيقية للمرشح. تتضمن المنهجية أيضاً إجرائية لإيجاد الدارة المكافئة لهذا النوع من المرشحات. ومن ثم منهجية لتحويل النموذج الرياضي الناتج إلى مرشحات بأبعاد فيزيائية عملية من أجل المحاكاة والتنفيذ والقياس. ويهدف البحث إلى تصميم مرشحات ميكروية متعددة مجالات التمرير ذات الرنانات المقترنة عن طريق إيجاد مصفوفة الترابط التي تحقق مواصفات المرشح المطلوبة، دون الحاجة إلى إجراء أمثلة عددية على تلك المصفوفة. وإجراء اختبارات تجريبية بالمحاكاة والقياس. جَرَى اتّباع منهجية تحليلية بحتة لحساب مصفوفات الترابط وتم التحقق منها باستخدام برمجيّة ماتلاب MATLAB، وتم استخدام برمجيات محاكاة بنى الترددات العالية AWR Microwave Office و CST Studio Suiteلنمذجة الدارات المكافئة والبنى الكهرطيسية ثلاثية الأبعاد لتصميم ومحاكاة المرشحات المدروسة، حيث تم تنفيذ المرشحات بتكنولوجيا الرنانات المشطية المتداخلة.

القسم النظري

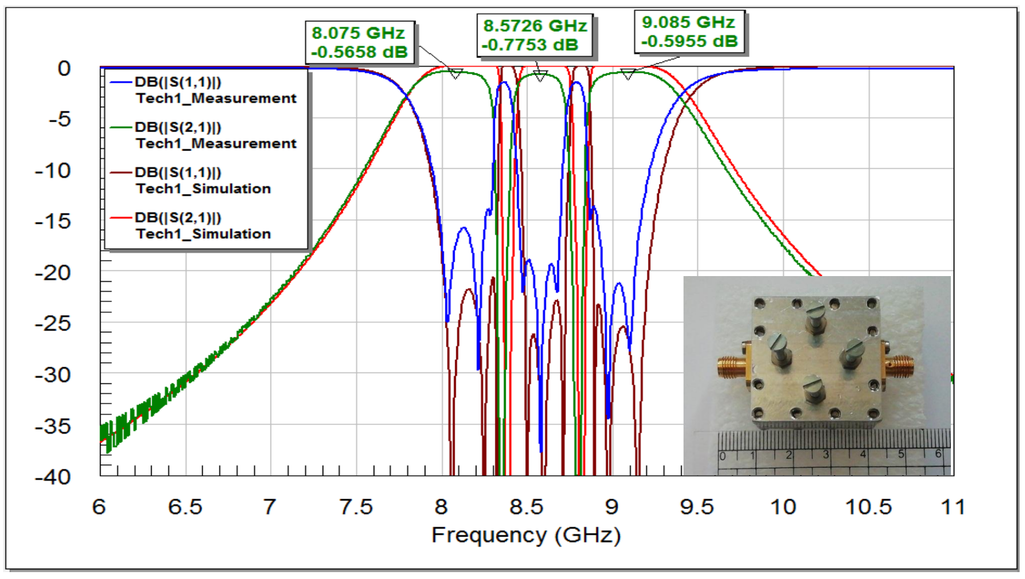
تم في هذا البحث اقتراح منهجاً تحليلياً مطوراً لتعميم تركيب المرشحات متعددة مجالات التمرير، يعتمد على التحويل الترددي من مجال الترددات المنسوبة إلى مجال الترددات الحقيقية، حيث يتم تطبيق هذا التحويل على النموذج الأولي ذو التمرير المنخفض لنحصل على مرشح ذو رنانات مترابطة على شكل خط مباشر، يترابط كل منها مع رنانات مسؤولة عن توضيع أصفار النقل ضمن مجالات المنع، دون وجود ترابط تقاطعي. ونحصل بالتالي على مصفوفة الترابط، التي تعطي الاستجابة الدقيقة للمرشح، من التحويل المفروض دون الحاجة لإجراء أمثلة على مصفوفة الترابط. يمكن تحقيق هذه المرشحات بأكثر من طبولوجيا، كل منها له مصفوفة ترابط خاصة به. كما تتضمّن الدراسة طريقة لاستخراج الدارة المكافئة للمرشح متعدد مجالات التمرير وفق طبولوجيات ذات تشكيلات مختلفة.

القسم العملي

تم التحقق من علاقات التحويل الترددي من خلال أمثلة عن مرشحات ثنائية وثلاثية مجالات التمرير. وكذلك تم التحقق من الدارة المكافئة ومصفوفة الترابط المستنتجين تحليلياً أيضاً من خلال نفس الأمثلة. وباستخدام برنامج محاكاة البنى الكهرطيسية، تم تصميم مرشحات رنانات مشطية متداخلة تحقق مواصفات المرشحات الأمثلة المطروحة في هذا البحث، وأظهرت نتائج المحاكاة إمكانية تحقيق المواصفات المطلوبة من الاستجابة الترددية للمرشح. كما تم تنفيذ بعض الأمثلة الواردة في هذا البحث وقياسها باستخدام المحلل الشبكي. أظهرت نتائج القياس توافقاً جيداً مع النتائج المتوقعة والمتمثلة بنتائج محاكاة مرشحات الأمثلة المطروحة. تم أيضا اختبار إحدى طرائق تعميم تركيب المرشحات متعددة مجالات التمرير عن طريق الاستجابة التي تم الحصول عليها من مصفوفة الترابط. وكانت استجابة المرشح الناتجة تحقق مواصفات المرشح المطلوبة. ما يشير إلى كفاءة المنهجيات المتبعة.

النتائج والمناقشة

تم تصميم بعض المرشحات متعددة مجالات التمرير باستخدام تقنية المرشحات المشطية المتداخلة، إذ تم تصميم ثلاثة مرشحات كأمثلة. حيث تم التحقق من علاقات التحويل الترددي من خلال الأمثلة. كما تم التحقق من الدارة المكافئة ومصفوفة الترابط المستنتجين تحليلياً أيضاً من خلال نفس الأمثلة. ثم باستخدام برنامج محاكاة البنى الكهرطيسية تم إجراء تصميم لمرشحات رنانات مشطية متداخلة ثنائية وثلاثية مجالات التمرير تحقق مواصفات المرشحات المطروحة، وأظهرت نتائج المحاكاة إمكانية تحقيق المواصفات المطلوبة من الاستجابة الترددية للمرشح. تم أيضاً تنفيذ بعض النماذج للمرشحات ثنائية وثلاثية مجالات التمرير وقياسها باستخدام محلل شبكي Network Analyzer من أجل التأكد من سلامة عمليتي التركيب والتصميم. أظهرت نتائج القياس توافقاً جيداً مع نتائج المحاكاة ما يشير إلى فاعلية هذه الطرائق المتبعة في التصميم.



المراجع

[1] Wu, Y. Fourn E., Besnier P., & Quendo C. (2021). Direct Synthesis of Multiband Bandpass Filters with Generalized Frequency Transformation Methods. IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, 69(8), 3820-3831.

[2] Zhang, J. Liu, Q. Zhou, D. & Zhang, D. (2021). Single-Band Triple-Band Bandpass Filters Using Novel Perturbed Isosceles Right-Angled Triangular SIW Cavities. IET Microwaves, Antennas & Propagation, 15(3), 241-252.

[3] Chaudhury, S. S. Awasthi, S. Singh, R. K. (2022). Semi-Circular Mushroom Resonator Loaded Substrate Integrated Waveguide Cavity Based Compact Triple-Band bandpass Filter with High Selectivity. International Journal of RF and Microwave Computer Aided Engineering, 32(5), e23112.

[4] Macchiarella, G. & Tamiazzo, S. (2005). Design Techniques for Dual-Passband Filters. IEEE Transactions on Microwave Theory Techniques, 53(11), 3265–3271.

[5] Cameron ,R. J. Kudsia C. M. & Mansour, R. R. (2018). Microwave Filters for Communication Systems: fundamentals, design, and applications. John Wiley & Sons, Inc.

[6] Di, H., Wu, B., Lai, X., & Liang, C. H. (2009, December). Synthesis and realization of novel triple-passband filter based on frequency transformation. In 2009 Asia Pacific Microwave Conference (pp. 1356-1359). IEEE.

[7] Wu, Y. Fourn, E. Besnier, P. & Quendo, C. (2019). Direct Synthesis of Quad-Band Band-Pass Filter by Frequency Transformation Methods, In 2019 49th European Microwave Conference (EuMC) (pp. 196-199). IEEE.