جامعة دمشق
كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية
قسم هندسة الطاقة الكهربائية

تحليل التفاعل الكهرطيسي في وسط التحجيب غير الإيزوتروبي

Analysis of Electromagnetic Interaction in Anisotropic Shielding Medium

المهندس نذير شورى

الدكتور المشرف :أ.د. محمد موسى

المشرف المشارك: أ.م.د. سلام محمود

الملخص

أثبتت التجربة العملية أنّ المواد غير الإيزوتروبية ممكن أن تبدي خصائص جديدة غير متوقعة في تفاعلاتها مع الحقول الكهرطيسية. ممكن الإشارة في هذا الاطار إلى أهميتها في تطبيقات مجالات الهندسة بما فيها نظم القياس والحساسات وأجهزة الموبايل والحجاب الكهرطيسي وغيرها . يتعذر قياس وتقدير التفاعلات الكهرطيسية مع البنية الجزيئية أو الذرية بالتقنيات التقليدية لصعوبة متابعة تغييراتها الدقيقة في الفراغ والزمن نظراً لاحتمالات تأثير نظام القياس بحد ذاته في دقة المتابعة ومن هنا برزت الحاجة للتقنيات العددية وبيئات برمجية بحثية متطورة مثل CST. أثبتت النتائج أنّ اختيار نسبة غير إيزوتروبية ما يؤدي لإمكانية انخفاض سرعة انتشار الأمواج والتحكم باتجاهات انتشارها ومن ثمَّ في درجة انكساراتها وتبعثرها مما تفيد في تصميم حجاب كهرطيسي وتحجيب الأجهزة الكهربائية عن أي تداخل كهرطيس، إضافة إلى التحكم في مرتبة تركيز الطاقة الكهرطيسية ودرجة تبعثرها. استنتجت منحنيات الخواص الجديدة للتفاعلات الكهرطيسية مع المواد أحادية المحور ودرست شدَّة الحقل وكثافة شعاع بوينتنغ كتابع لمعامل النسبة غير الإيزوتروبية الجديد. تُشكّل هذه التوابع أهمية هندسية خاصة لاستخدام هذه الظاهرة في التطبيقات الهندسة الكهربائية المختلفة. أجري التحقُّق من بعض النتائج بالقياسات العملية في مخبر الحقول الكهرطيسية- قسم هندسة الطاقة كلية الهمك- جامعة دمشق.

القسم النظري

بداية تم دراسة المواد غير الإيزوتروبية وتصنيفها ومناقشة النموذج الرياضي وذلك بدراسة المصفوفات التينسورية لخصائص الوسط وتعويضها بمعادلات ماكسويل بالإضافة إلى أثر هذه التنسورات على تفاعل الموجة الكهرطيسية مع الوسط غير الإيزوتروبي مثل تباين سرعة الانتشار والتقزح والتشتت والانعكاسات والانكسارات المتعددة للحقول الكهرطيسية من محور لآخر .

بعد ذلك دُرس أثر تطور التكنلوجيا الحديثة في صناعة العوازل والتحكم بمقدار السماحية الكهربائية لها على المحاور الفراغية المختلفة، كمما تم التطرق لخصائص التحجيب الكهربائي بشكل عام.

تم دراسة النموذج الرياضي لحلول معادلات ماكسويل بالطرائق العددية وذلك للأوساط الإيزوتروبية وغير الإيزوتروبية بالاعتماد على شعاع كثافة التدفق الكهربائي **D** وذلك في الفصل الرابع

القسم العملي

إن الأوساط في حقيقتها غير أيزوتروبية وبسبب تعذر اجراء القياسات الموضعية الميكروية، وضعف البرمجيات في العقود الماضية، كانت تعتبر الأوساط على أنها إيزوتروبية. تطورت في العقد الأخير المخابر البرمجية البحثية المتقدمة مثل CST والتي أصبحت بيئة لدراسة هذه الأوساط المعقدة. ومن هنا برزت الحاجة لوضع خصائص مميزة تحدد سلوك هذه الأوساط. أجريت التجارب في هذه البيئة البحثية CST لدراسة الظواهر المرافقة لتباين الخاصية غير الإيزوتروبية ولدراسة أثر تغير أبعاد الوسط وعامل الفقد وغيره على هذا التفاعل ، كما تم إجراء العديد من التجارب النمذجية والتي أدت لوضع المنحنيات المميزة للنسبة غير الإيزوتروبية الجديدة كتابع لشعاع الحقل الكهربائي وشعاع بوينتنغ والاستفادة من هذه المنحنيات في تصميم حجاب كهرطيسي لجهاز كهربائي. تم التحقق من بعض النتائج التصميمية بإجراء قياسات عملية على مواد غير إيزوتروبية بهدف التحجيب الكهرطيسي

النتائج والمناقشة

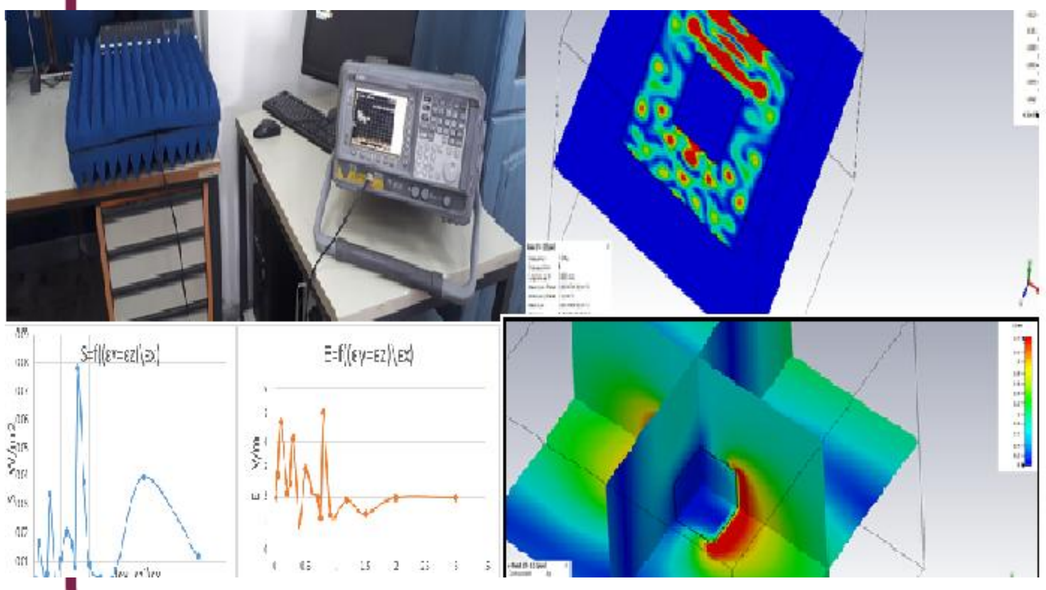
يتَّضحُ من نتائج هذا البحث أنَّ تفاعل الأمواج الكهرطيسية مع الأوساط غير الإيزوتروبية تشكّلُ عملية معقدة للغاية يمكن متابعتها بطريقة النمذجة والمحاكاة . وبيَّنت نتائج هذا البحث أنّ الحقول الكهرطيسية تتمركز في بقع اعصارية تزداد فيها الكثافة الحجمية للطاقة الكهرطيسية إلى قيمٍ عاليةٍ ضمن هذه المواد ، أو تعمل على تشتيتها وتبعثرها.

برزت من هنا أهمية تفاعل الحقول الكهرطيسية مع المواد غير الإيزوتروبية في إمكانية التحكم بتدفق القدرة وتوجيه الأمواج الكهرطيسية على المستويات الماكروسكوبية والميكروسكوبية النانوية.

تُؤكِّد النتائج احتمالات امتصاص الطاقة الكهرطيسية بشكلٍ شبه تام وإنزياح بقع تمركز الطاقة الكهرطيسية نحو الحواف الخارجية، وذلك مفيدٌ جداً في دراسات التحجيب الكهرطيسي وغيرها.

بيَّنت النتائج إمكانية تشكيل مواد غير الإيزوتروبية صناعياً قادرة أن تقيس وتتحكم بسلوك الأمواج الواردة عليها وداخلها، مثل تبعثر الأمواج الواردة أو حصر الأمواج داخل مثل هذه المواد وهو ما يفيد في إخفاء أو تحييد الجهاز الكهربائي عن التداخلات الكهرطيسية المحيطة.

وجدنا أنَّ النسبة غير الإيزوتروبية الجديدة تؤثر بمرتبة عالية في تحديد درجة التفاعل داخل المادة.



المراجع

•Li, C., Wu, C., & Shen, L. (2022). Complex Permittivity Measurement of Low-Loss Anisotropic Dielectric Materials at Hundreds of Megahertz. Electronics, 11(11), 1769.f

•Paul, C. R., Scully, R. C., & Steffka, M. A. (2022). Introduction to electromagnetic compatibility. John Wiley & Sons.

•Schneider, J. B. (2021). Understanding the finite-difference time-domain method. School of electrical engineering and computer science Washington State University, 28.

•Jamilan, S. (2021). Developing Electromagnetic and Photonic Devices by Using Artificial Dielectric Materials (Doctoral dissertation, Michigan Technological University).

•Lakhtakia, A., Alkhoori, H. M., & Tsitsas, N. L. (2021). Theory of perturbation of electric potential by a 3D object made of an anisotropic dielectric material. Journal of Physics Communications, 5(11), 115010. G