جامعة دمشق
كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية
قسم هندسةالإلكترونيات والاتصالات

# تطوير طرائق توسيع عرض المجال الترددي لمكبرات الاستطاعة ذات الأثر الحقلي في الأمواج المترية والديسيمترية

# Development of Bandwidth Expansion Methods for Field Effect Power Amplifiers in Metric and Decimetric Waves

اعداد المهندسة : ميس منير محمد
اشراف : أ.د.فريز عبود د. محمد الحريري

## الملخص

يعد المجال الترددي العريض واستطاعة الاشارة من أهم موارد الاتصالات التي يجب إدارتها بشكل جيد، وخاصة في المجال الترددي VHF–UHF، الذي يستخدم في الاتصالات عبر الأقمار الصناعية والاستشعار عن بعد، وفي تقنيات التشويش و تحسس الطيف، وأنظمة البث متعددة المعايير، وذلك باستطاعات عالية، والتي تتطلب تعدد في المكبرات ذات الأداء الخطي (مشكلة تعدد تقنيات تصحيح الخطية لكل مكبر على حدة) وتعدد في الهوائيات( مشكلة التداخل) وهذا يؤدي الى تكلفة عالية وانخفاض في فعالية المنظومة. تم تقديم ثلاثة طرائق لتغطية عدة أوكتاف ضمن المجال الترددي [50–800]MHz تمت مقارنة النتائج مع دراسات سابقة، حيث تم تحقيق الاستطاعة العالية 100Wو بفعالية 55%على مجال ترددي عريض يصل إلى 175%من التردد المركزي ،بالإضافة إلى خطية تكبير الاشارة .
إن النمذجة الصحيحة للتصاميم المقترحة بعناصر منمذجة (الترانزستورات ) من الشركة المصنعة، حققت تقارب جيد بين نتائج المحاكاة ونتائج القياس.

## القسم النظري

استخدمت مكبرات المجال الترددي العريض في العديد من أنظمة الاتصالات الراديوية، لاسيما ضمن المجال الترددي من VHFإلى UHF، هذا المجال الترددي يُظهر طلباً قوياً على معدل بيانات أعلى و باستطاعات أعلى لأجهزة الإرسال. فكان من المستحسن وجود مكبر للاستطاعة يمكنه تغطية مجال واسع من ترددات التشغيل ومن ثم يلغي تعدد المكبرات لتغطية المجال الترددي المطلوب، أي يلغي الحاجة إلى تبديل الأنظمة لإختيار مكبر الاستطاعة المناسب، وهذا يجعل أجهزة الإرسال أصغر وأرخص وأبسط. يعد تصميم مكبرات الاستطاعة ذات المجال العريض، واحداً من أصعب التحديات في تحديد كيفية تحقيقه لربح إشارة عالية ومستوى استطاعة عالية مع الحفاظ على أفضل تبديد للاستطاعة.

يهدف العمل البحثي المقدم في هذه الأطروحة إلى تطوير طرائق توسيع عرض المجال الترددي لمكبرات الاستطاعة ذات الأثر الحقلي للأمواج المترية والديسمترية.

تقديم طرقاً لتصميم دارات موافقة عريضة المجال لموافقة دخل وخرج الترانزستور على كامل المجال الترددي، مع تصميم دارات التغذية المناسبة التي تعزل التيار المستمر عن الإشارة الراديوية على مجال ترددي عريض، بالإضافة إلى تقديم طرقاً لإيجاد حل لمشكلة عدم ثبات ربح المكبر ومعامل VSWR خلال المجال الترددي المطلوب .

إلا أن كل الطرق السابقة يمكن الوصول إليها بحالة توفر ترانزستورات ذات مجال ترددي عريض تحقق ربح عالي أكثر من 30dB ،فيما غير ذلك، المنظومة بحاجة الى طريقة لتجميع إشارات الدخل من عدة أقنية لتغطية عدة أوكتاف من المجال الترددي .

طوّرت الطرائق بما يتناسب مع الترانزستورات المتوفرة والتي يمكن تنفيذها قدر الإمكان .

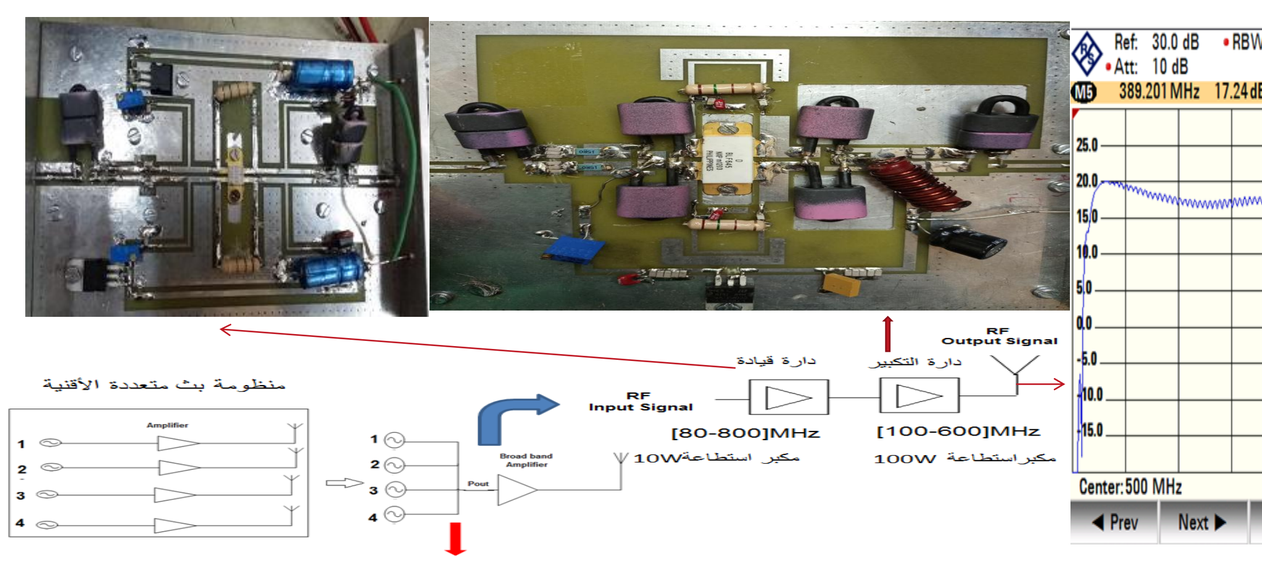
## القسم العملي

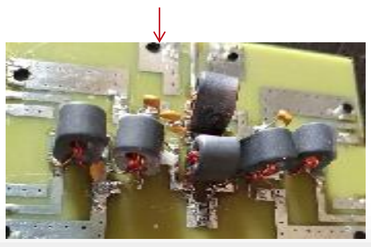
تم اتباع الطريقة البحثية في دراستنا باستخدام برمجية NIAWR لمحاكاة التصاميم، لذا نحن بحاجة إلى معرفة نوع مكبر الاستطاعة القابل لزيادة عرض مجاله الترددي، وانتقاء نوع تقنية الترانزستور وشكله المناسب، ثم الانتقال الى نوع دارات الموافقة المناسبة.
أما للتنفيذ العملي، فقد استخدمت الترانزستورات ذات الأثر الحقلي والكبلات المحورية والركيزة العازلة FR-4.أما لإجراء القياس، استخدم محلل الشبكات الشعاعي ومقياس الاستطاعة ومولد إشارة راديوية .
تم الانطلاق من عدّة نماذج درست وصمّمت وأجريت بعض المقارنات بينها بالنسبة للمجال الترددي، ونسبة تحويل الممانعة، واختير النموذج الأنسب لتطبيقها على مكبرات الاستطاعة ألا وهي المحولات الفيرايتية. لتعمل على مجال ترددي عريض أكثر من أوكتاف مع الحفاظ على معامل VSWR<1.8 ، والحصول على أعظم استطاعة وفعالية باستخدام برمجية NIAWR.

**مخطط صندوقي لدراسة الحلول**





## النتائج والمناقشة

تم تصميم مكبر استطاعة ذو مرحلتين ضمن بيئة NIAWR: الأولى، للحصول على استطاعة 100W تغطي أكثر من 3octaveمن التردد المركزي باستخدام المحولات الفيرايتية.والثانية، تصميم مكبر آخر يعمل كدارة قيادة للمكبر السابق من خلال تحقيق التوافق بمحول balunمع خط نقل شرائحي فقط هذه الطريقة كانت كافية لتغطية المجال الترددي العريض باستطاعة 10W.والحل الآخر:إيجاد تصميم لمجمع إشارات لدخل مرحلة القيادة باستطاعات لا تتجاوز 1Wلتغطية عدة أوكتاف من المجال الترددي، باستخدام محولات الأسلاك الفيرايتية. تم عرض نتائج الاختبارات والقياسات العملية التي أجريت على الدارات المصنعة لتحليل أدائها، مع مراعاة الاعتبارات التصميمية لتحسين أدائها مثل التحجيب ودراسة الخصائص الحرارية كما درست هذه الطرق بشكل كافٍ للاستفادة منها في تصاميم أخرى.وتم دراسة مدى تقارب نتائج الاختبار من نتائج المحاكاة، وحصلنا على تقارب جيد، ونتائج أفضل مقارنة مع الأبحاث السابقة.إن النتائج الجديدة التي تم التوصل إليها في بحثنا هذا أثمرت عن نشر أربع مقالات في مجلات دورية محكّمة.

## المراجع

1-Ghazizadeh, M., & Nayyeri, V. (2021). Design of a 50-W Power Amplifier With Two-Octave Bandwidth and High-Efficiency Using a Systematic Optimization Approach. IEEE Microwave and Wireless Components Letters, 31(5), 501-504.
2-Nagano, K., Kawai, T., & Enokihara, A. (2020). Design of multisection LC-ladder divider at VHF-band. Microwave and Optical Technology Letters, 62(5), 1866-1870.
3-Mediano, A., & Ortega-Gonzalez, F. J. (2018). Class-e amplifiers and applications at mf, hf, and vhf: Examples and applications. *IEEE Microwave Magazine*, *19*(5), 42-53.)
4-Raza, A., & Gengler, J. (2019, January). Design of a 110 W Wideband Inverse Class-F GaN HEMT Power Amplifier with 65% Efficiency over 100-1000 MHz Bandwidth. In 2019 IEEE Topical Conference on RF/Microwave Power Amplifiers for Radio and Wireless Applications (PAWR) (pp. 1-4). IEEE
5-M. Muhamed. F. Abboud. M. Alhariri.2021. Increase the bandwidth of the power amplifier to 185% of the center frequency by ferrite transformers. International Journal of Electronics Letters,Taylor and Francis. Volume 10, Issue 2.
7-Muhamed, M., Abboud, F., & Alhariri, M. (2022). Broadband Performance of a 6W Pushpull Power Amplifier on the VHF-UHF Band. International Journal of Electronics, Communications, and Measurement Engineering (IJECME), 11(1), 1-8.