

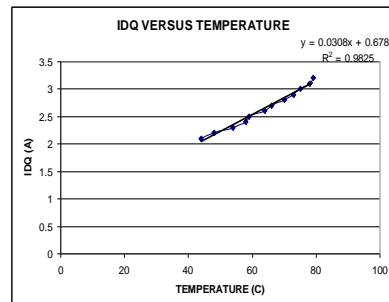
Βελτιστοποίηση Ψηφιακών Επίγειων Τηλεοπτικών πομπών DVB-T και Ψηφιακού
Αναμεταδότη Gap –Filler
Ερευνητικά Αποτελέσματα
Επιχειρήσεις/Προϊόν/0311/06-Δέσμη Εργασίας 2009-2010-ΙΠΕ

Αντώνης Κωνσταντινίδης
Χρίστος Γιάλλουρας

Ο στόχος του ερευνητικού έργου Επιχειρήσεις/Προϊόν/0311/06 που επιχορηγήθηκε από το ίδρυμα Προώθησης έρευνας (ΙΠΕ) επικεντρώθηκε στο σχεδιασμό και κατασκευή ψηφιακού τηλεοπτικού πομπού/αναμεταδότη όπως ορίζεται στην Αγγλική ορολογία: «Digital Video Broadcasting Terrestrial-Gap filler». Το εν λόγω μηχάνημα εκπομπής παρέχει την δυνατότητα στον διαχειριστή του δικτύου ψηφιακής τηλεοπτικής μετάδοσης, να το χρησιμοποιήσει ώστε να καλύψει μια προβληματική περιοχή τηλεοπτικής λήψης. Οι στόχοι του έργου επικεντρώθηκαν στην βελτιστοποίηση της γραμμικότητας και εγκυρότητας στον τελικό ενισχυτή του μηχανήματος. Πάνω σε αυτό τον άξονα, έχει επίσης εφαρμοστεί η τεχνολογία μικροταινιακών κυκλωμάτων, με την οποία έχουμε επιτύχει ένα πολύ σημαντικό επίτευγμα όσο αφορά την μείωση στα κόστη παραγωγής του κυκλώματος όπως θα επεξηγηθεί αργότερα. Για το σκοπό αυτό, έχουμε χρησιμοποιήσει τελευταίας τεχνολογίας ημιαγωγούς τύπου laterally diffused metal oxide semiconductor (LDMOS) όπως MRFE6VP5600, MRFE6VP61K25, κ.λ.π πάνω σε τοπολογία Single-Ended και Push-Pull όπως επεξηγείται παρακάτω.

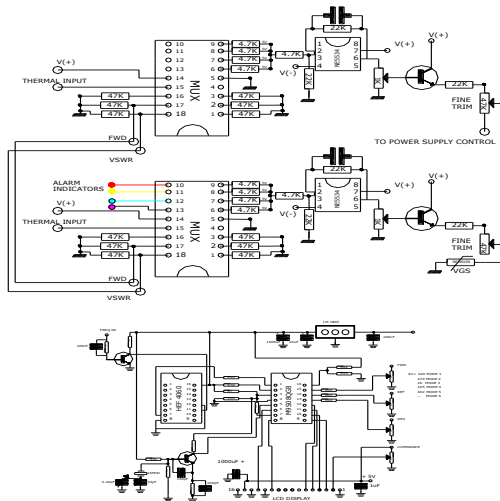
Όπως έχει τεκμηριωθεί εργαστηριακά οι ημιαγωγοί LDMOS παρέχουν πολύ υψηλότερες προδιαγραφές σε σχέση με παλαιότερου τύπου ημιαγωγούς Τρανζίστορ και Mosfets όταν εφαρμόζονται για την ενίσχυση του ψηφιακού διαμορφωμένου σήματος COFDM λόγω της υψηλής γραμμικότητας και αποτελεσματικότητας που παρέχουν. Παρόλα τα εν λόγω πλεονεκτήματα, κατά την διάρκεια των εργαστηριακών δοκιμών, είχε διαπιστωθεί ότι οι ημιαγωγοί LDMOS σε αντίθεση με άλλους παλαιότερου τύπου ημιαγωγούς, παρουσιάζουν ένα πολύ σοβαρό πρόβλημα αστάθειας κατά την διάρκεια της λειτουργίας τους, που προέρχεται από την αύξηση της θερμοκρασίας στο κέλυφος τους η οποία παρουσιάζεται ανάλογη με το ρεύμα ηρεμίας γνωστό ως «Quiescent Current» όπως δίδεται στην γραφική παράσταση στο σχήμα 1. Αξίζει να σημειωθεί ότι το ρεύμα ηρεμίας καθορίζει την τάξη λειτουργίας του ενισχυτή και συνεπώς την αναμενόμενη γραμμικότητα του σε σχέση με την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας όπως ονομάζεται στην αγγλική ορολογία «Back

OFF» που καθορίζεται στις προδιαγραφές του κυκλώματος. Συνεπώς η εν λόγω αστάθεια αφού δημιουργούσε σοβαρά προβλήματα κατά την διάρκεια των πειραματικών δοκιμών, στο «Back OFF», έπρεπε να διορθωθεί με ακρίβεια βάση του καινοτομικού κυκλώματος ελέγχου που έχουμε αναπτύξει όπως παρουσιάζεται στο σχήμα 2. Χωρίς το εν λόγω, βάση της γραφικής παράστασης που δίδεται στο σχήμα 1, αποδεικνύεται η αύξηση στο ρεύμα ηρεμίας να είναι σχεδόν γραμμική και ανάλογη με την θερμοκρασία που αναπτύσσεται πάνω στο κέλυφος του ημιαγωγού LDMOS, έτσι ώστε χωρίς την ανάλογη αποζημίωση να είχε μεταβάλει τις αναμενόμενες προδιαγραφές του κυκλώματος. Το πείραμα κράτησε μόνο λίγα λεπτά, διότι όταν η θερμοκρασία πάνω στο κέλυφος του ημιαγωγού κυμάνθηκε από 44°C στους 79°C βαθμούς κελσίου θα τον κατάστρεφε εξ ολοκλήρου αφού η κατανάλωση του σε ηρεμία, από 63W αυξήθηκε σε 96W.

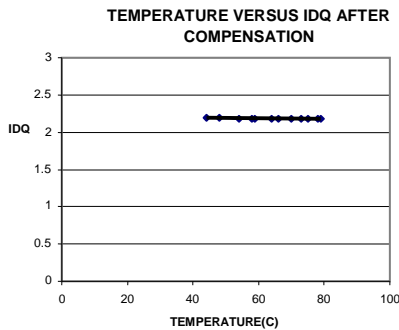


Σχήμα 1: Η Αστάθεια στο Ρεύμα ηρεμίας του Ημιαγωγού LDMOS

Σημαντικό ερευνητικό αποτέλεσμα είναι η μαθηματική συνάρτηση όπως απορρέει από τις μετρήσεις που εκφράζει την σχέση της θερμοκρασίας του LDMOS ως προς το ρεύμα ηρεμίας όπως: $Y=0.0308X+0.6781$ όπου $Y=IDQ$, $T=Θερμοκρασία$, έτσι συνεπάγεται ότι: $IDQ=0.0308*T+0.6781$ η οποία φόρμουλα θα χρησιμοποιηθεί για τον μελλοντικό σχεδιασμό ενισχυτών DVB-T για πιο καλή εγκυρότητα και απόδοση στην λειτουργία των κυκλωμάτων.



Σχήμα 2: Κόκλωμα Ελέγχου και Αποζημίωσης του Σφάλματος



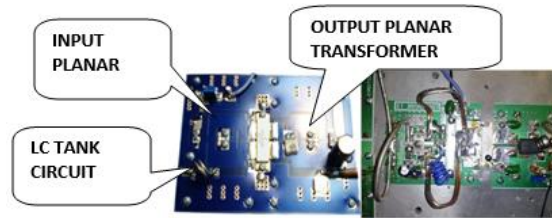
Σχήμα 3: Η Εξομάλυνση του Σφάλματος στο Ρεύμα Ηρεμίας από το Καινοτομικό Σύστημα Ελέγχου

Τα αποτελέσματα που αφορούν το κύκλωμα ελέγχου δίδονται στο σχήμα 3 όπου διαφαίνεται η πλήρης εξομάλυνση του ρεύματος ηρεμίας (IDQ) και συνεπώς η πολύ καλύτερη εγκυρότητα και αξιοπιστία στην λειτουργία του ενισχυτή.

Ακόμα ένα πολύ καινοτομικό ερευνητικό αποτέλεσμα πάνω στην βελτιστοποίηση του τελικού ενισχυτή ενός πομπού αναμεταδότη DVB-T, είναι η αύξηση της ποιότητας του εφαρμόζοντας την τεχνολογία μικροταινιακών κυκλωμάτων. Η εν λόγω δεν χρησιμοποιούνταν μέχρι σήμερα σχεδόν καθόλου στην Μπάντα III, για ψηφιακή τηλεοπτική μετάδοση. Ο λόγος αφορά κυρίως τις μεγάλες διαστάσεις των τυπωμένων γραμμών μεταφοράς οι οποίες πρέπει να σχεδιαστούν ώστε το μήκος τους να είναι το ένα τέταρτο του μήκους κύματος μέσα στην μάντα λειτουργίας του ενισχυτή. Ως αποτέλεσμα, σήμερα εφαρμόζονται σχεδόν εξ ολοκλήρου μόνο στην μάντα UHF, και σε

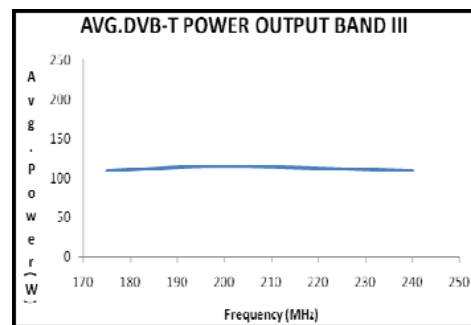
μικρότερη ισχύ εξόδου. Το βασικό πλεονέκτημα της τεχνολογίας μικροταινιακών κυκλωμάτων (Planar Transformers) έναντι των παραδοσιακών μετασχηματιστών ομοαξονικού καλωδίου, είναι ότι τα εν λόγω κυκλώματα είναι χαραγμένα πάνω στην ίδια την πλακέτα όπως παρουσιάζεται μεταξύ δύο όμοιων ενισχυτών στο σχήμα 4.

Ως αποτέλεσμα, αντικαθιστά πλήρως τους παραδοσιακούς μετασχηματιστές των κυκλωμάτων προσαρμογής της διαφορικής εμπέδησης της εισόδου και εξόδου του ενισχυτή Push-Pull, οι οποίοι μέχρι σήμερα κατασκευάζονταν από ομοαξονικά καλώδια.

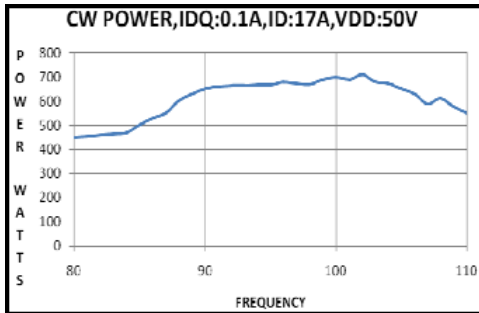


Σχήμα 4: Σύγκριση μεταξύ των δύο Ενισχυτών Σήματος DVB-T

Άλλο πλεονέκτημα της εν λόγω καινοτομίας είναι ότι μεγιστοποιείται η εγκυρότητα στην λειτουργία του ενισχυτή καθώς επίσης μειώνεται δραματικά το κόστος της παραγωγής του αλλά κυρίως συμβάλλει στην αποτελεσματικότητα του όπως φαίνεται από την γραφική παράσταση στο σχήμα 5. Παρόλα ταύτα πιο σημαντικό όμως επίτευγμα είναι ότι η εν λόγω εφαρμογή, όπως έχει σχεδιαστεί από εμάς και αποδεδειχθεί εργαστηριακώς από τις γραφικές παραστάσεις στο σχήμα 6, μπορεί να εφαρμοστεί επιτυχώς και στην μάντα III που αφορά πομπούς τελευταίας γενεάς που προορίζονται για άλλες εφαρμογές όπως το ψηφιακό ραδιόφωνο DAB/DAB+ η στην Μπάντα II σε πομπούς DRM+. Ανοίγει επίσης τις πύλες για ένα νέο ερευνητικό πεδίο σε πομπούς βραχέων κυμάτων όπου τα κυκλώματα προσαρμογής αποτελούνται εκτός από καλώδια και από ειδικά μαγνητικά υλικά γνωστά ως φερρίτες.



Σχήμα 5: Ισχύς Εξόδου DVB-T



Σχήμα 6: Ισχύς Εξόδου DRM+

Ως αποτέλεσμα η απλούστευση των εν λόγω κυκλωμάτων αποτελεί μια πολύ σοβαρή καινοτομία. Τέλος, οι εν λόγω ερευνητικά αποτελέσματα έχουν παρουσιαστεί σε δύο διεθνείς συνέδρια (World Academy of Science, Engineering and Technology) στο Λονδίνο τον Ιούλιο του 2014, και στο Βερολίνο τον Μάιο του 2015 καθώς επίσης έχουν δημοσιευθεί και τα αντίστοιχα επιστημονικά κείμενα. Θα χαρώ πολύ να προσφέρω περισσότερες λεπτομέρειες για τα εν λόγω θέματα σε οποιοδήποτε ερευνητικό φορέα η μηχανικό εφόσον επικοινωνήσει μαζί μου.