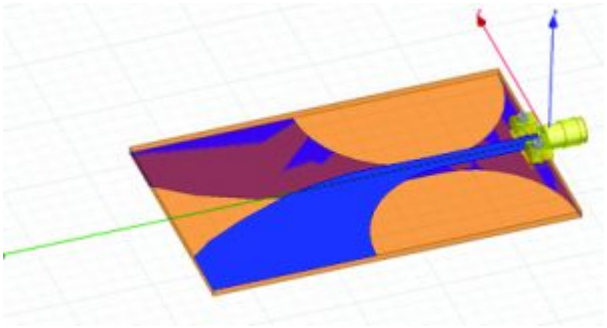
תכנון אנטנות כיווניות ורחבות סרט מסוג **Antipodal Vivaldi** ו **Ridged Horn –**

ישנם שימושים רבים עבור אנטנות כיווניות ורחבות סרט בתחומים של תקשורת, מערכות מכ”ם ומערכות רפואיות. למשל, ע”י אנטנות כיווניות ורחבות סרט ניתן להעביר קצב מידע גבוה לטווח גדול יותר. במערכות בהן נדרשת רזולוציה מרחבית טובה (Down Range), לדוגמא במערכות ראיה דרך קירות או הדמיית מיקרוגל בגוף האדם, נדרשת אנטנה כיוונית רחבת סרט. מבין המערכות מכ”ם הנפוצות הן מערכות חודרות קרקע למטרת גילוי אובייקטים באדמה, או מערכות מכ”ם לרכב בעלות יכולת להקטין משמעותית מספר תאונות הדרכים. מערכות ראיה דרך קירות משמשות באיתור מיקום של האנשים או חפצים אשר הנמצאים בצדו האחר של מבנה, לדוגמא קיר. מערכות אלו יכולות להיות שימושיות בתחום של כיבוי והצלה או בתחום הצבאי. לחלק מהאפליקציות המוזכרות, בנוסף לפרמטרים החשמליים של האנטנה, ישנה משמעות רבה למאפיינים המכניים של האנטנה, לדוגמא, ממדים קטנים ומשקל נמוך.

בעבודה הזאת, נציג שתי אנטנות כיווניות רחבות סרט: אנטנת Vivaldi ואנטנה Ridged Horn. תכנון של אנטנות נעשה ע”י שימוש בתוכנת סימולציה אלקטרומגנטית ANSYS HFSS במישור התדר, בשיטת חישוב FEM ((Finite Element Method)).

אנטנת Vivaldi פשוטה וזולה ליצור (ניתן לייצר ממוליך, לדוגמא אלומיניום, או ע”י שימוש במעגל מודפס), העובדת בתווך תדרים רחב ובעלת צורה שטוחה, מה שהופך אותה לפופולרית. במקרה של שימוש בטכנולוגיה של מעגלים מודפסים, האנטנה מורכבת ממצע דיאלקטרי, כאשר משני הצדדים ישנם מוליכים, בדרך כלל מנחושת.

באיור 1 מוצגת אנטנה מסוג Antipodal Vivaldi. את רוחב הסרט ניתן להשיג ע”י שימוש בפרופיל אקספוננציאלי של המוליכים. האנטנה מוזנת ע”י מחבר קואקסיאלי המתחבר לקו מיקרוסטריפ.

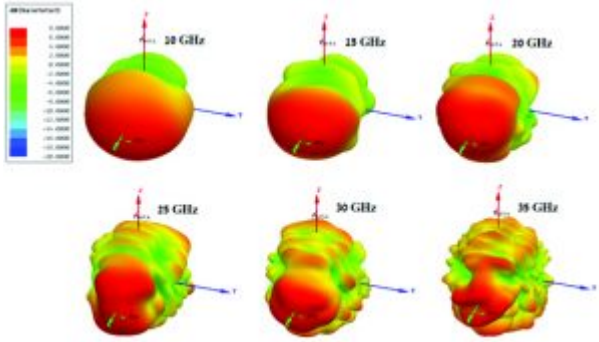


איור 1 – אנטנה מסוג Antipodal Vivaldi

באנטנה הנ"ל השתמשנו במצע דיאלקטרי מסוג Rogers 4350B, מקדם דיאלקטרי EpsR=3.66 ו – Loss Tangent=0.0037 עם ממדים 45mmX25mmX0.762mm. האנטנה מוזנת ע"י מחבר קואקסיאלי עם אימפדנס אופייני 50 אוהם. כמובן חשוב להשתמש במחבר מתאים לתחום התדרים של האנטנה, כאשר תדר הקטעון של האופן הגבוה הראשון הינו מעל התדר המקסימלי שאנטנה צריכה לעבוד.

איור 2 מתאר את המקדם החזרה של האנטנה. ניתן לראות שישנו תיאום אימפדנסים טוב (מקדם החזרה נמוך מ – 10- dB) בתחום תדרים רחב.

איור 2 – מקדם החזרה של האנטנה מסוג Antipodal Vivaldi



איור 3 מראה את השבח הכולל של האנטנה בתדרים שונים.

איור 3 – עקומי קרינה של האנטנה מסוג Antipodal Vivaldi

ניתן לראות שבתדרים גבוהים הצורה של עקום הקרינה מתעוות יותר . ניתן לשפר זאת במידה מסוימת ע”י שינוי צורה של מוליכים . חשוב לזכור , שלמרות שיש תיאום אימפדנסים טוב עד 40 GHz אינו מבטיח עבודה תקינה של האנטנה , מפני שחשוב להסתכל גם על עקום הקרינה .

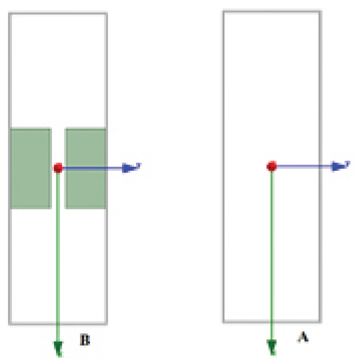
אנטנה נוספת כיוונית ורחבת סרט הינה מסוג Ridged Horn.

באופן כללי , אנטנת שופר מורכבת משני חלקים . החלק הראשון נקרא גלבו (waveguide). גלבו הוא מבנה להובלת גלים אלקטרומגנטים . בדרך כלל מבנה הגלבו הוא צינור מתכתי חלול עם חתך מלבני , מרובע או עגול , אך קיימות גם צורות נוספות . לפעמים ניתן למלא את החלל של הגלבו בחומר דיאלקטרי , על מנת להקטין ממדים או לעזור בתיאום אימפדנסים . החלק השני הוא גוף מתכתי אשר נפתח בצורה דומה לשופר ובעזרתו אנו מקבלים תיאום אימפדנסים טוב יותר בין הגלבו לבין החלל החופשי ושבח אנטנה גדול יותר (תלוי בגודל מפתח האנטנה).

ממדיים של חתך הגלבו והחומר הדיאלקטרי הממלא את חלל הגלבו מגדירים את תחום העבודה של ההתקן . בתוך הגלבו מתפתחים אופנים שונים – צורות שונות של גל אלקטרומגנטי (פתרון של משוואת הגלים עבור חתך הגלבו).

כאשר משתמשים באנטנות כיווניות המבוססות על גלבו (waveguide) מלבני , בדרך כלל רוצים לעבוד בתחום התדרים בין האופן TE10 לבין האופן TE20. במקרה כאשר עובדים בתדר מעל תדר קיטעון של האופן TE20, במקום לקבל שבח מקסימאלי בכיוון הניצב לחתך של הגלבו , מקבלים “חור ” בעקום הקרינה .

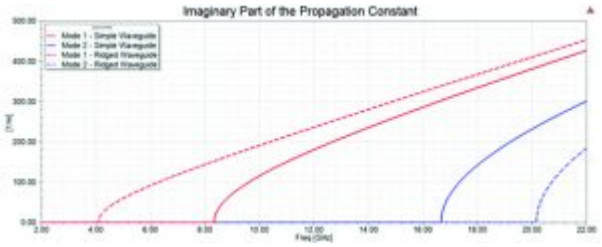
ניתן להרחיב רוחב הסרט בין האופנים TE10 ו – TE20 ע”י הכנסת קורות מתכתיים בגלבו , כפי שניתן לראות באיור 4.



איור 4 – חתך של גלבו

A – גלבו מלבני רגיל , B – גלבו מלבני מסוג Ridged

איור 5 מציג את מקדם ההתפשטות עבור שני המבנים . ניתן לראות בצורה ברורה שעבור גלבו Ridged□□□□ מקבלים תחום עבודה גדול יותר בין האופנים TE10 ו-TE20 .

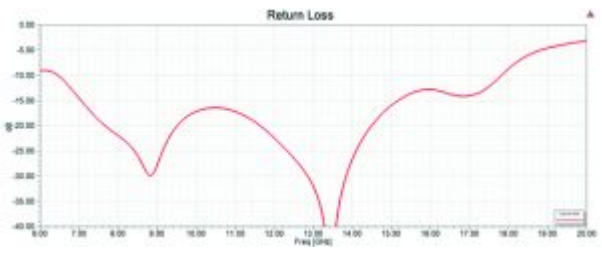


איור 5 – גרפים של מקדמי התפשטות עבור גלבו מלבני רגיל ומסוג Ridged

מכאן , נעבור לאנטנת שופר מסוג Ridged, המוזנת ע״י מחבר קואקסיאלי , כפי שמוצג באיור 6.

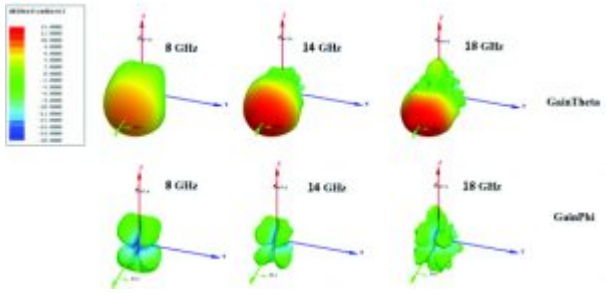
איור 6 – אנטנה שופר מסוג Ridged

אחת החסרונות של האנטנה היא משקל . במבנה של השופר , ישנן קורות עם צורה משתנה על מנת לבצע תיאום אימפדנסים הדרגתי לחלל החופשי , מה שעוזר להרחיב את רוחב הסרט . גודל המפתח של השופר משפיע על שבח האנטנה . החלק האחורי של האנטנה נועד לעזור לתיאום אימפדנסים . איור 7 מתאר את המקדם ההחזרה של האנטנה .



איור 7 – מקדם החזרה של אנטנת שופר מסוג Ridged

10- – □ □□□□ □□□□□ □□□□ □□□□ □□□□□□ □□ □□□□ □□□□□ □□□□□ □□□□ Co- □□□□ □□□□ □□ □□□□ 8 □□□□ .GHz 18 □□□□ □□□□ GHz 6.5 □□□ dB .□□□□□ □□□□□□ □□□□□□ □□ X-Pol – □ Pol



– □ Co-Pol □□□□ Ridged □□□□ □□□□ □□□□□ □□ □□□□□ □□□□□ – 8 □□□□ X-Pol

.□□□□ □□□□□□□ □□□□□ □□□□ □□□□□□ □□□□□ □□□□

:□□□□□□

[1] E. G. Tianang, M. A. Elmansouri and D. S. Filipovic, "Ultra-Wideband Lossless Cavity-Backed Vivaldi Antenna", IEEE Transactions on Antennas and Propagation, vol. 66, Issue: 1, .pp. 115-124, 2018

[2] S.-A. Malakooti, M. Moosazadeh, D. C. Ranasinghe and C. Fumeaux, "Antipodal Vivaldi Antenna for Sum and Difference Radiation Patterns With Reduced Grating Lobes", IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters, vol. 16, pp. 3169 – .3142, 2017

[3] V. Lingasamy, Krishnasamy T. Selvan, Trevor S. Bird and V. Venkatesan, "Uncertainty Estimation in the Two-Antenna Gain Measurement of a 4.8-11-GHz Double- Ridged Horn [Measurements Corner]", IEEE Antennas and Propagation Magazine, vol. 59, .Issue: 1, pp. 110–113, 20117

[4] T. S. Beukman, P. Meyer, M. V. Ivashina and R. Maaskant, "Modal-Based Design of a Wideband Quadruple-Ridged Flared Horn Antenna", IEEE Transactions on Antennas and Propagation, vol. .64, Issue: 5, pp. 1615 – 1626, 2016

הכתבה באדיבות **EM Infinity.** לפרטים נוספים ניתן לפנות למשרדי החברה.

על המחברים:

ולדימיר וולפין

מר ולדימיר וולפין בעל תואר שני בהנדסת חשמל עם התמחות באלקטרומגנטיות מאוניברסיטת בן גוריון. בעל ניסיון מעל 13 שנים בפיתוח בתחום אנטנות, רכיבי מיקרוגל פאסיביים, אלקטרומגנטיות הביו-רפואית וסימולציות אלקטרומגנטיות.

פולינה אוסיצ'נסקי

גב' פלינה אוסיצ'נסקי בעלת תואר ראשון בהנדסת חשמל ואלקטרוניקה בתחומי התמחות אנטנות ומיקרוגלים.