

האנטנה המהוללת HB9CV

מאת אלי קובו 4X4LH

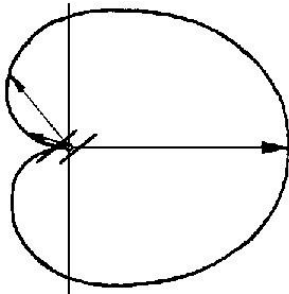
תגידו מה שתגידו על השייצרים אבל ראש טוב, מחשבה אנליטית ודייקנות יש להם ועל כך אני מוריד את הכובע בפניהם. עד שהם לא המציאו את השעון המכני עם קפיץ, השתמשו בשעוני חול, נרות עם סימוני השעות וכו'. מי המציא את הגפרורים למשל?...? - ניחשתם !

כך קרה עם האנטנה שאביא כאן מאותה המשפחה של ה ZI Special, אבל הרבה יותר טובה ממנה מכל הבחינות. ה ZI Special בנויה משני Folded dipoles מחוטים ותלויה בשתי נקודות. האפשרות היחידה לקבל כוון קרינה נוסף היא להפוך אותה פיזית במישור האנכי. זה לא מצא חן בעיני החובב הדקדקן HB9CV- Rudolf Baumgartner. התישב, חישב, תיכנן ובנה אותה בשנת 1954 מצינורות עם כמה יתרונות מוצלחים כל כך שהוצא ספר שכולו מוקדש לה: Fuchs-Collins "HB9CV RichtAntenne mit Allen Variationen" Frech Verlag 1984. כמה מהיתרונות שלה הם:

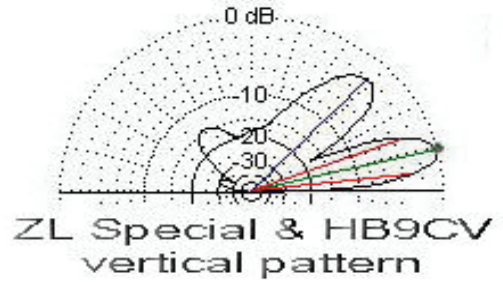
- 1) שני האלמנטים לא חתוכים באמצע ולא מבודדים, אלא חתיכה שלמה אחת – יתרון מכני!
- 2) האנטנה מאחדת את היתרונות שלה עם היתרונות המכניים של אנטנת Yagi.
- 3) האלמנטים מחוברים חשמלית אחד לשני ומוזנים בבת אחת (לא כפרזיטים)
- 4) תאום ישיר לעכבת האופיינית של קואקס. בנייתה קלה וניתנת לסיבוב.
- 5) זווית קרינה נמוכה יחסית גם על תורן נמוך. (כדי לקבל אותה זווית קרינה ביאגרי צריך להכפיל את גובה התורן)
- 6) שני האלמנטים שלה נותנים תוצאות של אנטנה בעלת שלושה אלמנטים – יותר מ 5dBd ! (ראה איור 2)

כאן יש להגיד כמה מילים על אנטנות יאגרי בעלות כמה אלמנטים, שכל כך באופנה אצל החובבים האמריקאים. הן מבוססות על העבודה של הפרופסור היפני Shintaro Uda שהמציא בשנת 1926 אנטנה המורכבת מאלמנטים המצורפים לדיפול. עזר לו במלאכה Hidetsugu Yagi שידע קצת אנגלית ופרסם בשנת 1928 לראשונה באנגלית את דבר עבודתם. פרי עמלם נשכח ביפן במהרה - עד למלחמת העולם השנייה. טכנאי מוטס שנפל בשבי היפנים פלט את השם "יאגרי" כשנשאל על הדבר הזה המורכב באף המפציץ. כשהפרט הזה הגיע למודיעין האוירי היפני הם הבינו איך מתבייחים על מטרה בדייקנות בעזרת ההמצאה היפנית דווקא - שהם זנחו... - חאראקירי בחיל האויר היפני! פעולת אנטנת "יאגרי" נראת כך: הגל המשודר מהדיפול המוזן יוצר מסביבו קרי כח שחלקם הגדול יוצא ומתפזר באויר. אם נמקם בקרבתו דיפול נוסף ודומה לו, הוא יקלוט חלק מהגל וימהר לפלוט אותו גם לכל כוונים. אם מיקומו יהיה במרחק מתאים מהמקור הראשי - הפליטה של שניהם תהיה באותה פזה והם יאחדו כוחות וישלחו את התוצאה לדרך. כך עובד דיפול קידמי – דיירקטור. תרומתו של דיפול מאחורי המקור הראשי תבטא באותה צורה בתנאי שהוא ממוקם במרחק כזה שההחזרה ממנו תהיה בפה עם הגל של שני הדיפולים שלפניו. בשידור הוא גם יעזור לבלום גלים המנסים להתפרץ לאחור. בשעת קליטה ימנע אותות לא רצויים הבאים מאחור. אם כל התהליך הזה היה קורה בחלל או במטוס, הדיפולים היו פולטים את הגל במישור שהם נמצאים בו- ישר קדימה (איור 1). מה מעלה ו"מקפלת" את החצי התחתון ברובו על העליון - גם טוב... (איור 2) הפעולה של אנטנה כזאת הסתמכה על הקשר האלקטרומוגנטי בין האלמנטים, שמישהו דל שפתיים קרה לו קשר פרזיטי.

לעומת הקשר האידווקטיבי הזה, בא הקשר החשמלי הקשיח שמזין את שני הדיפולים בבת אחת ושניהם הופכים למקרנים תוך תאום מלא של הפזה! הגדולה של ה HB9CV קודם כל בכך שמאפשרת לגל על כל אורכו "להתלבש" על אלמנט שחתוך בשבילו במדויק, כיאה ל Monobander! בנוסף לכך, הפיכת הפזה של הרפלקטור כלפי המקור יוצרת "דחיפה" חזקה קדימה ומשווה אותה ליאגרי של שלושה אלמנטים. במקרים מסוימים מתקבל יחס קדימה אחורה – Front to Back ratio של 50dB ויותר! רוב האנטנות האירופיות מנצלות את העיקרון הזה.



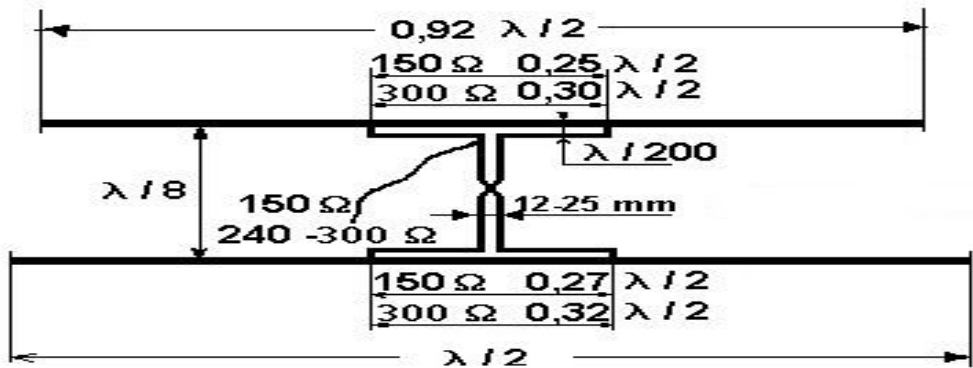
איור 1: קרינת HB9CV בחלל (מבט מהצד)
החצי התחתון קיים ופעיל



איור 2: קרינת האנטנות "האחיות" במציאות (מבט מהצד)
החצי תחתון "מקופל" על החצי העליון

איור 3: אנטנה HB9CV במלוא הדרה ומידותיה להזנה סימטרית של 150Ω ו 300Ω

הצינור בין שני האלמנטים הוא מאלומיניום או פיברגלס מרובע ונושא עליו את "המערכת" נמחברת ביניהם. אורכו

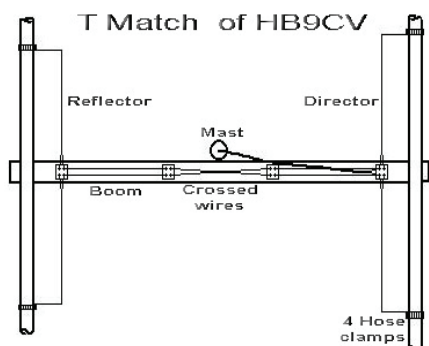


לגל ה 20 מטר בסך הכל 1,90 מטר. עליו מונחות 3 - 4 "לוסטרה קלמות". אל שתי הקיצוניות מתחברים החוטים של ה T match הסימטרי. עוביים 2~ מ"מ. באמצע יש להצליבם! ראה איור 4. אפשר להצמיד בלון 4 : 1 ולהוריד את העכבת ל 75Ω עבור קואקס עם עכבת כזאת. אם למשרד אמצעי כוון להעמסת האנטנה לעכבת שונה מ 50Ω , מלאכתנו הסתיימה, אם לא, נוסיף עוד בלון 1 : 1 שיוריד אותה ל 50Ω .

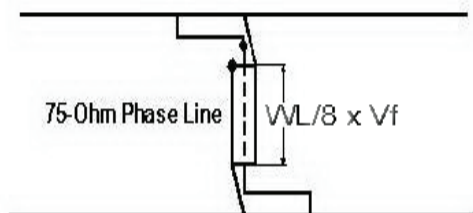
להזנה אסימטרית שתכונותיה החשמליות מאפשרת חיבור ישיר לקואקס של 75Ω שאורכו כ 1,75 מטר. ממנו צריך להוריד את העטיפה המיותרת משני הצדדים ולהשאיר עטיפה באורך של שמינית אורך גל כפול גורם הקיצור של סוג הקואקס:

$$\lambda \cdot 8 \times Vf = L \quad 14,2 \times 0,66 = 118\text{mm}$$

את החוט האמצעי נחבר לקצה הקרוב של ה Gamma match. ראה איור 5. את הסיכוך נשמר ע"י כבל מתכווץ shrink cable ונחבר אותו לאמצע המדויק של האלמנט ע"י נעל כבל או באנד. כדי לא לקלקל את תכונות הקואקס כ"צינור למעבר" האנרגיה, יש להניח אותו על קוביות המרחיקות אותו 1-2 ס"מ מה Boom המתכתי מכוןן שה Velocity factor משתנה במקצת מהקירבה למתכת. לחלופין כדאי מאד להשתמש עבור הבוס בפיברגלס בפרופיל מרובע או מלבני.



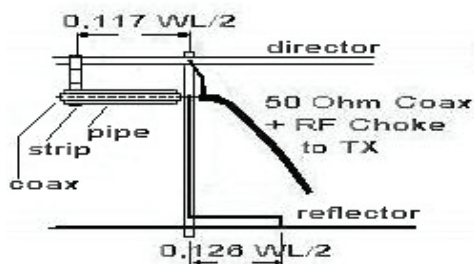
איור 4: הזנה סימטרית T match וירידה עם 300Ω



איור 5: הזנה ע"י Gamma Match דרך קואקס 75Ω

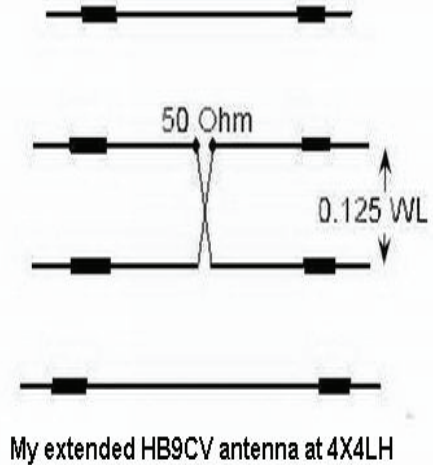
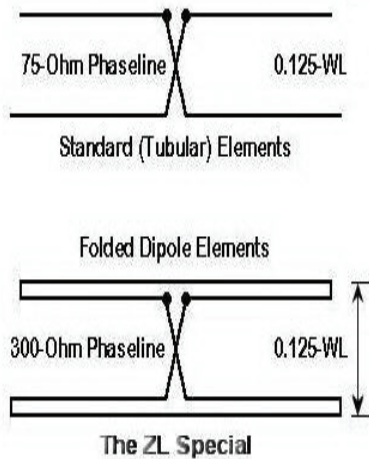
איור 7: מתאם גמה קלאסי - צינורית אלומיניום ובתוכה קואקס ללא הסיכוך - רק על הדירקטור

איור 6: Gamma match ל 50Ω בעזרת חתיכה אחת של חוט ~ 2 מ"מ מקצה לקצה



ניתן לבצע את כל הסיפור הזה ע"י חתיכה ארוכה אחת של חוט חשמל בעובי ~ 2 מ"מ ולהגיע איתה מקצה אחד של ה matching עד לקצה השני של האלמנט השני. הקטנת האורך של ה Gamma match לפי איור 6 תוריד את עכבת הכניסה לאנטנה ל 50Ω. חיבורי קצות החוט המתאם נעשים ע"י באנדים (איור 4) שמאפשר תזווה קטנה ימינה או שמאלה, כדי להגיע ל SWR מינימלי. כדאי להושיב את החוט על קוביות של 1-2 ס"מ, או להעביר אותו דרך "לוסטרה קלמות" ולחזק אותם ב "אזיקונים". אם יש לך גישה לצינור פיברגלס אמליץ לבנות את ה Boom ממנו.

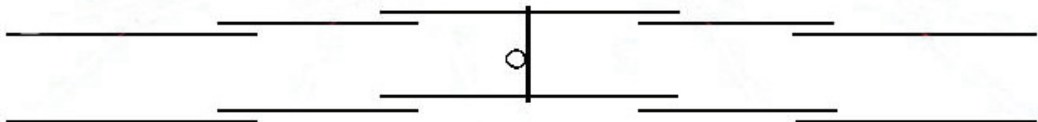
אמנם האנטנה הזאת היא סלחנית לשגיאות אך אם רוצים להגיע ליג"ע נמוך צריך להיות מוכנים לשנות במקצת גם את אורך האלמנטים. השנוי נעשה בחיבור הצינורות הראשון הקרוב למרכז – קודם לסמן עם lord נגד מים - כמה סימוני סנטימטרים משני הצדדים – לפתוח את באנדר, ולהכניס או להוציא את הצינור הבא באותה מידה בשני הצדדים. כך נעשה שנוי מבוקר באורכו של אלמנט. רק אם יש צורך! להזכירך – יג"ע של 1:1,2 הוא טוב מאד!
דרך נוספת לבצע את תאום הגאמה היא הצורה הקלאסית של הכנסת קואקס מגולה מהסיכוך שלו לתוך צינורית מאנטנת טלוויזיה, המתאים לעובי הקואקס. צורה זו יוצרת קיבול קטן בין החוט המוביל לצינור וע"י הזנת הצינור כלפי הקואקס, להגיע לקיבול המבטל שאריות של inductive reactance ובכך להשיג עכבת אוהמית מדויקת של 50Ω. (ראה איור 7).



איור 8: התפתחות האנטנה מ ZL Special "ועד" לצורת היישום שלי

לי עצמי היה ניסיון יוצא מהכלל עם האנטנה הזאת. הרבה שנים השתמשתי באנטנת שלושה אלמנטים לשלושה גלים מתוצרת Fritzel הגרמנית לשלושה גלים. כדי ללמוד על שאר התנובה שלהם התכתבתי עם DJ2UT שהיה המתכנן של האנטנות שלהם, מבוססות על ה HB9CV ולמדתי היטב את הרעיונות שלהם. באחת ההודמנויות נפלה לידי אנטנה Mosley האנגלית. השתמשתי ב driven element שלה והוספתי אותו לאנטנה המקורית עם קשר הופך פזה. נתקבל מערך של HB9CV עם ארבעה אלמנטים - לשלושה גלים. הוספת האלמנט והזזת שאר האלמנטים הורידה את העכבת ל $\sim 50\Omega$ על שלושת הגלים. אינני יכול להביא מספרים מדויקים כי לא היו לי אז הפינוקים של היום, כגון מד עוצמת שדה, מד עכבות וכו', אך SWR היה מאד נמוך והמגרות המלאות QSL's יעידו על הצלחה יוצאת מהכלל של האנטנה הזאת בקונפיגורציה הנ"ל. (ראה איור 8)

Pipes layout for HB9CV



איור 9: הדגמה סכמטית של חיתוך הצינורות השונים. אחד ניכנס בתוך השני כ 20 ס"מ

האלמנטים נראים קצת ארוכים, אבל יש לזכור שאין כאן סלילי traps כבדים בקצות האלמנט כמו באנטנות multiband. אם נתחיל את המבנה עם צינור מרכזי בקוטר של ~ 30 מ"מ והצינורות הנוספים יתאימו טוב אחד לתוך השני - נגיע בשלום לקצות האלמנט בלי התכופות גדולה מדי. אם בכל זאת חרדה נפשך, אפשר לקשור את קצות האלמנטים לתורן המרכזי עם חוטי ניילון של דייגים. את חמשת הפרקים של כל אלמנט (20 מטר) אפשר לחזק אחד לשני בעזרת באנדים. לגלים הגבוהים יותר 10, 15 מטר חוסכים בהתאמה את החוליות הקיצוניות. לבונים את אנטנת ה HB9CV ולשאר הקוראים אהל: העז, בנה - ותהנה!

Reference:

HB9CV Rudolf Baumgartner "L'Origine et principe d'antenne directive HB9CV"

Y21BK Karl Rothamel "Antennenbuch"

W4RNL L.B. Cebik "Some notes on Two Element Horizontal Phased Arrays" - Internet

K4JZB R. Zimmer CQ Magazine April 1983