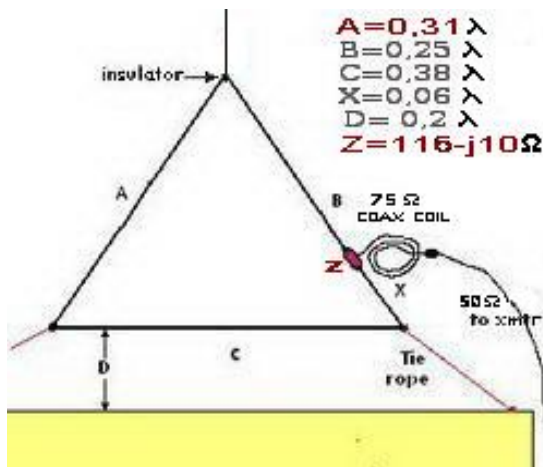


אנטנת "משולש" — Delta Loop מאת אלי קובו 4X4LH



Heinrich Rudolf Hertz



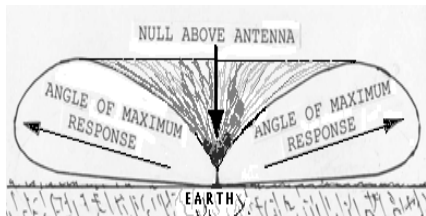
שרטוט 1 Equilateral Delta Loop
אנטנת דלתה – משולש שווה צלעות

תמונה 1 הינריך הרץ - חוקר התפשטות גלי הרדיו

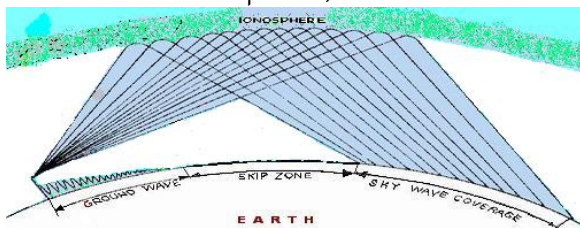
"הביטו באנטנת "משולש" זו - איך אחבר חוט סגור כזה למשדר שלי! זה קצר שיגרום ניצוצות, פיצוצים ועשן עד לב השמיים"- יגיד זה שחשמל הוא הידע החזק שלו. חברו שגילה שחשמל עובד לא רק ב 50 Hz אלא הרבה למעלה מזה ייתחס לדבר קצת אחרת.

בהזדמנות זו ארשה גם לעצמי לחלוק כאן כבוד לאדם גדול שהתקשורת וחובבות הרדיו מושתת על מימצאיו! אנטנת ה Loop ידועה מימי של Heinrich Hertz, ממשפחה יהודית (שהתנצרה) מהמבורג. תלמידו של קירכהוף. ב 1888 הוכיח את התאוריה של מקסוול ופאראדיי שאותות חשמליים יכולים לעבור "באוויר" ממקום למקום! ניסיונותיו להעביר אותות רדיו נעשו תוך שימוש בסליל גדול בעל כריכה אחת -- Loop! היום התפתחה האנטנה הזאת לריבוע ומעגל, לאנטנת Diamond, ל Quad ועוד מגוון צורות. מחקריו היו כל כך יצירתיים וחובקי עולם תרתי משמע, שיותר מאוחר השתמש בהם אלברט איינשטיין לביסוס תורת היחסות שלו. אחיינו גוסטב הרץ קיבל פרס נובל ובנו של גוסטב המציא עבור הרפואה את האולטרה-סאונד. רק לחשוב כמה טונות של IQ מהסוג המשוכח זה איבדה האנושות כולה בעיקבות השואה!?

נחזור לענייננו... אם אתה רוצה לדבר עם תחנות DX ולא רק להחלפת רפורט בשעת תחרות, עליך לחסום את האותות הבאים מלמעלה (מהיונוספירה), כגון רעשי רדיו בצורה של סופות רעמים, Splatters וסתם QRM – שרטוט 3. אנטנת ה Loop משיגה בדיוק את הדבר הזה: ע"י "החור השחור" שמעליה לא נקלוט תחנות קרובות ובזכות זווית הקרינה הנמוכה, תחנות ברדיוס ~3000 הקילומטרים הקרובים, נשארות בשטח מת. תופעה זו היא ה Skip Zone. זה קורה בין סוף גלי הקרקע, לבין גל הקרקע הראשון שחוזר מהיונוספירה – שרטוט 2. אחרי השטח המת הזה, יופיעו אותות שלא חלמת לשמוע, כל שכן לדבר איתם!



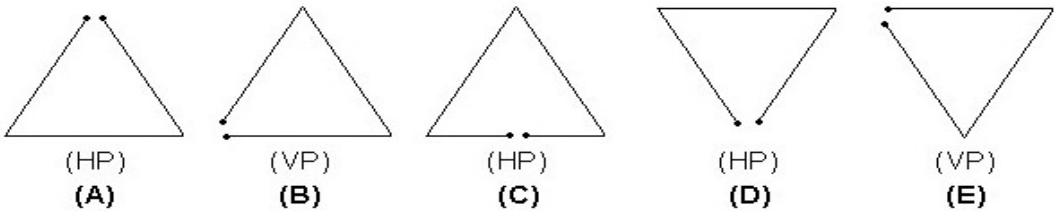
שרטוט 3 זווית הקרינה אל האופק.



שרטוט 2 Skip Zone - גל הקרקע והחזרה הראשונה מהרקע

כאן המקום לחזור ולהבהיר שאנטנות שאני מביא ב"הגל" (א) חייבות להיות זולות ופשוטות לבנייה, מתאימות למשדרים (המוגבלים) של היום, הבנויים עם עכבת יציאה של 50Ω בלבד (ב) בשום אופן לא זקוקות לרדיאלים או Counterpoise, שיסבכו אותנו עם מתקני דודי שמש או עם מכסחת הדשא, (ג) מציגות את היכולת המירבית שלהן בהפעלתן כ Monobander - ללא סלילים - רק לגל אחד!

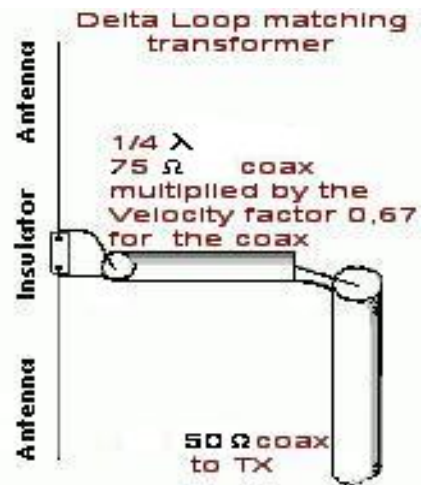
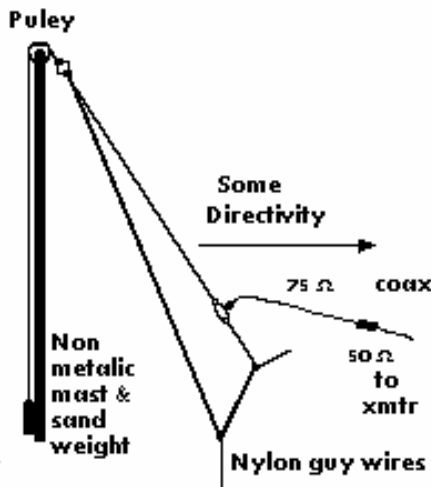
העמסת אותה אנטנה לגלים נוספים - בכוח, בעזרת ATU - אנטנה טיונר, משולה לחליפה המולבשת על כמה אנשים ולא מותאמת טוב על אף אחד מהם - בגדר תפסת מרובה לא תפסת! ניתן להעמיס אפילו סיכה בעזרת אנטנה טיונר - העמסה תהיה בסדר, המשדר יעבוד בסדר אך מבחינה פיזיקלית הגל יחפש להתפתח ולצאת לאויר על משהו המתאים לאורכו הפיזיקלי - הנקרא תהודה - ולא יימצא אותו! התוצאה? יעילות קרינה נמוכה! מ 100 ואט שלנו ייצאו לאויר 10 ואט - לתחילת מסע של אלפי קילומטרים! כמוכן אפשר להעמיס אנטנה יותר ארוכה מאורך הגל של המשדר (בעזרת ATU), אך אז נאבד את התכנית (ה Pattern) המקורית של האנטנה ויתחילו להיווצר lobes לכל מיני כוונים מפוצלים ובלתי צפויים - אנטנה "נוחה" כזאת נקראת Multiband !!



(HP) : Horizontal Polarisation (VP) : Vertical Polarisation
 Each Side = $L/3$ $L = 306.5\text{m} / \text{freq (MHz)}$

שרטוט 4: כמה צורות של הזנת דלתה. המספר 306,5 במקום 300 הוא כדי שתתחיל עם עורך חוט ולא חוסר... HI..

ה Equilateral Delta Loop - משולש שווה צלעות, שהקפו אורך גל שלם! מומלצת על ידי מיטב הידענים בענייני אנטנות בין חובבי הרדיו בעולם, ואתה, כל שעליך לעשות הוא להשקיע כ 3-4 שעות בבניית אנטנה פשוטה וטובה זו וליהנות מהתוצאות.



שרטוט 6: מבנה של הדלתה עם גלגלת ומשקולת

שרטוט 5: מתאם קלאסי בין עכבת של 115Ω ל 50Ω

כדי להשיג את זווית השידור הנמוכה כדאי להפעיל את האנטנה בקיטוב אנכי. מקום ההזנה הוא בצד, במרחק של רבע אורך גל מהפינה העליונה – שרטוט 1. שם תמצא את העכבת הנוחה של 115Ω - 110. כלל יחודי של האנטנה הזאת הוא שהחוט המקביל לריצפה יהיה בגובה λ 0,2 ולא יותר. אם נגביה יותר, מתחילים לצרף כמו פרחים - lobes נוספים על חשבון הקרינה העיקרית.

אם לרשותך נקודת קשירה עליונה אחת ויחידה, יש לבנותה עם הקודקוד- Apex למעלה כבשרטוט 1. אפשר להשתמש בכל חוט שיחזיק את המתח המכני, החל מחוט נחושת 2 מ"מ או חוט שזור בקוטר דומה או חוט כביסה (פלדה) עם קושי מסוים בשעת ההלחמה. אם החוט מצופה פלסטיק צריך להכפיל את אורכי האנטנה בשרטוט 1 ב Velocity Factor (VF)=0,91. תשתמש בביצי חרסונה לקיבוע שלושת הפינות. שימוש בגלגלות של חבלי כביסה להרמה והורדה של האנטנה הוא דבר נוח וכדאי מאד. גם שימוש במשקולת שמתחת אוטומטית מבנה חוטי כזה – כדאי מאד – שרטוט 6. אם אין ברירה וצריך להעמיד את האנטנה בזווית כלפי הארץ, שרטוט 6, יש לצפות להפסד קטן בשבב ועלייה קטנה בזווית הקרינה. כווניות קצת יותר טובה.

אם ישנן שתי נקודות קשירה גבוהות, אפשר להפוך את המשולש, ולהזין בקודקוד למטה (שרטוט D4). במצב זה הקוטביות אופקית ותוכל לצפות לעכבת של ~135Ω, לשבב של ~6.2dbi, וזווית קרינה של 30 מעלות. גם לא רע! קיטוב אנכי משתלם בסיכום כללי בגלל זווית יציאת קרינה נמוכה – Low Take Off angle, למרות שהשבב מועט. ברור שכך או כך, היונוספרה מהפכת את הגל שלנו, כך שתחת DX מקבלת קיטוב שונה לגמרי, אך לפחות מה שבשליטתנו טופל היטב.

יהיה מעניין לראות אם יקום אי פעם מישהו וימציא אפשרות לשנות את קוטביות האנטנה שלנו מהתחנה, כך שאחרי כל הבלאגן שהיונוספרה יוצרת בעת החזרת האות ממנה, נוכל לסובב את (כפתור) הקיטוב, ונתכוונן לקיטוב המגיע ונחזק את אות ה DX. גם אנו נישמע אצלו חזק יותר - בסדר גודל של ~10 db נוספים (2 S Points)! האם זה רק חלום ליל קיץ??

בשעת כוון האנטנה (כל אנטנה) יש לטפל קודם באורכה כדי להביאה לתהודה בתדר העבודה המתוכנן למשל 14.200 kHz. כך המרכיב האהומי הטהור ביציאה יהיה מקסימלי.

הורדת העכבת מ Ω 115 ל Ω 50 נעשית בקלות ע"י כבל קואקס של 75Ω, באורך של λ 1/4 (שרטוט 4): לפי נוסחת תאום פשוטה:

$$Z_{match} = \sqrt{Z_{ant} \times Z_{tx}} = \sqrt{115\Omega \times 50\Omega} = \sqrt{5750} = 75,82\Omega$$

אפילו המדקדקים ביותר יסכימו שקואקס של 75Ω הוא טוב לביצוע טרנספורמציה תאום של עכבת כנ"ל. אורכו של המתאם? בבקשה:

$$L_{match} = 1/4 \lambda \times \text{Velocity factor of coax}$$

$$\lambda = 300/14,200 = 21,126 \text{ meter}$$

$$L_{match} = 1/4 \times 21,126 = 5,281 \text{ meter}$$

$$L_{match} = 5,281 \times 0,67 = 3,538 \text{ meter}$$

לפו הטבלאות ה Velocity factor של כבל קואקס RG 59 ודומיו הוא ~0,67

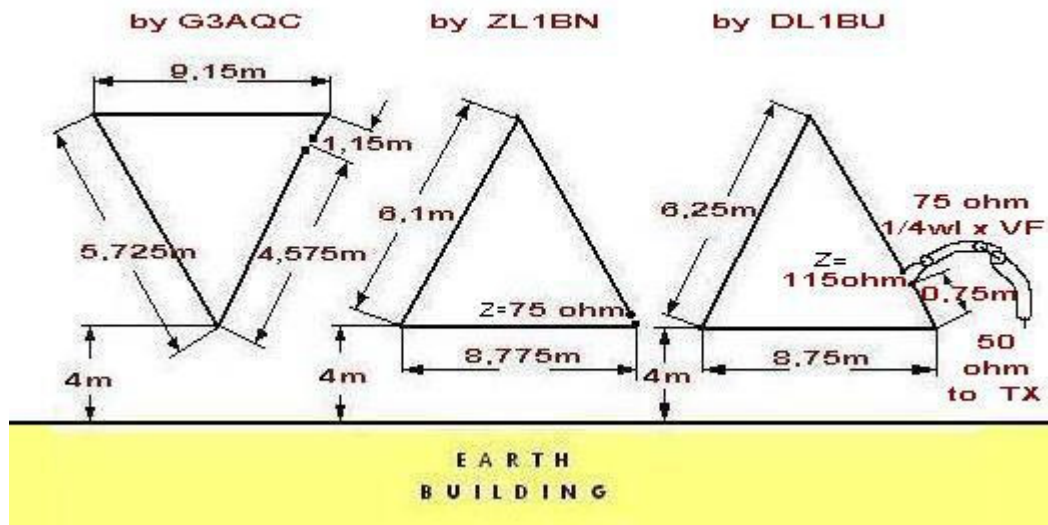
למתעמקים: גל רדיו רץ לאורכו של קו הזנה לפי אורך הגל שלו. לאחר חצי אורך גל של הקו, יחזור המתח והזרם להציג עכבת ככתחילת הקו. המצב שונה קצת כאשר יש לנו קו שאורכו רבע אורך גל. בתחילתו העכבת נמוכה ובסופו העכבת גבוהה בגלל שנוי מצב הזרם כלפי המתח. השימוש בתופעה זו מאפשר לנו להתאים עכבת של צד אחד לעכבת הדרושה לצד השני. הדבר הוא הכרחי מתוך ידיעה שבתאום טוב בין שתי מערכות אלקטרוניות נוכל לעביר מקסימום אנרגיה – זה חוק יסודי! במקרה הנוכחי נתאם עכבת יחסית נמוכה - 115Ω לעכבת הדרושה לקואקס שתואם את דרישת המשדר – כל זה בעזרת חתיכת קואקס RG 59.

את הסיכוך של קואקס תאום העכבות הנ"ל יש לחבר לצד התחתון (הקר) של האנטנה. יש לגלגל את קואקס התאום הזה לסליל של ~10 ליפופים (ליפוף ליד ליפוף ולדאוג שישאר כך) בקוטר ~20 ס"מ. זהו בעצם RF Choke עבור הצד החיצון של הסיכוך ומונע ממנו לשרד ולגרור להפרעות. ראה מאמרו המצויין של GM3SEK-- IAN WHITE בתרגומו של גידי רדין 4X4IO ב"הגל" מאפריל 2006 עמ' 27. אם יש בסביבת האנטנה נקודת אדמה אמיתית ולא צנרת מים מפלסטיק, כדאי לחבר אליה את הקצה הרחוק מהאנטנה של סליל הקואקס.

בעיית ההפרעות הפכה בשנים האחרונות למכה אמיתית, המרפה את ידיהם של הרבה חובבים בעולם וגורמת לעזיבת התחביב או לבריחתם לשדה מרוחק ו/או לשימוש ב QRP. מנגד עומדת אגודת חובבי הרדיו הגדולה ARRL ולא עושה הרבה כדי לשכנע את יצרני הטלוויזיות, מחשבים, טלפונים אלחוטיים וסלולריים וכו' להבטיח

חסינותם של המכשירים המודרניים מהפרעות חיצוניות (גם של מכוניות) כבר בשלב הייצור, למשל ע"י הכנסת איזה סליל וקבל קטנים במקום הנכון. כן, זה יעלה להם עוד כמה יואנים סיניים.
 אחד ההסברים לגבי אופן פעולתה של אנטנת הדלתה שנראה לי סביר: החוט שמתחת למקום ההזנה + החוט התחתון של האנטנה + החוט באותו אורך ממולו, משמשים קו תאום לשני רבעי אורך גל המחבורים בקודקוד! לכאורה מסובך, אך בקריאה שניה ומבט בשרטוט 1 יתברר הרעיון.

Vertically Polarized Practical Design



שרטוט 7: שלושה תכנונים ל 20m בהבדלים קטנים.

התכנונים של שלושת החובבים האלה הם לגמרי סטנדרטיים וההבדלים מסתכמים בחיפוש אחר נקודת התחברות שתהיה א) בעלת עכבת נוחה (וב) נוחיות גישה פיזית אליה. הקוטביות היא אנכית כמובן, כנדרש ל DX.

אצלי עובדת אנטנה כזאת ל 20 מטר - "אנטנת הבית". בשעת הקמתה נדרשתי לחצי תריסר עליות לגג כדי להכניס אותה למרכז תחום העבודה - 14,200kHz. היג"ע ירד ל 1,25:1 למרות קרבתה לחדר המעלית וגובהה מריצפת הגג של 2 מטר בלבד. זה היה לפני שנה - מאז לא נגעתי בה - לא היה צורך - קריאה שניה או שלישית עם 100 ואט ב Pile up וה DX עונה לי!

אני מאחל לכם בניה קלה ונעימה - ובעיקר הנאה מהתוצאות על האויר!

de 73 אלי 4X4LH

Reference:

Y21BK - Karl Rothammel - "Antennenbuch"-Telekosmos Verlag - 1984

K4TX - Chuck Stigberg - "75 ohm Impedance Matching"

W4RNL - L.B. Cevik

H5ANX - Sajid Rahim - "Delta Loop Design"

KA1FSB - Karl Norton - "Single turn loop antennas"- "What's so great about a loop antenna"

תיקון טעות

אלי קובו 4X4LH

במאמר שלי על אנטנת Delta loop (עמוד 26) בחוברת הקודמת (372) נפלה טעות מצערת. בשרטוט 1 סליל הקואקס המשמש RF Choke צריך להיות על הקואקס של ה-50Ω ולא על קו התאום שצריך להשאיר ישר ככל האפשר. כמו כן ההסבר בהמשך הטקסט צריך להיות כמשפט לעי"ל. ראה שרטוט מתוקן.

