

כל המידע על אנטנות פשוטות

מאת: בוב שריידר W6BNB (תרגם מהירחון QST : גדעון רדין 4X4IO)

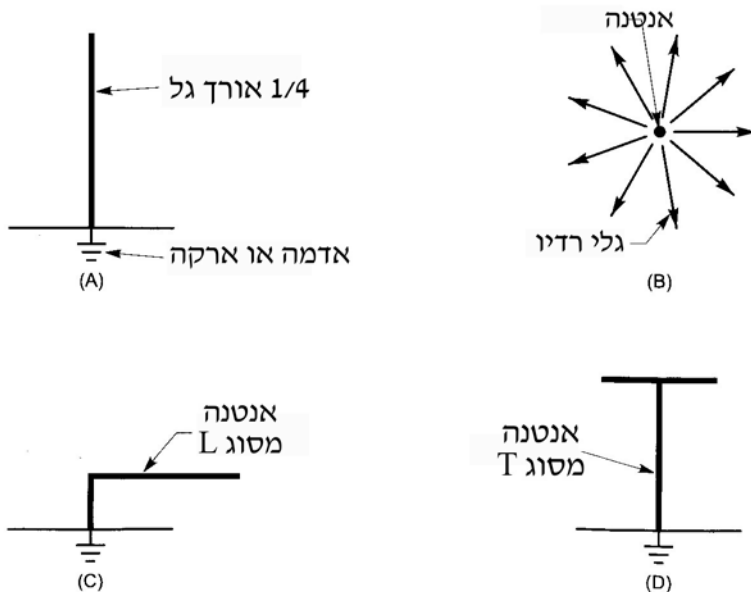
הערה: כל הנוסחאות והחישובים הותאמו לשימוש במטרים (m) במקום רגליים (ft)

מאמרים מצוינים רבים כבר נכתבו על כל הקשור באנטנות – במיוחד על המתקדמות שביניהן – כיצד הן פועלות בשידור ובקליטה, הכל אודות יחס גלים עומדים (ני"ע - SWR) כיצד להקרין מקסימום אנרגיה, איזה שיפור מושג אם מתקינים את האנטנה גבוה יותר, כיצד להקים תרנים ומגדלים, איך מושפעים או מוחזרים האותות מעצמים בסביבת האנטנה ועוד כהנה וכהנה. חומר הדין באנטנות בהיבט התיאורטי והמעשי, נמצא בשפע בירחונים מקצועיים ובספרי לימוד. אבל, איך יכול החובב החדש לבדוק מקמ"ש חדש לגלי ה-ת"ג (HF) במינימום קושי? הבה נתרכז יחדיו בהסבר פשוט ככל האפשר של האנטנות הבסיסיות.

סוגי אנטנות

קיימים רק שני סוגים יסודיים של אנטנות. הראשונה מצריכה חיבור לאדמה, מידתה $\frac{1}{4}$ אורך גל והיא נודעת כאנטנת "מרקוני". השנייה איננה מחייבת חיבור לאדמה, מידתה $\frac{1}{2}$ אורך גל והיא נודעת כאנטנת "הרץ".

הבה נדון תחילה באנטנת "מרקוני". איור 1A מראה אנטנת מרקוני אנכית פשוטה שמידתה $\frac{1}{4}$ אורך גל. אם נסתכל על קצה האנטנה ישר מלמעלה, ניווכח שנוצר מיתאר קרינה מעגלי מסביב לאנטנה, כפי שמראה איור 1B. פירוש הדבר כי עקרונית האנטנה משדרת / קולטת גלי רדיו במידה שווה לכל / מכל הכיוונים. באיור 1C, האנטנה "כופפה" לצורת L. אם החלק האופקי ארוך יותר מהחלק האנכי הרי שזו "אנטנת מרקוני אופקית" שתקרין ותקלוט טוב יותר בזווית ישרה לתיל האופקי. באיור 1D האנטנה נבנתה בצורת T. הזרועות האופקיות בקצה העליון של האנטנה משמשות להעמסה עליונה (top loading), אשר גורמת לאנטנה להתנהג כאילו שהייתה ארוכה יותר. אנטנת ה-T נחשבת עדיין לאנטנה אנכית, משום שבזרועות האופקיות זורמים בכל רגע נתון זרמים שווים אך מנוגדים ולכן אין מהן קרינה.



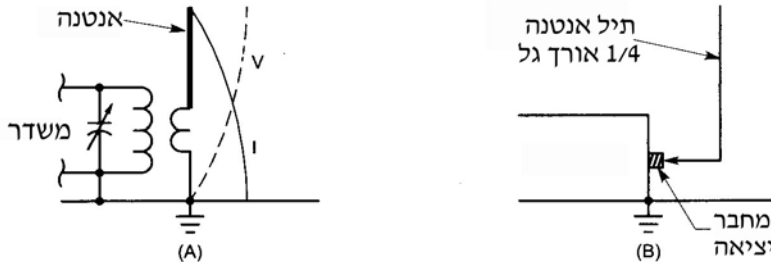
איור 1. שלוש גירסאות של אנטנת מרקוני ומיתאר הקרינה של אנטנה אנכית

אנטנת מרקוני אופקית או אנכית שתיבנה עבור הגל של 40 מטר (7 מה"צ) תהיה באורך של 10 מטר בערך (שהוא $\frac{1}{4}$ אורך גל), אבל אורכה יהיה שונה אם נשתמש בהעמסה עליונה כמו באיור 1D. הנוסחה לחישוב מידתה במטרים של אנטנת $\frac{1}{4}$ אורך גל היא $[71.3] / \text{MHz}$ (מספר קבוע - 71.3 - מחולק בתדר). אם נערוך את החישוב לאמצע התחום המותר באזורנו (7.050 מה"צ) נקבל תוצאה של 10.11 מטר.

החסרון של אנטנת מרקוני הוא שהיא זקוקה לחיבור טוב לאדמה. כדי שהאנטנה תפעל היטב, "אמא אדמה" או משהו אחר במקומה חייבים להשלים את גודל האנטנה לחצי אורך גל. במקום להשתמש בחיבור לאדמה, ניתן לפרוש מסביב לבסיס האנטנה מערך של תילים רדיאליים, מ-4 עד 30 במספר, שמידת כל אחד מהם $\frac{1}{4}$ אורך גל. כל הרדיאליים מתחברים יחדיו ליד בסיס האנטנה ויוצרים סביבו משטח מעגלי שבו הם מהווים רדיוסים. בדרך כלל קל יותר לפרוש מערך רדיאליים מאשר להשיג חיבור לאדמה שיהיה טוב בתדר רדיו. אפשר להניח את הרדיאליים על הקרקע, או לקבור אותם מעט באדמה, או אפילו למתוח אותם באוויר בגובה של 2 מטר בערך.

חיבור אנטנת מרקוני לציוד הרדיו

השיטה הישנה לצימוד (Coupling) של אנטנת מרקוני לסליל הכניסה של המקלט או לסליל היציאה של המשדר השפיעה במקצת על אורך האנטנה. בשיטה זו יצרו לולאה בעלת 2 או 3 כריכות ממוליך האנטנה ליד בסיס האנטנה תוך שימוש ב-30 עד 60 ס"מ ממוליך זה. קירוב הלולאה שנוצרה לסליל המבוא של המקלט או לסליל המוצא של המשדר יצר את הצימוד הדרוש, כפי שמראה איור 2A. יצירת לולאה מחלק מהמוליך של האנטנה מוסיפה השראות לאנטנה, ולכן האנטנה פועלת כאילו שהייתה ארוכה יותר. אם כך, יש לקצר את האנטנה כתלות במספר הליפופים שבלולאה, קוטר הליפופים והרווח ביניהם – ולכך אין תשובה פשוטה.



איור 2. צימוד האנטנה בשיטה הישנה (A) לעומת החיבור בשיטה החדשה (B). שימו לב שבבסיס אנטנת $\frac{1}{4}$ אורך גל אנכית, הזרם מירבי ואילו המתח מוערי.

קיימת שיטה פשוטה יותר ומודרנית יותר לצימוד אנטנת מרקוני אל ציוד החובבים (ראה איור 2B) אבל תחילה עלינו לבחון את אנטנת ה- $\frac{1}{4}$ אורך גל מבחינת מתח, זרם ועכבה.

דבר אחד בטוח לגבי כל האנטנות בתדר רדיו - המתח הגבוה ביותר יתקבל תמיד בקצה הרחוק של האנטנה, ולכן נתחיל מנקודה זו. אם נמדוד מרחק של $\frac{1}{4}$ אורך גל בחזרה מן הקצה, נגיע לנקודה שבה המתח יורד לשפל. במרחק של $\frac{1}{4}$ אורך גל נוסף מנקודת שפל זו נקבל שוב את שיא המתח. בכל מקום שבו המתח בשיאו - יהיה הזרם מינימלי. ואמנם, הזרם בקצה הרחוק של אנטנת $\frac{1}{4}$ אורך גל הוא כמעט אפס, ואילו בנקודת ההזנה הזרם נמצא בשיאו. ההספק שהאנטנה מקבלת מן המשדר הוא תמיד $P=VA$ (הספק = מתח x זרם), כך שחישוב ההספק ייתן עקרונית תוצאה קבועה בכל נקודה לאורכה של האנטנה.

עקום המתח (V) באיור 2A מייצג את ערכי המתח היחסיים המתפתחים לאורך האנטנה. נגיעה של גוף האדם בקצה הרחוק של אנטנת מרקוני המוזנת על ידי משדר 100 ווט תגרום לכוויה קשה. **אל תנסו להיווכח בכך - האמינו לי.** לעומת זאת, נגיעה בנקודת ההזנה של האנטנה, שהיא במרחק $\frac{1}{4}$ אורך גל מן הקצה הרחוק (ואשר בה המתח בשפל) לא תגרום שום כוויה.

עקום הזרם (I) באיור 2A מייצג את ערכי הזרם היחסיים שימדוד מד זרם ת"ר אם יחובר בטור לתיל האנטנה בכל נקודה שהיא לאורך התיל. כמו כן מצוין עקום זה את הערכים היחסיים של השדה המגנטי שיוצר תדר הרדיו. כדאי שלא להתקרב לאנטנה בנקודות של שדה מגנטי מקסימלי, ובכלל מומלץ שלא להתקרב לאנטנה בזמן שהיא משדרת.

ניתן לומר עקרונית כי ערכי העכבה של האנטנה יחסיים למתח שמתפתח לאורך האנטנה. מכאן נובע שהעכבה הגבוהה ביותר היא בקצה הרחוק של האנטנה (בדרך כלל מעל ל-2000 אוהם), והעכבה יורדת ל-50 אוהם בקירוב במרחק של $\frac{1}{4}$ אורך גל מן הקצה.

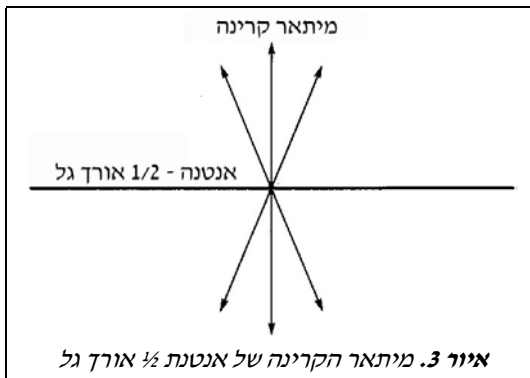
העכבה בנקודת הזינה של אנטנת מרקוני בסיסית היא בסביבות 37 אוהם. לרוב המקמ"שים המיוצרים כיום עכבת מוצא של 50 אוהם. ובכן, במקום להשתמש בחלק מאנטנת מרקוני כדי ליצור לולאת צימוד, אפשר לחבר את הקצה התחתון של האנטנה (לדוגמה - אנטנת $\frac{1}{4}$ אורך גל בתדר 14.175 מה"צ) ישירות למחבר המבוא/מוצא של המקמ"ש, כפי שמראה איור 2B. מובן שיש כאן אי תאום עכבות של 50/37.5, אשר גורם ליחס גלים עומדים

של 1:3, שאיננו רחוק מדי מן ה-יג"ע הנמוך ביותר שהוא 1:1. המכשירים המיוצרים כיום יכולים להוציא לאנטנה הספק מלא בתנאי שה-יג"ע קטן מ-1:2, ולכן ניתן להסיק שהאנטנה תפעל היטב על פני כל התחום המותר של 14 מה"צ. כמובן שניתן לשפר את התיאום בקצה העליון והתחתון של התחום על ידי שינוי אורך האנטנה, אבל השינוי הנדרש הוא ממש מזערי. לעומת זאת בתחומי החובבים הרחבים יותר – 21 ו-28 מה"צ – תהיה חשיבות רבה יותר לאורך הנכון של האנטנה.

כדאי לציין כי אם קצה האנטנה (אשר לו עכבה גבוהה) ימצא קרוב לאיזה שהוא עצם גדול כגון קיר, עץ גדול או בניין, יגדל הקיבול לקרקע, והאנטנה תפעל כאילו שהיא ארוכה יותר. במקרה כזה האנטנה תצא מהכוון לתדר הרצוי ויהיה צורך לקצר אותה במידה מסוימת.

כאשר תחום תדר החובבים רחב, במקום להשתמש באנטנות בעלות אורך שונה עבור תת-תחומים שונים, כדאי להשתמש במתאם אנטנה. התקן כזה כולל סלילים וקבלים אשר מאפשרים למפעיל להגדיל או להקטין את הקיבוליות או ההשראות על מנת לתאם את העכבה ש"רואה" המקמ"ש בקצה קו הזינה לעכבת המבוא/מוצא של המקמ"ש. בכל זאת, אם אורך האנטנה רחוק מדי מן הערך הנכון, לא יצליח מתאם האנטנה לעמוד במשימה ולהפחית את יחס הגלים העומדים במידה מספקת.

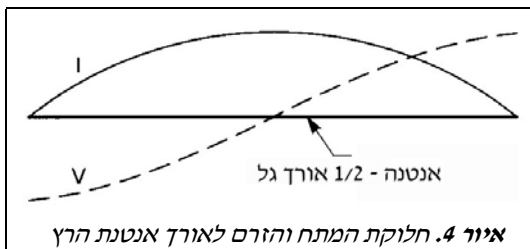
אנטנת הרץ



אנטנת הרץ נחשבת כרגיל לאנטנה תיל אופקית. בגודל של $\frac{1}{2}$ אורך גל התלויה בגובה כל שהוא מעל לקרקע. מיתאר הקרינה של אנטנה זו מוצג באיור 3. אם מסתכלים על האנטנה מלמעלה, מיתאר הקרינה שלה ייראה כמו הספרה 8, כאשר "אונות" של קרינת ת"ר מקסימלית יוצאות בכיוונים ניצבים לחוט האנטנה. באופן כללי, ככל שאנטנת הרץ מותקנת גבוה יותר, כן תגדל יעילותה. למעשה, אנרגיית האות הנקלטת במקלט המרוחק איננה רק תוצאה של גל הרדיו המשודר ישירות מן האנטנה, אל גם של גל הרדיו המוחזר מן הקרקע. הפרשי הזמן או הפרשי המופע בין הגל הישיר והגל המוחזר גורמים לקרינה מקסימלית או מינימלית בזוויות קרינה שונות מן האנטנה כלפי מעלה. כתוצאה מכך, האותות המוחזרים מן היונספירה יתקבלו בעוצמות שונות במרחקי דילוג (skip) שונים מן התחנה המשדרת.

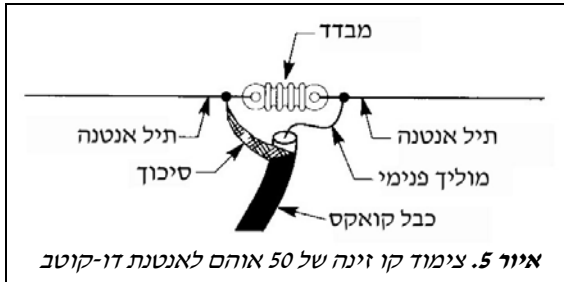
כשמרימים אנטנת הרץ מגובה אפס (שבו עכבת האמצע של האנטנה היא ביסודה אפס) לגובה $\frac{1}{4}$ אורך גל, תעלה עכבת האמצע של האנטנה ל-73 אוהם. הגבהה נוספת של האנטנה תעלה את עכבת האמצע שלה ל-90 אוהם בקירוב, אבל העכבה תחזור להיות 73 אוהם אם האנטנה תורם לגובה של $\frac{1}{2}$ אורך גל. כל הגבהה נוספת של $\frac{1}{4}$ אורך גל תחזיר את העכבה ל-73 אוהם, אבל ככל שיעלה הגובה מעבר לזה תישאר העכבה קרוב ל-73 אוהם.

שלא כמו באנטנת מרקוני, אין לאנטנת הרץ בדרך כלל חיבור לאדמה. כדי למנוע קליטה של מטענים אלקטרוסטטיים בעוצמה גבוהה מן האטמוספירה, יהיה זה נכון לספק נתיב פריקה לאלקטרונים של מטענים כאלה. אם כבל הזינה לא מספק חיבור לאדמה, ניתן לפרוק את המטענים האטמוספריים על ידי חיבור נגד בעל ערך גבוה (1 מגאוהם/1 ווט) בין נקודת החיבור של האנטנה למקמ"ש לבין הארקה.



איור 4 מציג את הערכים היחסיים של מתח וזרם על פני אנטנת $\frac{1}{2}$ אורך גל. הערכים היחסיים של העכבה עוקבים אחר עקום המתח. קו הזינה בין המקמ"ש לאנטנה מורכב בדרך כלל משני מוליכים מקבילים. קו הזינה חייב להתחבר לאנטנה בנקודה שבה עכבת האנטנה שווה לעכבה האופיינית שלו. אם קו הזינה מתחבר לקצה של אנטנת הרץ, עליו להיות בעל עכבה גבוהה שתתאים לעכבה הגבוהה שבקצה האנטנה. אם הקו מתחבר לנקודת עכבה נמוכה כגון אמצע האנטנה, עליו להיות בעל עכבה נמוכה. מכך משתמע כי אמנם קיימים קווי זינה שונים בעלי עכבות שונות.

קו הזינה המקובל הוא הכבל הקואקסיאלי הבנוי מתיל יחיד העובר בתוך "סיכוך" מתכתי גלילי, כשחומר בידוד חוצץ ביניהם. ניתן לייצר אותו עם עכבה אופיינית החל מעשרות אוהמים ועד למספר מאות אוהמים. לכלל שבו משתמשים החובבים בדרך כלל יש עכבה אופיינית בתחום של 50 עד 70 אוהם. אם נחבר כבל של 50 אוהם לאמצע של אנטנת הרץ היכן שהעכבה היא 73 אוהם, נקבל אי תיאום של 73/50, ולכן יתקבל יחס גלים עומדים של 1:1.46 שהוא ערך קביל.



כדי לבצע חיבור כבל קואקסיאלי לאמצע האנטנה, יש לחתוך את האנטנה באמצע ולקשור את שני הקצוות של החוט שנחתך לאוזניים של מבדד זכוכית או חרסין כפי שמראה איור 5. צריך לפרוס את הסיכוך של הכבל הקואקסיאלי לאורך 7 עד 10 ס"מ, לפתל את הסיכוך הפרוס יחדיו ולהלחים אותו לאחד מחצאי האנטנה. כמו כן יש להסיר כ-7 ס"מ מהבידוד של המוליך הפנימי ולהלחים את המוליך הפנימי הגלוי לחצי השני של

האנטנה (ראה איור 5). אמנם אין האיור מראה זאת, אבל מומלץ לקשור פיזית את הכבל הקואקסיאלי אל המבדד תוך שימוש בחוט משיכה חזק העומד בפני פגעי מזג האוויר. קשירה זו תפחית את העומס של משקל הכבל על חיבורי הזינה למרכז האנטנה. יש לאטום את הקצה העליון של הכבל הקואקסיאלי נגד פגעי רטיבות באמצעות יציקת חומר מבודד. אנטנת $\frac{1}{2}$ אורך גל המוזנת במרכז נקראת לרוב Dipole (דו-קוטב) או Doublet.

העכבה של כבל קואקסיאלי משתנה מגבוהה לנמוכה לאורך הכבל (כמו שקורה לעכבה של תיל האנטנה), ולכן רצוי לקבוע את אורכו כך שישקף את העכבה האופיינית של הכבל בקצה המתחבר לאנטנה. כאן נכנס גורם נוסף: הקיבול בין המוליך הפנימי לבין הסיכוך וגם הקבוע הדיאלקטרי של חומר הבידוד שמסביב למוליך הפנימי מאיטים את מהירות ההתפשטות של גלי הרדיו לאורך הכבל לכדי 70% מהמהירות שבה גלי הרדיו מתפשטים במוליך המצוי בחלל חופשי. אם רוצים להזין אנטנה לתדר 7.050 באמצעות כבל קואקסיאלי שמידתו מתאימה ל- $\frac{1}{2}$ אורך גל, אורכו של הכבל במטרים יחושב על פי הנוסחה: $0.7 \times [142.7 / 7.050]$ - והתוצאה תהיה כבל באורך של 14.17 מטר (במקום 20.24 מטר - התוצאה שהייתה מתקבלת ללא ההכפלה ב-0.7). יש יתרון לשימוש בכבל קואקסיאלי שאורכו $\frac{1}{2}$ אורך גל, מפני שהוא חוזר בקצה הקרוב על אותה עכבה שהוא "רואה" בקצה הרחוק. דבר זה מאפשר למדוד בנחת את העכבה הקיימת בנקודת הזינה של האנטנה מתוך תחנת החובבים עצמה, מבלי להגיע פיזית עם ציוד המדידה אל האנטנה. באופן תיאורטי, כבל קואקסיאלי שאורכו $\frac{1}{4}$ אורך גל יכול להגיע מ-50 אוהם בקצה המחובר למשדר לעכבה גבוהה בקצה הרחוק, אשר תאפשר תיאום לקצה של אנטנת הרץ (נקודה של עכבה גבוהה). בכל אופן, במקרה כזה הפסדי ההספק לאורך הכבל יהיו גדולים למדי.

אנטנת ZEPP

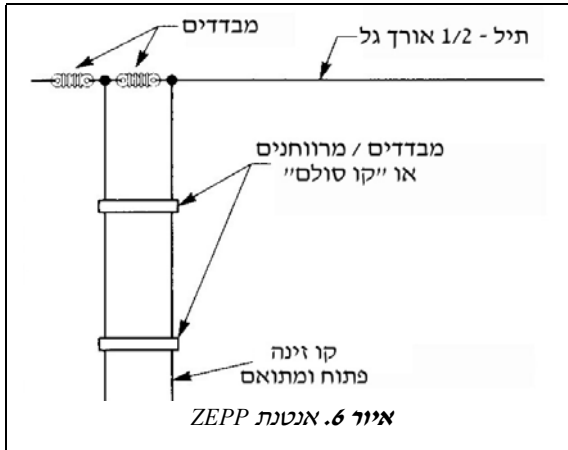
קו זינה רגיל לעכבה גבוהה מורכב משני מוליכים מקבילים עם מרווח של מספר סנטימטרים ביניהם, שנשמר על ידי חומר בידוד רציף או באמצעות מבודדים במרווחים קבועים. אם המרווח בין המוליכים הוא 5 או 7.5 ס"מ, נוצר קו זינה של 300 או 400 אוהם בקירוב. העכבה המעשית נקבעת על ידי עובי המוליכים והמרווח ביניהם. אם המרווח בין המוליכים הוא 15 ס"מ, נוצר קו זינה של 600 אוהם בקירוב. ניתן לקרוא לקווי זינה כאלה "קווי סולם". זה היה גם קו הזינה שבו השתמש הגרף צפלין בשנות ה-30 של המאה הקודמת עבור אנטנת התיל הנגררת שלו.

לרצו מפעילי הרדיו של הגרף להשתמש בגל החובבים של 7 מה"צ לתקשורת שלהם, יכלו להשתמש בקו זינה בעל אורך מתואם של 10 מטר או 20 מטר (כלומר כפולה כל שהיא של $\frac{1}{4}$ אורך גל) להזנת הקצה של אנטנת הרץ שמידתה $\frac{1}{2}$ אורך גל. כמו כן יכלו להשתמש באורכים שונים של קו ההזנה, ומידת האנטנה יכלה להיות 1, 1.5 או 2 אורכי גל. לאנטנות באורכים כאלה יש עכבה גבוהה בשני הקצוות, ולכן הן מתאימות להזנה באמצעות קו סולם בעל אורך מתואם. מסיבה זו, כשחובבי רדיו מקימים אנטנת הרץ ומזינים אותה בקצה באמצעות קו סולם, כינוי האנטנה הוא "אנטנת ZEPP".

כשעסקנו באנטנת מרקוני הגדרנו את אורכה כ-1/4 אורך גל, אבל ניתן למעשה להוסיף לה $\frac{1}{2}$ אורך גל כך שהיא תתארך ל- $\frac{3}{4}$ אורך גל, ואפילו עוד $\frac{1}{2}$ אורך גל כך שהיא תתארך ל-1-1/4 אורך גל וכך הלאה. באופן דומה ניתן להאריך את אנטנת הרץ מ-1/2 אורך גל ל-1 אורך גל או ל-1-1/2 אורכי גל. צריך רק להביא בחשבון שכאשר מאריכים אנטנה, העכבה בנקודות העכבה הנמוכה שלה עולה במקצת, אבל לא עד כדי יצירת בעיה.

מספר עצות מעשיות לסיכום

אם אנטנת הרץ של $\frac{1}{2}$ אורך גל לתחום 1.8 מה"צ שמידתה 80.5 מטר תוזן באמצע על ידי קו זינה "פתוח" שאורכו $\frac{1}{2}$ אורך גל, הרי שהיא תהווה אנטנת דו-קוטב וניתן יהיה לתאם אותה אל המשדר באמצעות מתאם אנטנה בעל יציאה מאוזנת. ניתן יהיה לכוונן אנטנה כזאת ליחס גלים עומדים מינימלי על כל גלי החובבים, מ-1.8 עד 30 מה"צ.



אנטנה דומה אך קצרה יותר, שתתאים להקמה על חלקת אדמה קטנה יותר, היא אנטנת הרץ שמידתה 40.25 מטר ($\frac{1}{2}$ אורך גל לתחום של 3.5 מה"צ), אשר תוזן באמצע באמצעות קו זינה פתוח שמידתו $\frac{1}{2}$ אורך גל. אנטנה זו תפעל היטב על 7 מה"צ, 10 מה"צ וכן הלאה על שאר התחומים עד 30 מה"צ. אם האורך של 40.25 מטר עדיין גדול מדי, ניתן לתת ל-4.5 מטר מכל קצה להשתלשל כלפי הקרקע, תוך ידיעה שזה יגרום להפסד קטן ביעילות הקרינה. טכניקה זו גם מעלה את התדר שבו האנטנה תוהדת, ולכן יהיה צורך בתוספת קטנה לאורך החוט.

אנטנת ZEPP לתדר 3.5 מה"צ, כפי שמוצגת באיור 6, תפעל גם על כל גלי החובבים שבתחום ה-7"ג אם

משתמשים במתאם אנטנה בין קו הזינה לבין המקמ"ש. אנטנה קצרה עוד יותר מאלה שהוזכרו עד עתה תהיה באורך של 20.11 מטר (חצי אורך גל ב-7 מה"צ), ותוזן בקו פתוח שאורכו 10.05 מטר. כל אלה הן אנטנות מצוינות לתחומי ה-7"ג של החובבים, אבל אנטנת ה-7 מה"צ לא יכולה לשמש כמקרן טוב בתחומי 80 ו-160 מטר, ולכן אין להזינה בהספק גבוה בתחומים אלה.

כיצד תוכל, כחובב הרדיו שאין לו אנטנה מן המוכן, לנסות ציוד חדש בתחום ה-7"ג ללא בעיות? התשובה היא:

- חתוך תיל מוליך מבודד (כמעט כל קוטר) כדי ליצור אנטנת מרקוני של $\frac{1}{4}$ אורך גל בעבור תדר העבודה הרצוי, תוך שימוש בנוסחה של 71.3 חלקי התדר ב-מה"צ לחישוב אורך התיל.
- גלה את המוליך בקצה אחד של התיל ותחוב אותו לתוך מחבר האנטנה של המקמ"ש. שלשל את התיל החוצה דרך החלון כך שיפול על שיחים סמוכים או על ענף של עץ. לחילופין, קשור חוט דייגים מניילון לקצה הרחוק של תיל האנטנה ומתח את האנטנה כלפי עמוד, עץ, או מבנה הקיימים בשטח.
- בדוק היטב שבידוד התיל לא נפגם כשאתה סוגר את החלון שדרכו יוצאת האנטנה.
- הקפד להאריק את המקמ"ש דרך חיבור הארקה שלו.

זה הכל! אם זו אנטנת מרקוני ל-7 מה"צ שאורכה 10.05 מטר, היא תפעל היטב גם בהרמוניה השלישית של התדר, כלומר בתחום החובבים של 21 מה"צ. לחילופין, אם תעדיף להקים אנטנה טובה יותר, תוכל להשתמש בנוסחה של 142.7 חלקי התדר ב-מה"צ כדי לקבוע את אורכה של אנטנת ZEPP לתחום התדר הנמוך ביותר שבו אתה מתכוון להשתמש, והזן את קצה האנטנה בקו זינה פתוח שאורכו מתואם. כמו כן חבר מתאם אנטנה בין המקמ"ש לקו הזינה. **אנטנות אינן חייבות להיות מסובכות – הקם אנטנה פשוטה ועלה על האויר!**