

הדרך הקלה

נכתב על ידי WBSIIR המנוח/ תרגם וקיצר: גדעון רדין 4X4IO

הקדמה

האמת הבסיסית היא ששום דבר איננו מושג ללא תמורה, ובמאמר זה "הדרך הקלה" היא רק במונח של ההפך מ"הדרך הקשה". כשאני מדבר עם חובבי רדיו על האוירי אני מתרשם שבענייני אנטנות רבים מאיתנו בחרו דווקא בדרך הקשה. שכנעו חובבי הרדיו להאמין "בדרך הקלה" הוא אתגר אמיתי, ולשם כך אני מתכוון להציג כמה עקרונות שמוטב לקבלם בלי שום הסתייגות. אינני מצפה מכם לקבל אותם כתורה מסיני ממקור יחיד, ולכן אצטט להלן מדעותיהם של מספר מומחים.

קודם כל ציטוט ממאמר מערכת של ג'ים פיסק המנוח, שהיה בזמנו עורך המגזין Ham Radio:

"ערב אחד האזנתי על הגל של 75 מטר לתקשורת בין שני חובבים עם אותות קריאה בעלי סיומת של שתי אותיות, כשנושא הדיון היה קווי תמסורת. הם נשמעו לכאורה כמומחים בנושא, אבל כל מה שאמרו היה גיבוב של שטויות. אינני יודע מהיכן נבעו המיתוסים הקשורים לקווי תמסורת, ויתכן שיש לזה קשר לאותם מדי יג"ע (VSWR) מתוצרת עצמית שהיו נפוצים בשנות החמישים המוקדמות. עד אז רוב חובבי הרדיו לא ידעו שום דבר על גלים עומדים, ואלה שידעו לא התייחסו לנושא יותר מדי ברצינות. ככל אופן, מדידת יג"ע תפסה די מהר מקום נכבד, ובהמשך הגיע המצב לידי כך שאם התגלה ברבים ששידרת כתנאי יג"ע גבוה, הרי זה כאילו שנתפסת עם המכנסיים למטה. החובבים שהעמיקו קריאה בנושא וגילו ש-יג"ע גבוה נגרם על ידי אנטנה לא מתואמת גרמו לחיזוק המיתוס הזה. הם גם הסיקו שאם אי-תאום גורם לחלק מהספק השידור להיות מוחזר אל המקור, הרי שחלק זה לא מוקרן על ידי האנטנה. כמה חובבים גם אמרו שההספק החוזר מגיע לאורך קו התמסורת אל הדרגה הסופית של המשדר ומתבזבז בצורת חום. מספר חובבים שידעו קצת יותר ניסו להלחם בהשקפה מופרכת זו, ללא הצלחה - המחלה התפשטה יותר מהר מן התרופה. הנושא של קווי תמסורת מורכב דיו ולכן לא יכוסה כאן, אבל הבה נקבור את המיתוסים. ראשית, ההספק המוחזר לא הולך לאיבוד ואף לא מחמם את הדרגה הסופית של המשדר. שנית, אם משתמשים בקו תמסורת בעל הפסד נמוך בתחום הגלים הקצרים, גידול הניחות בגלל יג"ע גבוה יהיה זניח למדי. כשכבל התמסורת הוא RG-8U באורך 30 מטר וה-יג"ע הנמדד בתחום של 4 מה"צ הוא 1:10, יגדל הניחות בפחות מ-1 ד"ב. אל נא תדאגו אם באנטנה מסוימת יחס הגלים העומדים עולה עד כדי 2:1 בקצות תחום התדר - התחנה הקולטת כלל לא תרגיש בהבדל. אם המשדר שלכם מפחית אוטומטית את הספק השידור כאשר ה-יג"ע עולה על 2:1, קנו או בנו מתאם אנטנה וחסכו לעצמכם כאב ראש - שכחו מיחס הגלים העומדים".

ג'ים פיסק היה ממעריציו הגדולים של וולטר מקסוול W2U, חובב רדיו מאז 1933, בר סמכא מוכר ומקצועי בתכנון אנטנות (כולל אנטנות לוויינים) וקווי תמסורת. הוא ידוע בעיקר בזכות סידרת מאמרים שפרסם בירחון QST ואשר נקראה Another Look at Reflections. במאמר הראשון בסדרה הופיעה כותרת המשנה: "יג"ע נמוך מדי יכול להרוג אותך". להלן ציטוט ממאמר זה:

"אם נשפוט לפי מה ששומעים על הגל, כמעט כולם שואפים להשיג יג"ע של 1:1. שאל אותם מדוע והתשובה תהיה 'אני לא יוצא על התדר הזה כי יחס הגלים העומדים שלי הוא 1:2.5..... יותר מדי הספק מוחזר מהאנטנה ופחות מדי מוקרן ממנה.....ההספק החוזר ישרוף לי את הדרגה הסופית של המשדר.....אינני רוצה שקו התמסורת שלי ישרף'. כל אחת מתשובות אלו מעידה על אי הבנת המכניקה של ההחזרות, בעיקר בגלל החינוך הלא-מדעי שמקבלים החובבים בנושא זה. המצב דומה לזה שהיה לפני שקופרניקוס שכנע את ההמונים שהיקום לא סובב סביב כדור הארץ. הגענו לדרגה מתקדמת של מידע שגוי מאז הוכנס הכבל הקואקסיאלי לשימוש חובבי הרדיו, מאז שסליל הצימוד לאנטנה בדרגה הסופית של המשדר הוחלף במעגל "פאי" (II), ומאז שמודדי יג"ע הופיעו בזירת הפעילות. תרמו לכך גם הרבה פרסומים מטעים בעבר ובהווה הודנים בהתנהגות אנטנות שאינן תואמות בתדר השידור, בביצועי קו התמסורת כאשר האנטנה לא מתואמת, ובמשמעות של נתוני ה-יג"ע. מאמרים המכילים מידע שגוי במפורש ומושגים מעוותים מוצאים את דרכם אל ציבור הקוראים, מתקבלים כתורה מסיני ומונצחים באותה אפקטיביות כמו זו של מכתבי שרשרת.

להלן כמה פנינים מתוך שיקול הדעת האינטואיטיבי הנפוץ (והשגוי):

- יש להשיג תמיד תיאום מושלם של האנטנה לקו התמסורת.
- נכון להעריך את תפקוד האנטנה או יעילות הקרינה שלה על בסיס היג"ע הנמדד - נמוך יותר זה טוב יותר.

- יש להתוך אנטנת דו-קוטב (דיפול) לתהודה מדויקת על תדר הפעלה יחיד ולהשתמש בקו תמסורת שאורכו הוא מכפלה מדויקת של חצי אורך גל - כל אורך אחר פסול.
- רצוי לשנות את גובה האנטנה - אולי רק להנמיך את הקצוות שלה לצורה של V הפוך - כדי להביא את רכיב ההתנגדות של האנטנה לאותו ערך של עכבת קו התמסורת.
- כדי לחשב את החלק היעיל של תפוקת המשדר, נכון להפחית מ-100 אחוז את אחוז ההספק המוחזר מהאנטנה (פורסמו גם נומוגרפים ליישום שיטה שגויה זו).

כתוצאה מאותם מושגים מוטעים, הורגלנו להימנע מאי-תיאום כמו ממגיפה: צריך להשיג 1:1 בכל תנאי! האם זה נשמע מוגזם? לא אם אתם קולטים על אותו גל שכותב המאמר משדר. במינוח המקובל, ניתן לומר שכולנו סובלים ממעצור פסיכולוגי בנושא יג"ע. במקרים רבים גורם מעצור זה לריכוז מאמצי תיאום העכבות בקצה הלא נכון של קו התמסורת. אנחנו מאמינים בטעות שכל ההספק החוזר הולך לאיבוד, מבלי לקחת בחשבון שחתת בקרה נכונה ניתן לנצל את ההספק החוזר לטובתנו לשם הגדלת רוחב הפס של האנטנה".

מומחה ידוע אחר לאנטנות חובבים הוא וולטר אנדרסון VE3AAZ שמאמריו התפרסמו בתקופון Ham Radio Magazine. להלן ציטוט ממאמר שפרסם בעבר:

"חובב רדיו בעל קידומת UA9 שאיתו התקשרתי לאחרונה דיווח שהוא משתמש באנטנה מסוג Zepp. נזכרתי שלפחות דור אחד חלף מאז ש-Zepp הייתה האנטנה הפופולרית ביותר. לא היינו מודעים לכך אז, אבל ה-יג"ע באנטנה כזאת היה עלול להגיע עד כדי 1:30. מכל מקום, ההיסטוריה מוכיחה שאנטנת ה-Zepp השיגה תוצאות טובות מאוד. מכך נובע שהשימוש באנטנה זו לא הביא לתופעות הלוואי שאותן מייחסים כיום ל-יג"ע גבוה - חימום הדרגה הסופית של המשדר, איבוד הספק וכיוצא בזה. אני לא מציע לפרק את אנטנות האלומה שלנו ולחזור להשתמש באנטנות Zepp. אני רק מקווה להוכיח שאם מבינים נכון את תיאורית קו התמסורת, נעלמות כל הסתירות שמתעוררות כשדנים בנושאים כמו יג"ע, הספק חוזר, הפסדים בקו התמסורת ותופעות אחרות הנוגעות לאנטנות ולקווי תמסורת".

"קל להשיא עצות על השגת יג"ע נמוך, אבל קשה הרבה יותר לציין פתרון למצב של יג"ע גבוה. כדי לחיות בשלום עם אנטנות בעלות עכבה חריגה, כדאי להשתמש במתאם אנטנה. מתאם אנטנה שבו הקבלים המשתנים הם בעלי בידוד אוויר ולסלילים יש ציפוי כסף גורם לניחות זניח למדי של ההספק המשודר. מתאם אנטנה מכון כראוי יגרום למשדר "לראות" עכבה קרובה ל-50 אוהם, ויביא תועלת גם בקליטה".

שימו לב עד כמה כל המומחים מביעים דעות דומות. אני מקווה שכל שקראתם עד עתה יעודד אתכם להאמין במה שיבוא בהמשך. להלן הנושאים שידונו:

- אנטנות שאינן תוהדות בתדר העבודה
- הניחות בקו התמסורת
- מתאמי אנטנה (בהמשך המאמר בחוברת הבאה)
- שנאי "מאוזן/לא מאוזן" הנקרא Balun (בהמשך המאמר בחוברת הבאה).

אנטנות שאינן תוהדות בתדר העבודה

דבר ראשון, הפסיקו לדאוג. אלפי תחנות שידור לציבור (וכמה חובבי רדיו) משתמשים באנטנות שאורכן לא מאפשר תהודה בתדר העבודה. תחנת שידור לציבור חייבת לפעול במסגרות מוגדרות של תבנית קרינה ויעילות קרינה, כדי להגיע למספר הגבוה ביותר של מאזינים מבלי לגרום הפרעות הדדיות. אורך האנטנה הנדרש להשגת מטרות אלו מתאים רק לעתים רחוקות לתהודה בתדר הפעולה, אבל בכל המקרים מוזנת האנטנה באמצעות כבל קואקסיאלי בעל עכבה של 50 אוהם. אז איך הם מסתדרים עם המצב הקיים?

כן, זה נכון, הם משתמשים במתאם אנטנה (Transmatch) - זה מה שנמצא בביתן הקטן ליד בסיס המגדל. המבווא שלו "מראה" 50 אוהם לכבל הקואקסיאלי, והמוצא שלו מתואם לעכבה המשולבת של האנטנה. המעגל בשימוש הוא רשת (Network) מטיפוס T או רשת מטיפוס Π , כמו במתאמי אנטנה שמשמשים את חובבי הרדיו, בהבדל אחד: מאחר שתחנת שידור לציבור פועלת בתדר קבוע, מתאם האנטנה מתואם מראש לתדר יחיד.

דוגמה אחרת, קרוב יותר לבית: רבים מאיתנו מפעילים ציוד 2 מטר מהמכונית שעליה מותקנת אנטנה אנכית של 5/8 אורך גל, שהיא אפקטיבית יותר מאנטנת 1/4 אורך גל. אבל, אנטנת 1/4 אורך גל תוהדת בתדר העבודה ו-5/8 לא! בכל

זאת, ככל התמסורת שלנו רואה עכבה של 50 אוהם הודות לסליל התיאום בבסיס האנטנה, והמשדר שלנו מעביר הספק אופטימלי למערכת האנטנה, שכוללת אנטנה לא תוהדת המקרינה בעיילות את כל ההספק המתקבל מהמשדר.

שתי דוגמאות המוכיחות מדוע אין צורך לדאוג ביחס לאנטנות שאורכן אינו מתאים לתוהדה בתדר העבודה. כל מה שצריך זה **מערכת אנטנה תוהדת**, המורכבת מאנטנה, ככל תמסורת והתקן לתיאום עכבות.

הניחות בקו התמסורת

אם אנו מתכוונים להשתמש באנטנה שאינה תוהדת, קו תמסורת והתקן לתיאום עכבות, מובן מאליו שנצטרך להתמודד עם גלים עומדים והספק חוזר. העניין הוא שבתחום הגלים הקצרים מצב זה איננו בעייתי כל כך כפי שנוטים לחשוב. כדי לבסס הצהרה זו, אנו זקוקים לארבעה נתונים:

- תדר השידור
- סוג קו התמסורת
- אורך קו התמסורת
- הניחות של קו התמסורת

כדי להדגים כיצד להשתמש בנתונים אלה, הבה ונחזור אל ג'ים פיסק והקביעה שלו כי 30 מטר של כבל RG-8U בתדר 4 מה"צ הדוחפים אותות רדיו לאנטנה עם יג"ע של 1:10 יגדילו את ניחות המערכת בפחות מ-1 ד"ב בהשוואה למצב שבו קו התמסורת מתואם בצורה מושלמת. הוא השיג את המידע שלו משני מקורות זמינים ביותר:

א. המפרט הטכני של יצרן הכבל אומר שבתדר 4 מה"צ ובמערכת מתואמת בצורה מושלמת, יגיע הניחות ל-0.3 ד"ב לכל קטע כבל באורך 30 מטר.

ב. מצויד במידע הזה השתמש ג'ים פיסק בגרף המופיע בספר האנטנות של ה-ARRL. מהסימון של 0.3 ד"ב בציר האופקי הוא הרים אנך עד לנקודת החיתוך עם העקום של יג"ע ברמה של 1:10. מנקודה זו הוא משך קו אופקי עד לציר האנכי של "תוספת ניחות", וקיבל תוצאה של כמעט 1 ד"ב.

הסבר מקיף ביחס לתופעה הנקראת "Re-reflection" אפשר למצוא בפרק 6 מתוך סדרת המאמרים בת 7 פרקים הנקראת (Another Look at Reflections) שפרסם וולטר מקסוול בירחון QST החל מחודש דצמבר 1974. (הערת המתרגם – ניתן למצוא את המאמר באינטרנט באמצעות גוגל). תופעת Re-reflection היא משהו שקשה להבינו או להאמין בו, ועד שתשלטו היטב בחומר תמשיכו לתהות מדוע ההספק המוחזר לא הולך לאיבוד.

עד עתה עסקנו רק בכבל קואקסיאלי, אבל חשוב מאוד שנעסוק במסגרת דיון זה גם בקווי תמסורת מאוזנים בני שני מוליכים גלויים. בסוג הזה נכללים קו חשוף שעכבתו 600 אוהם, קו "סולם" מצופה פלסטיק (450 אוהם) וקו שטוח דו-גידי שעכבתו 300 אוהם (Twin Lead). כל אלה מצטיינים ביתרונות הבאים:

1. הפסדים מופחתים משמעותית - עד כדי 10% מההפסדים בקו תמסורת קואקסיאלי,
2. עמידה במתחים גבוהים הרבה יותר מבלי שתתרחש פריצה,
3. מאפשרים להשתמש באנטנה על פני תחום תדר רחב יותר.

הבה נעסוק ביתרון השלישי, וניקח כדוגמה אנטנת דו-קוטב (דייפול) שתוהדת בתדר 3.750 מה"צ. אם אשתמש בקו תמסורת קואקסיאלי, מתאם האנטנה יאפשר לי להשיג תיאום על פני כל תחום התדר, החל ב-3.500 וכלה ב-4.000. אבל במקרה של קואקס זהו המקסימום! אם אנסה להשתמש באותה אנטנה ואותו קו תמסורת בתחום של 7 מה"צ, לא יהיה זה חריג אם עכבת האנטנה תפיל לערך של 4000 אוהם. אם נחלק 4000 ב-50 נקבל יחס גלים עומדים של 80:1. מתאם האנטנה לא יוכל להתמודד עם מצב זה, ועל קו התמסורת יתפתחו מתחים גבוהים והפסדי אנרגיה גבוהים. ככל אופן, אל יאוש - צריך רק להזין את אותה אנטנה באמצעות קו "סולם" מאוזן שעכבתו 450 אוהם. עכשיו נקבל יג"ע של 4000/450 כלומר פחות מ-1:9, מצב שכל מתאם אנטנה הגון יכול לפתור. מה שעוד יותר חשוב הוא שהפסדי הניחות יהיו זניחים ופריצות מתח לא תתרחשנה. התוצאה היא שתוכלו להשתמש באנטנה שאורכה מתאים לתחום ה-3.5 מה"צ גם בתחומים של 7 מה"צ ומעלה. מובן, ככל שתעלו בתדר כן תיעשה האנטנה כיוונית יותר: בתחום של 14 מה"צ תתקבל תבנית קרינה בצורת עלה תלתן, ובתדרים גבוהים יותר תתקבל כיוונית קרינה מודגשת בהמשך אותו קו של תיל האנטנה. יחד עם זאת לא תמיד יהיו תבניות הקרינה מוגדרות בצורה ברורה, ותתפלאו כמה תחנות DX תוכלו לעבוד עם מערכת אנטנה כזאת.

הדרך הקלה (המשך)

נכתב על ידי WBSIIR המנוח/ תרגם וקיצר: גדעון רדין 4X4IO

מתאם האנטנה

לפני שניכנס לעניין תיאום האנטנה, הבה ניזכר בתיאוריה של זרם החילופין, שאומרת שאם העכבה הפנימית של המחולל שווה לזו של העומס, יועבר מקסימום הספק מן המחולל אל העומס.

תוכלו להחשיב את המגבר הסופי של המשדר (שפופרת או טרנזיסטור) כמקור זרם חילופין, אשר כדי להעביר מקסימום הספק לעומס חייב "לראות" עכבה אופטימאלית (שאיננה זהה לעכבה הפנימית שלו). מעגל המוצא של המשדר שלכם הוא למעשה מתאם לטווח מוגבל של עכבות, אשר נכלל במשדר על מנת לתאם בין המגבר הסופי של המשדר לבין העומס (שהוא אנטנה או מגבר חיצוני).

למעשה מערכת תיאום שצורתה Π מסוגלת לתאם את המגבר לעכבות אחרות השונות מ-50 אוהם, אשר מוצגות למערכת על ידי כבלי זינה שונים. מפחיתים את הספק המוצא ומכוונים לשפל בזרם האנודי של השפופרת הסופית. במקרה של עכבת עומס חריגה שאיננה ניתנת לתיאום באמצעות המתאם הפנימי של המקמ"ש, משתמשים במתאם חיצוני המרחיב את טווח התיאום. משדרים רבים מן העבר הרחוק כללו מתאם פנימי לטווח עכבות רחב, משום שבתקופה שלפני הכבל הקואקסיאלי היו בשימוש אנטנות בעלות טווח רחב של עכבות (אנטנת ה-Zepp למשל). כל מה שאנחנו עושים הוא תיאום לגיטימי בין המחולל לעומס על מנת להעביר הספק מקסימלי - ואיך זה מסתדר עם האמונה הטפלה שהמתאם "מרמה את המשדר"??...

אם אתם משתמשים במתאם האנטנה האוטומטי הכלול במשדר, האם תגידו שהמשדר "מרמה את עצמו"? האם שנאי עכבות המתאם את המיקרופון למעגל כניסת השמע של המשדר "רק מרמה את המיקרופון"? גם במקרה זה הפעולה המתבצעת היא פשוט תיאום עכבות!

בדרך כלל, העומס המוצג למשדר על ידי קו ההזנה איננו 50 אוהם, וכן אין הוא מורכב מהתנגדות טהורה (כמו זו של נגד פחם). העומס הוא צירוף של התנגדות אוהמית, ורכיב היגבי (Reactance) השראתי או קיבולי. עכבה השראתית נחשבת בשפה המקצועית כ"גורם J מינוס", ולכן נתייחס למקרה מסוים של תיאום עכבות כאילו שהמשדר רואה עכבה של "100 פלוס J50". אם המבוא והמוצא של מתאם האנטנה מתואמים כל אחד למעגל שאליה הוא מתחבר, יועבר הספק מקסימלי מהמשדר למערכת האנטנה (מערכת שכוללת גם את קו ההזנה). כמוכן, כשמקסימום הספק מועבר החוצה, נשאר רק מינימום שיכול להתבזבז בפנים, וזה מזים את האמונה התפלה הקיימת ביחס לחימום יתר של הדרגה הסופית. ובכן - חימום יתר הוא רק תוצאה של אי תיאום, כשחלק גדול מההספק לא מועבר לעומס, נשאר במשדר ומתבזבז בחימום הדרגה הסופית של המשדר. כל מה שהמשדר זקוק לו הוא תיאום עכבות, ולא מעניין אותו כמה הספק מוחזר או מהו יחס הגלים העומדים (יג"ע).

האמונה התפלה של "אוי לנו מהפסדי האות שמתאם האנטנה גורם במערכת" משותפת גם למפעילים שחיברו מסנן מעביר נמוכים (Low Pass Filter) בין המשדר לאנטנה. הם אינם לוקחים בחשבון שהמסנן הנ"ל בנוי בקופסה קטנה שבה מצטופפים סלילים קטנים וקבלים קבועים, ולמרות זאת גורם להפסד של פחות מ-1/4 ד"ב. מתאם האנטנה בנוי בקופסה גדולה שבתוכה סליל יחיד מצופה כסף ושני קבלים משתנים בעלי בידוד אוויר עם מרווח גדול בין הלוחות. ההתנגדות האוהמית של מתאם כזה זניחה למדי ועל כן ההפסד זניח אף הוא.

כדי להסביר איך מתאם אנטנה ידני פועל, הבה נמשיך עם הדוגמה של "100 פלוס J50", ונשתמש במעגל התיאום הנפוץ שצורתו T. מעגל זה כולל שני קבלים אוויר משתנים מחוברים בטור, עם סליל משתנה מחובר בין נקודת החיבור של שני הקבלים והארקה. המשדר מחובר לקצה הפנוי של אחד הקבלים ומערכת האנטנה מחוברת לקצה הפנוי של הקבל השני. פעולת התיאום פשוטה למדי: תחילה מכוונים את שני הקבלים למצב של "חצי קיבול". מפעילים את המקלט ומכוונים את אורך הסליל המשתנה לקליטה החזקה ביותר. עכשיו מפעילים את המשדר בהספק נמוך ומשחקים עם שני הקבלים המשתנים הלוחך ושוב עד שמגיעים לתפוקה הגבוהה ביותר ול-יג"ע הנמוך ביותר. חשוב להשתמש במעט השראות ככל האפשר (קטע קצר של הסליל ככל האפשר), כך שתובטח יעילות מקסימלית.

ובכן מה הישגנו: זכרו כי מערכת האנטנה מציגה למתאם עכבה של "100 פלוס J50". אם נתק את האנטנה לאחר התיאום ונחבר גשר למדידת עכבות על פני יציאת מתאם האנטנה מבלי לשנות דבר נגלה שיש לנו "100 מינוס J50" - היגב הפוך מזה של מערכת האנטנה. כשהאנטנה מחוברת מבטלים ההיגבים ההפוכים זה את זה, ונשארת לנו

התנגדות טהורה של 100 אוהם מכל צד. המשדר רוצה לראות עכבה של 50 אוהם, ואמנם שתי התנגדויות של 100 אוהם מחוברות במקביל יתנו תוצאה של 50 אוהם.

מכיוון שסליל המיצד (Shunt Coil) משותף לקבל הכניסה וקבל היציאה, תהיה השפעה הדדית ביניהם ועל כן יש "לשחק" בהם במיומנות הלך וחזור עד להשגת התיאום האופטימאלי. התהליך יותר פשוט ממה שזה נשמע, ודורש הרבה פחות זמן מהזמן שנדרש להסביר אותו. כשתתרגלו למתאם האנטנה שלכם תיווכחו שהשגת התיאום דורשת רק מספר שניות. אפשר גם לרשום את מצבי הכפתורים של מתאם האנטנה בעבור תדרי פעולה מועדפים, דבר שמחיש את התהליך.

בלון (Balun)

אם ברשותכם מתאם אנטנה שבתוכו כלול שנאי "בלון" העומד בהספקים גבוהים, ובכוונתכם להשתמש באנטנה עם קו הזנה פתוח (קו מאוזן) - אין לכם שום בעיה. הכול יהיה בסדר גם אם אתם:

- משתמשים בכבל קואקסיאלי ללא מתאם אנטנה,
- הספק היציאה של המקמ"ש שלכם "צנוע",
- חיברתם שנאי מסוג **בלון** בנקודת ההזנה של האנטנה,
- יחס הגלים העומדים הוא פחות מ-1:2.

לעומת זאת, הבה ניקח דוגמה של חובב שיש לו אנטנת דו-קוטב (דייפול) שתדר התהודה שלה באמצע התחום של 80 מטר (בתדר של 3750 מה"צ). תחילה הוא מנסה אותה ללא שנאי מסוג **בלון** ומקבל יחס גלים עומדים נמוך באמצע התחום. אבל מה קורה כשהוא מנסה לשרד בקצה העליון או התחתון של התחום? יחס הגלים העומדים קופץ ל-1:7. בשלב הבא, אותו חובב מחבר שנאי בלון 1:1 המלוּפף על גרעין פריט (Ferrite Core) בנקודת ההזנה של האנטנה. ה-יג"ע הנמדד בקצות התחום יורד לכאורה ל-1:1.5, אבל האם הבלון פתר את הבעיה? **בהחלט לא!** האנטנה לא השתנתה, וה-יג"ע נשאר גבוה כשהיה. מד ה-יג"ע המחובר ליד המשדר אמנם מראה תוצאה של 1:1.5 אבל זה קורה משום שזרמי ההיגב נבלעים על ידי גרעין הפריט של הבלון! הן ההספק המוקרן והן ההספק המוחזר פחתו, ובכך גרמו לקריאת מודד מופחתת במצב של הספק חוזר. אם נתאר את המצב בצורה מוגזמת, אותו חובב יכול היה להחליף את שנאי הבלון בנגד של 50 אוהם ולקבל תוצאה נהדרת במד היג"ע....!

במקרה זה, עדיף היה לפעול ללא בלון ולהשתמש במתאם אנטנה כדי לפתור את הבעיה, אבל אין הנאמר לעיל בבחינת פסילה מוחלטת של שנאים מסוג בלון. הבלון בהחלט עוזר ועדיין דרוש אם משתמשים בו בצורה נכונה. צריך רק להבין מתיאוריה וניסיון כיצד פועלים סוגים בסיסיים של אנטנות, כך שאם נתקלים במקרה דומה לזה שתואר לעיל אין לשמוח ולחשוב ש"קיבלנו משהו בחינם". במקום זאת, צריך להבין מה קרה ולדאוג לתיקון המצב. להלן שני השיקולים החשובים שעלינו להביא בחשבון אם בכוונתנו להשתמש בשנאי בלון:

1. השימוש בבלון צריך להיות בהתאם ליכולת שלו לעמידה בהספק - קיימים שנאי בלון העומדים בהספק של 3 קילוואט, 5 קילוואט ואפילו יותר.

2. אל תשתמשו בבלון בנקודת ההזנה של האנטנה במצבים של יג"ע גבוה. לפעולה במספר תחומי חובבים, כולל קצות התחום, ולהתמודדות עם ערכים משתנים של עכבה ויג"ע, יש צורך בבלון עמיד (מבחינת עמידה בהספק השידור) הכלול בתוך מתאם האנטנה. כדאי אפילו להעדיף בלון קואקסיאלי שתוכנן בקפידה.

דיון מעמיק בשנאי בלון הבנויים מכבל קואקסיאלי הוא מחוץ למסגרת של מאמר זה. בכל אופן חשוב להדגיש כי השנאי הדרוש לשימוש בקו הזנה מאוזן (קו פתוח) הוא בעל יחס עכבות של 1:4 או אפילו יותר. הגישה המעשית היא לסיים את הקו הפתוח ממש בכניסה לחדר הרדיו (ליד החלון או החור בקיר) למקם שם את השנאי, ולהמשיך פנימה עד מתאם האנטנה (מהסוג הלא מאוזן) באמצעות כבל קואקסיאלי שאורכו כ-3 מטר. שיטה זו גם מקלה על המיתוג בין האנטנות השונות.

מסקנות

במאמר "הדרך הקלה" התכוונתי לשכנע אתכם שנכון ומותר לבצע את תיאום האנטנה מבלי לצאת מתוך חדר הרדיו. זמן רב עבר מאז שיצאתי בגשם ובשלג לכיוון קבל בבסיס המגדל שלי או לשנות חיבור באמצעות תפסן של תיל, או לתקן מנוע שליטה מרחוק שבשק חיים בדיוק באמצע קשר חשוב. היום אני משתמש בדייפול לתחום ה-80 מטר המתוחה בגובה של 22 מטר, מוזנת באמצעות קו מאוזן של 450 אוהם ומתואמת באמצעות מתאם אנטנה. מערך זה

מתפקד בעיילות רבה מ-3.5 עד 29.9 מה"צ. כמו כן יש לי אנטנת חד-קוטב מסוג "מטריה מקופלת" התוהרת ב-1.9 מה"צ, מוזנת באמצעות קו של 450 אוהם ומתאם אנטנה. מערך זה מסוגל להציג 50 אוהם למקמ"ש על פני כל תחום הגלים הקצרים. על שולחן התחנה שלי מונח מתאם אנטנה המסוגל להתמודד עם 3 קילו-ווט, ומתחת לזכוכית מוצגת טבלה עם מצבי הכפתורים לכל אחד מגלי החובבים.

רוב החובבים היום נהנים מהנוחיות של מקמ"שים עם כוונן אוטומטי, זיכרונות, סריקת תדרים, בקרת מחשב וכדומה. לכן, להיות מרוצה מתיאום ידני של מערכות האנטנה נראה קצת חזרה לימי הביניים, אבל האמינו לי שהיכולת לבצע תיאום ידני תוך ישיבה בכסא המפעיל היא תענוג אמיתי.

אילו סוגים של אנטנות מסוגלים אנחנו לתאם בדרך זו? בעצם כמעט כל סוג. חבר חובב רדיו התקשר אלי ואמר שיש לו מגדל בגובה 20 מטר שבראשו אנטנות אלומה. הוא התקין בצידו של המגדל מוט גאמה (Gamma Rod) על מנת להשתמש במגדל כאנטנה אנכית ל-80 ו-160 מטר ולא ידע כיצד להזין את המערכת. הצעתי לו להזין את המגדל בקו פתוח של 450 אוהם ולהשתמש במתאם אנטנות. באותו ערב כבר התקשרתי איתו בתחום של 160 מטר בעוצמת אות של 59 מטר ואפילו חזק יותר בתחום של 80 מטר. הוא הפעיל מאינדיאנה משרד של 100 ווט, והמיקום שלי היה בדאלס שבטקסס.

בעברי תאמתי בהצלחה אנטנות אנכיות, אנטנות ZEPP, אנטנות משולש (Delta Loops), אנטנות Cubical Quad ועוד. למרות זאת, אל תצפו להצלחה מיידית בכל פעם. למשל, אם תרצו להשתמש באנטנה רב-גלית, אורך מסוים אופטימלי של קו ההזנה יאפשר להשיג את הפשרה הטובה ביותר בין ערכי ה-יג"ע על פני כל הגלים. אנטנת דיפול של 80 מטר ניתנת לתיאום על פני כל גלי החובבים, אם נדאג שקו ההזנה יהיה חתוך ל- $\frac{1}{4}$ אורך גל (או מכפלה אי-זוגית של $\frac{1}{4}$ אורך גל) בגל הארוך ביותר שבו נפעיל. בהתאם לתנאי הסביבה, אורך זה יהיה נתון לשינויים קטנים אבל איננו קריטי, והשיטה של "חתוך ונסה" (Cut and Try) תביא לתוצאה הרצויה.

הבה ונעבור על עיקרי הדברים:

- אל תפחדו מאנטנות שאורכן לא מתאים לתדר הפעולה.
- שימו את הפסדי קו הזינה בפרספקטיבה הנכונה.
- הבינו את פעולת מתאם האנטנה וביטחו בו.
- היו ערים למה שאפשר ומה שאי-אפשר לעשות עם שנאי בלון.