

RG6 בתחנת חובבי הרדיו?

אינגר משה 4Z1PF

מבוא

קווי התמסורת בין המקמ"ש לאנטנה, אצל חובבי הרדיו, הם ברוב המקרים קווים קואקסיאליים. המוכרים ביניהם הם בעיקר RG-213, RG-214 ולחלקנו, שהפרטה אינה נמצאת כל כך בכיסם, יעדיפו את RG-58. מחירים של אלו נע בין עשרות שקלים למטר (RG-214) לשקלים בודדים למטר (RG-58).

לפני שנים שמתתי את עיניי על RG-6 שנעשה בו שימוש במערכות הטלוויזיה בלווינים ובכבלים. מחירו של מטר של כבל כזה הוא פחות משקל בודד למטר. נשאלת השאלה: האם כבל זה יכול לשמש את החובב דל האמצעים?

כמה עובדות טכניות

במערכות אנטנות הטלוויזיה מעבירים ב-RG-6 את תחום התדרים שבין 1-2GHz. אנו כחובבי רדיו נסתפק בתחומי הת"ג ועד התא"ג. אמנם מיד תתעורר השאלה האם העכבה האופיינית שלו, שהיא 75 אום, תתאים לנו במערכות בהן העכבה האופיינית היא 50 אום? שאלה טובה שהתשובה המיידית לה היא לא! אך במחשבה שנייה, אם נביט סביבנו, ובבחן את מבנה התחנה, ניזכר, שחלקנו מזין את המשדר באנטנת דיפול שעכבתה האופיינית היא 75 אום! סיבה טובה להזין את הדיפול בקו 75 אום ולא 50 אום כדוגמת ה-RG-213.

RG-6 קיים בשוק במספר רב של איפיונים:

- סיכוך בודד, כפול, משולש ואפילו מרובע.
- הסיכוך מורכב ממוליכים קלועים, מנייר כסף ובשילוב ביניהם.
- החומר הדיאלקטרי הוא מסוג פוליאתילן מוקצף.

השוואה בין קווי תמסורת שונים:

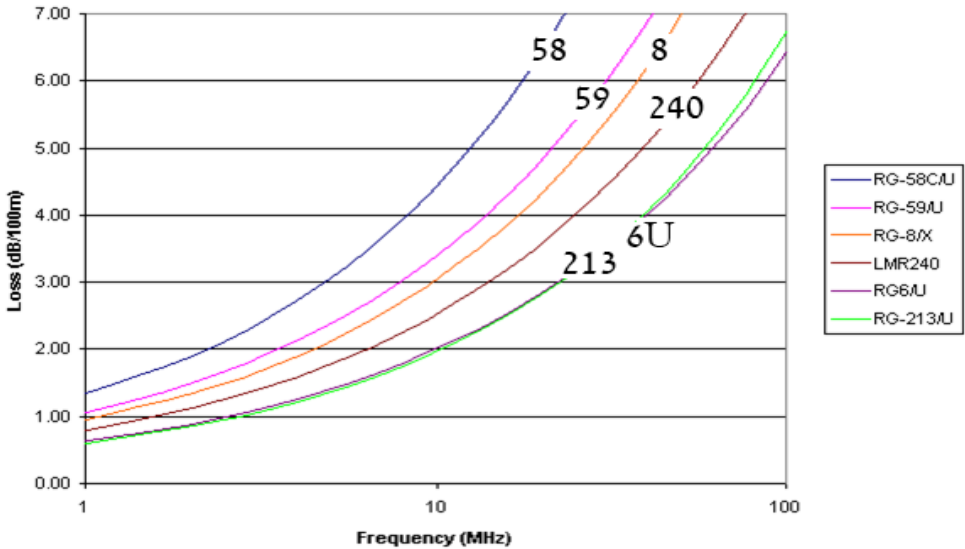
Type (/U)	Z ₀ (Ω)	Dielectric Type	Capacitance (pF/ft)	O.D. (in.)	dB/100 ft @400 MHz	V _{max} (rms)	Shield
RG-6A	75.0	PE	20.6	0.332	6.5	2,700	Braid
RG-8	52.0	PE	29.6	0.405	6.0	4,000	Braid
RG-8A	52.0	PE	29.6	0.405	6.0	5,000	Braid
RG-58B	53.5	PE	28.8	0.195	14.0	1,900	Braid
RG-58C	50.0	PE	30.8	0.195	14.0	1,900	Braid
RG-59/A	73.0	PE	21.1	0.242	10.5	2,300	Braid
RG-213	50.0	PE	30.8	0.405	5.5	5,000	Braid
RG-214	50.0	PE	30.8	0.425	5.5	5,000	Dbl Braid

הטבלה מסכמת ערכים אופייניים ממוצעים של הכבלים השונים. יש להדגיש כי ניתן למצוא כבלים איכותיים יותר או פחות בהתאם לחברה היצרנית ויש לבדוק כל כבל לגופו.

מסקנות מהטבלה:

1. בין הכבלים הזולים RG-6 הוא בעל ניחות נמוך מזה של RG-58.
2. הכבלים האיכותיים כמו RG-213/214 הם בעלי ניחות טוב יותר אך הוא מתבטא רק ב-1 dB ל-30 מטר בתדר 400 מגה-הרץ.
3. מתח הפריצה בין מוליכי הכבל הוא 2700 וולט. מתח גבוה לאין שעור מהדרוש לנו גם אם נעבוד עם יג"ע לא טוב במיוחד.

הפסדים בקו מתואם



גרפים אלו נבנו לפי המודל של VK10D ומתבססים על מספר הנחות, שניתוחם מחוץ למאמר זה. ההנחות הן:

- ההתנגדות (R) יחסית לשורש הריבועי של התדר
- ההשראות (L) ליחידת אורך נשארת קבועה
- המוליכות של החומר הדיאלקטרי (G) יחסית לתדר
- הקיבול (C) ליחידת אורך נשארת קבועה

המסקנה המעניינת היא שקו תמסורת מסוג RG-6U באיכות טובה, אינו נופל בניתוח ההפסדים מכבל באיכות טובה כמו RG-213.

מה ביחס להספק שניתן להעביר דרך הכבל? שני גורמים משפיעים על פרמטר זה והם מתח הפריצה וטמפרטורת הכבל.

עבור תאום טוב בין הכבל לעומס ומתח של 2700 וולט (מתח הפריצה לפי מפרטי הכבל) ניתן להעביר כ-50 קילו-וואט. כמובן עבור $VSWR > 1$ נקבל ערכים נמוכים יותר אך בכל מקרה הם גבוהים לאין שיעור ממה שנדרש ליישומים שלנו כחובבי רדיו

כדי למנוע חימום יתר ופגיעה בחומר הדיאלקטרי. יש לדאוג לא לעבור את הטמפרטורה הקריטית של 80 מעלות. מניתוח ההפסדים על החלק ההתנגדתי של הכבל וכדי להישאר בתחום טמפרטורה של כ-40 מעלות, אין לעבור את ההספק של 700 וואט בתדרים

שמעבר לתחום התא"ג. (למתעניינים, כדאי לקרוא את הפרק העוסק בכך בספר Antenna Handbook של ARRL).

ההספק המרבי שניתן להזין בו את הכבל והעומס תלוי גם ביג"ע. עבור חוסר תאום הספק זה מושפע מהמתח והזרם המרביים שניתן לספק לעומס. בהנחה שרוב ההספק שאובד בכבל נובע מהתנגדות המוליכים, אז מתקבל שההספק שיכול הכבל לעמוד בו יהיה יחסי הפוך ליג"ע. לדוגמה: אם בתדר 7 מגה-הרץ בתאום מושלם מסוגל הכבל לשאת הספק של 1600 ווט, אזי ביג"ע של 2 ירד הספק זה לערך של 800 ווט בלבד.

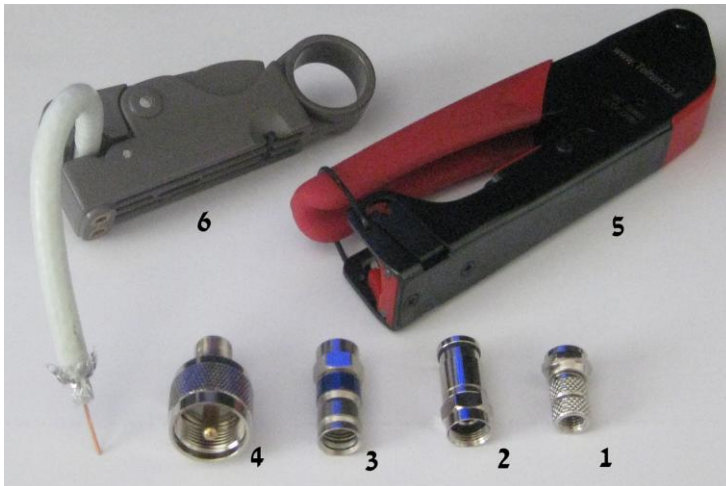
הניתוח עד עתה יצא מתוך הנחה שאנו מספקים הספק קבוע מהמשדר. למעשה ברוב המקרים הדבר אינו כך, ויש לבחון את המקרה ביחס לסוג האפנון ולרוחב פולסי השידור.

מתח הפריצה של הכבל הוא ערך קבוע ואינו תלוי בסוג האפנון, אך סוג האפנון משפיע על הטמפרטורה הממוצעת של הכבל. לדוגמה: נניח שידור SSB שבו יחס הדחיסה בין ההספק השיאי להספק הממוצע הוא 10dB (פי 10 בערכים מוחלטים). בהמשך לדוגמה הקודמת מתקבל, שבתדר 7 מגה-הרץ, במקום הספק מרבי בתאום מלא היה 1600 ווט, אז יתקבל עתה 16 קילו-ווט. במצב זה טמפרטורת הכבל תישאר זהה גם אם נספק הספק של 16KW. דוגמה נוספת מתחום שידורי המורס, נניח יחס הספק מרבי לממוצע של 2. כדי לא לעבור את גבול הטמפרטורה המותר יהיה ההספק המרבי עתה 3.5KW (2*1600).

המחברים

אחד החסרונות המשמעותיים של RG6 הוא חוסר היכולת להלחמה. מסיבה זו יש להשתמש במחברים מתאימים ללחיצה. כאן ניתן למצוא מספר רב של פתרונות.

בצילום מחברים שונים וכלים שימושיים להכנת הכבל.



1 – מחבר F ללא הלחמה וללא לחיצה, המחבר מתחבר לכבל על ידי הברגתו על מוליכי הסיכור

2 – מחבר לחיצה מסוג F

3 – מחבר לחיצה אטום למים מסוג F

4 – מחבר מעביר מ-F type ל- PL259

5 – לוחץ מחברים

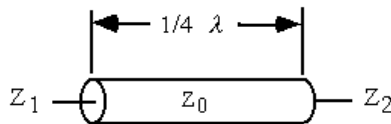
6 – סכין להסרת בידוד, אפשר להסיר בידוד גם בעזרת סכין יפנית פשוטה.
קיימים בשוק מחברים מסוג BNC ו-RCA שניתן לחבר ישירות לכבל זה, בלחיצה כמובן.

באינטרנט ניתן למצוא מספר רב של סרטים המתארים כיצד לחבר לכבל RG-6 את המחברים השונים. נסו את מילות החיפוש: RG6 connector, F type.

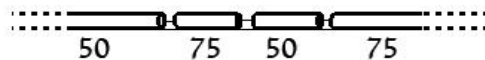
תאום עכבות

למעוניינים ולמקפידים שבינינו, המעוניינים לתאם בין קו ה-75 אום לעומס או למשדר בעלי עכבה אופיינית של 50 אום, יש מספר אפשרויות:

1. שנאי רחב סרט – השנאי יבנה על גרעין טורואידי מפריט או אבקת ברזל ביחס ליפופים של $(75/50)^{0.5} = 1.23$
2. שנאי רבע אורך גל – זהו שנאי צר סרט המורכב מקו תמסורת באורך רבע אורך גל בעל עכבה אופיינית של $Z_0 = (50 \cdot 75)^{0.5} = 61 \Omega$. לצערנו קשה עד בלתי ניתן להשגה קו תמסורת בעל עכבת כזו.

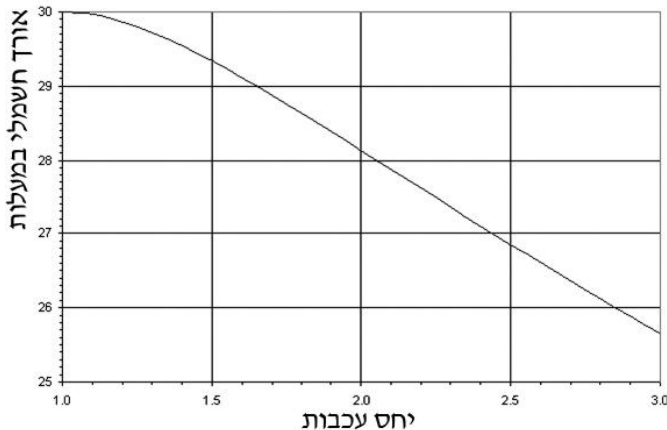


3. שנאי 1/12 אורך גל – שיטה זו פותרת את הבעיה של סעיף 2 בו נדרשנו לקו תמסורת שלא ניתן להשגה. בשיטה זו אנו עושים שימוש בשנאי צר סרט שמחובר בטור לנקודת החיבור שבין העכבות הדורשות תיאום. שני הקטעים הם באורך חשמלי של בערך 1/12 אורך הגל הנדרש.



את האורך המדויק של יחידות התיאום ניתן לחשב או לקבל מהתרשים הבא:

אורך יחידת התאום



לדוגמה: עבור תאום בין 75 אום ל- 50 אום היחס הינו 1.5 לכן מהגרף נדרשות יחידות באורך של 29.3 מעלות.

סוף דבר

תיאוריה בלבד אינה מספיקה לטעמי. לקחתי את התיאוריה לשדה הניסויים עם ציוד חובבים פשוט המצוי אצל כל אחד מאיתנו. על שולחן הניסויים הונח כבל RG-6 באורך 50 מטר מסוג סיכוך משולש (חוטי סיכוך שזורים שנמצאים בין שני רידי אלומיניום). משדר בתחום ה- 145MHz חובר לצידו האחד של הכבל ועומס דמי של 50 אום בצידו השני. בעזרת מד הספק ומד יג"ע נמדדו ההספקים והיג"ע בתחילת קו התמסורת ובסופו. על מנת להישאר בתחום שגיאה סביר, חזרתי על המדידות עם שלושה מכשירים שונים (ברוב המקרים מכשירי המדידה שלנו בנויים עבור 50 אום וחששתי מתוצאות לא נכונות בעת מדידה על עכבות אחרות). מטרת הניסוי היה לבדוק את ההפסדים והיג"ע עבור תמסורת מסוג RG-6 שנמכר בחנויות החשמל, ואת השפעת הקונקטורים לאחר חיבורם לכבל. הופתעתי לטובה. התוצאות שהתקבלו תאמו ממש את התיאוריה ואם היו סטיות מהערכים המצופים הן היו מינוריות עד כדי כך שלא ניתן היה לקרא אותן במכשירי המדידה שלי.

את הניסוי ביצעתי עם המודדים של MFJ-874 בשני תחומי המדידה שלו, עם DAIWA-CN-103N ועם BIRD 4304-A.

לסיכום: ממליץ לא לפסול שימוש בקווי תמסורת מסוג RG-6 לחיבור מקמ"שי התחנה לאנטנה ואפילו לתחומי התג"מ והתא"ג. כפי שציין בפני אחד החובבים, שיתרונו הנוסף של כבל זה הוא בצבעו הלבן שמתמזג היטב עם קירות הבניינים.