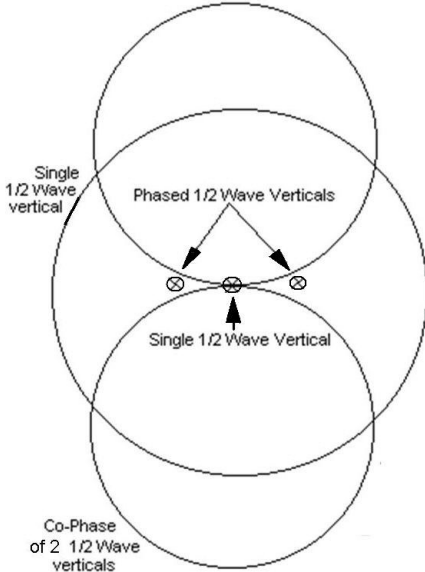


שיתוף מופע - Co-Phasing של אנטנות

מאת אלי קובו 4X4LH

במשך השנים האחרונות הבאתי לתשומת ליבו של הקורא הרבה סוגים של אנטנות מעניינות מכל קצוות העולם ומכל קצות הזמן (החל אפילו מ 1900). כמו כן המאמר על בניית בלונים פתר לחלק גדול מהקוראים, את בניית המתאם - בלון בין האנטנה לקו ההזנה.

נראה לי שאנחנו בשלים לגשת בביטחון לדיון על עוד בעיה שהרבה חובבים מתלבטים בה והיא חיבור המשרד לשתי אנטנות (או יותר) בו זמנית במופע חיובי ולנסות להרוויח עוד קצת עוצמת שידור לכוון ה dx. הבעיות הכרוכות בנישה מעניינת זו הן לא מעטות, אך כדאי להכיר את הנושא ובהמשך אולי יישם משהו ממנו! אחת הדרכים המקלות היא לשתף חבר, להתנסות - וביחד להתגבר על הבעיות המעשיות - כמו שנאמר "טובים השניים מין האחד"...



איור 1: השינוי שיחול עם עוד אנטנה זהה

חוק יסוד במערכת כזאת אומר דבר פשוט: **אם לאנטנה אחת בעלת שבח כל שהוא, מחברים אנטנה זהה נוספת תוצר הכפלת השבח - כלומר יתוספו 3 dB.**

המצב הבסיסי ביותר הוא של אנטנה אנכית באורך $\lambda/2$, מוזנת מלמטה ומקרינה נמוך לאופק. לעבדיכם הנאמן אנטנה כזאת על הגג. ראה בשרטוט אנטנה בודדת עם קרינה שווה לכל הכוונים - עיגול.

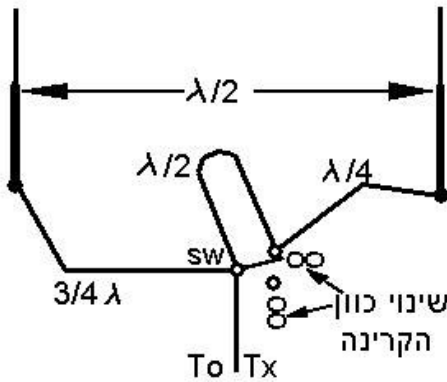
תוספת של עמוד זהה במרחק $\lambda/2$ בפאזה (מופע) משנה את הקרינה - לדמויית הסיפורה 8, ניצבת לקו שני העמודים ובתוספת מיידיית של 3 dB!

תוספת של קואקס באורך $\lambda/2$ ומפסק או ריליי, משנה את היחסיות בין שתי האנטנות. איור 2 *מפסק פתוח מכניס את חתיכת הקואקס ($\lambda/2$) ומשוה בכך את שני הצדדים לבין הקואקס המזין - הקרינה הופכת לניצבת לקו שני העמודים.

* סגירת המפסק מביא את הגל לצד הימני ($\lambda/4$) לפני הגעתו לצד השמאלי ($\lambda/4$), גורם לאנטיפאזה ומסובב את כוון הקרינה ב 90° - באותו קו של שני העמודים.

זאת הצורה הפשוטה ביותר של מערכת כזאת, שמתאימה מאד להתנסות ראשונה.

אם לא היו על הגג שלי חצי תריסר קולטי שמש, הייתי מוסיף את העמוד השני כבר מחר בבוקר!!!

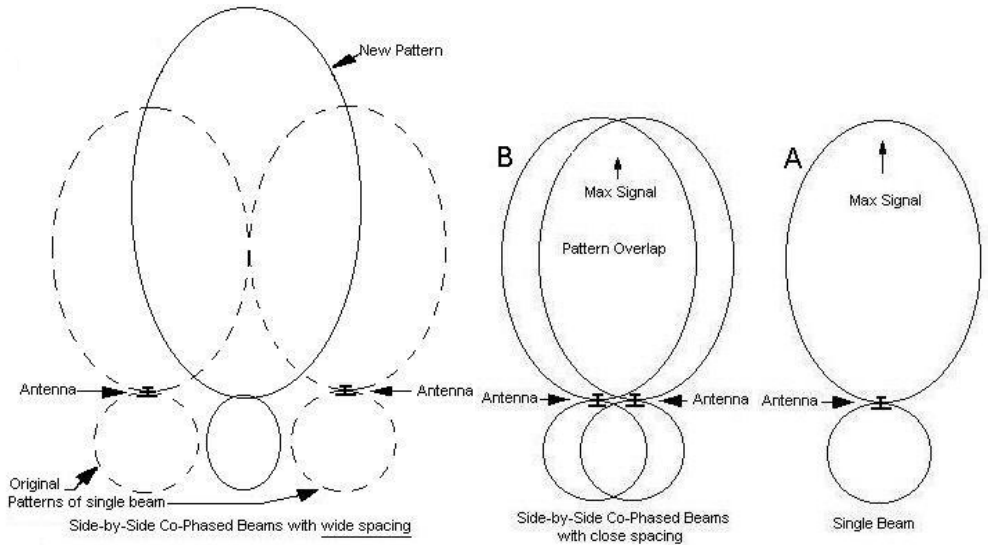


איור 2: שנוי כוון ב 90°

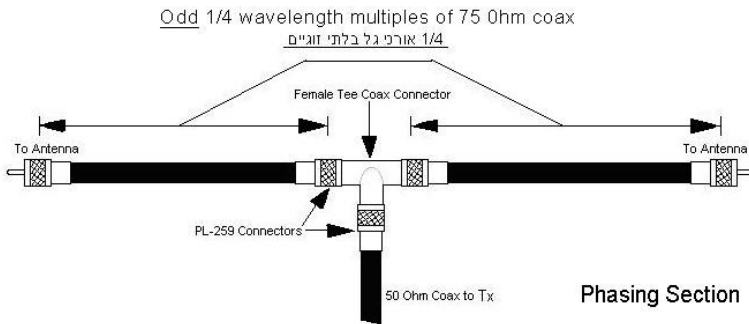
מצב מעניין במיוחד נוצר כאשר מוסיפים עמוד שלישי או רביעי ואז ניתן לשנות את אופיין השידור לכוון הרצוי ב 360 מעלות עם אופייני קרינה משתנים. עיין ב ARRL Handbook. השיטה הזאת שימושית מאד בתחנות שידור מסחריות. הן מקבלות רשיון שידור תוך קביעה מוקדמת של אזור הכיסוי המבוקש ואת אופיין השידור התואם לכך.

לעומתן, תחנות כמו ה BBC, שמשדרות בהרבה שפות להרבה ארצות, הוסיפו מתקן שמשנה "בהנף בורר" את המופע בין האנטנות ובכך את כוון השידור. יש להדגיש שמדובר על שידור בתדר אחד בלבד - ועל האנטנות וקטעי הקואקס להיות כולם בתהודה על אותו תדר. זה מקשה על צורת העבודה האופיינית הניידת של חובבי רדיו.

כמוכן יש להרחיק את האנטנות אחת מהשנייה לפחות חצי אורך גל, כדי לאפשר פריסה ומיצוי מלא של אופיין הקרינה של כל אחת מהן, איור 3(A), וכדי למנוע השפעה הדדית ביניהן (B), שמחזירה את המצב ליכולתה של אנטנה אחת בודדת.



איור 3: A אופיין של אנטנת יאגני אחת. B: שתי אנטנות קרובות מדי. בשרטוט השמאלי יש מיצוי מלא של רעיון הסופרפוזיציה של הכווניות של n אנטנות.



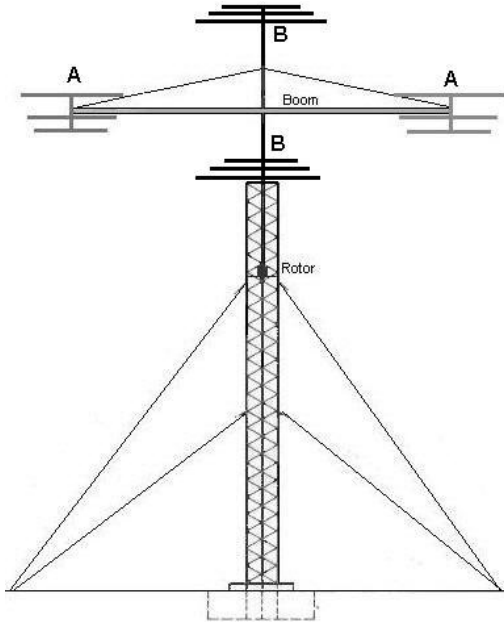
איור 4: שתי חתיכות הקואקס שמחברות את שתי האנטנות למשדר

כאשר מדברים על חיבור שתי אנטנות מניחים שהן בנויות לאותו תדר ומציגות התנגדות מדויקת של 50Ω . כידוע חיבור במקביל של שני "נגדים" כאלה ייתן 25Ω . מה עושים? משתמשים בשתי חתיכות קואקס 75Ω באורך $\frac{1}{4}\lambda$ ומחברים דרך מחבר טי למשדר. העכבת של קו שידור $\frac{1}{4}\lambda$ בצדו האחד נמוכה ובצידו השני גבוהה. אנחנו מתייחסים לקצה הגבוה כ 100Ω . נוסחת תאום העכבות אומרת שהעכבת של מתאם הביניים מתקבלת ע"י: השורש - של - כפל - עכבת א' - בעכבת ב': $Z = \sqrt{100 \times 50} = \sqrt{5000} = 70,7\Omega$ והתוצאה די קרובה לכבלי קואקס של 75Ω שבהשג ידינו והחיבור של שתי האנטנות באמצע - במקביל, ייתן בדיוק 50Ω .

ולמה קטעים בלתי זוגיים (Odd) של $\frac{1}{4}\lambda$? אם לרשותנו יותר מקום ונוכל להרחיק את האנטנות אחת מהשנייה יותר מ $\frac{\lambda}{2}$ - אורך הקואקס ביניהן לא יספיק. נצטרך להזכר בעובדה שעכבת חוזרת על עצמה כל חצי אורך גל. אם נאריך את הקואקס הדרוש בעוד $\frac{1}{4}\lambda$ נקבל שני רבעים שהם $\frac{\lambda}{2}$ ואז לא תהיה טרנספורמציה! לעומת זאת באורך של רבע אורך גל, בו מתקיים מצב קיצוני בצד אחד ומצב קיצוני הפוך

בקצה השני! אם נשתמש בכפולות בלתי זוגיות של $\lambda/4$, כלומר בשלושה רבעים או חמישה רבעים (אם המרחק גדול) נחזור למצב ההתחלתי של רבע אורך גל אחד - והכל יסתדר בכי טוב.

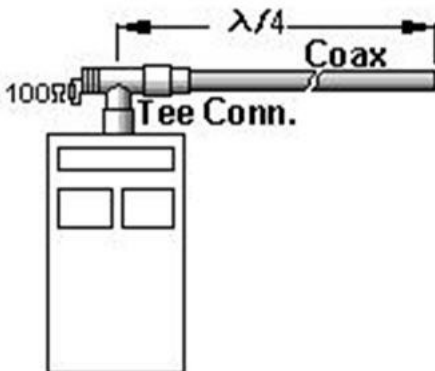
הכדאיות של מערכת כזו? אם נבדוק את השבב (ושאר פרמטרים) של אנטנת ששה אלמנטים, נמצא שכדאי לבנות שתי אנטנות זהות של שלושה אלמנטים, שביחד יתנו לנו 1-2 dB יותר מאשר זאת של הששה.



איור 5: הצבת זוג אנטנות

הקושי הגדול של מערכת כזאת (איור 5 AA) הוא הסיבוב הסימולטני של שתי האנטנות לאותו כוון בלי לשנות את המצב הטופוגרפי בין שתיהן. פרוש הדבר שיש להציב אותן על בום באורך $\lambda/2$ לפחות ואז לסובב את כל הגעשעפט. יש כאלה שעשו את זה, אך אנחנו לא מדברים על מיליונרים...

אך גם לזה נמצא פתרון: אפשר לעמיד את שתי האנטנות אחת מעל השנייה (איור 5 BB) הסופרפוזיציה של האלומות של שתיים כאלה קורת במישור הגובה ומשפרת את הזווית כלפי האופק. יש שזוית זו מגיעה ל 6-7 מעלות אל האופק, חלום!!!



איור 6: חיתוך אורך הקואקס

הכוון של קטעי הקואקס לתהודה בתדר שנבחר נעשית בעזרת אנטנה אנלייזר ונגד קטן של 100Ω 1% מחובר בצד אחד של מחבר T - כמתואר בשרטוט. לצד אחד של הקואקס אפשר לחבר כבר מחבר קואקסיאלי ובצד השני שלו יש לקצץ קטעים קצרים עד שמגיעים לתדר המדויק. כעת אפשר לחבר מחבר קואקסיאלי גם לצד השני. הדייקנים טוענים שהאנלייזר אינו מספיק מדויק כדי למצות את המאקסימום ש phasing כזה מבטיח - ובודקים את התדר גם בעזרת Frequency Counter!

בעיית הניידות על הגלים מקשה עלינו, אך יש כבר מחקרים שמנסים להגיע להמשך קיום המופע הנכון, למרות סטייה מהתדר הבסיסי! על כך במאמר עתידי...