

אנטנת לולאה מגנטית - MAGNETIC LOOP

מאת אלי קובו 4X4LH

זה עתה גמרתי לעסוק באנטנה שהייתי צריך להביא מזמן אך חששתי ממנה בכמה מובנים. ידוע לי שכמה חובבים אצלו עסקו בבנייתה ביניהם רון 4X1MK ועוד כמה חברים שמפאת תנאי מגוריהם נאלצים להשתמש באנטנה כזאת בחזקת גלגל הצלה תרתי משמע ולהציל בעזרתה את חובבות הרדיו שלהם!
המבנה כאן הוא עיגול בקוטר 1~ מטר מצינור נחושת בקוטר 12 מ"מ – לעבודה על רוב הגלים שלנו!!
מכוון שאני מורגל לאנטנות הרץ ומרקוני המסורתיות, היה לי קשה למדי להתמצא ולהבין איך היא פועלת. ידוע וברור שאם אינני מבין נושא, לא אוכל לכתוב ולהסביר עליו דבר. אך גם ידוע שאם לא נכנסים למים לא לומדים לשחות... כנראה הקושי הזה קיים בחוגי החובבים ולכן האנטנה נשארה נחלתם של מוסדות ממשלתיים ודיפלומטיים רבים בעולם, מתקנים צבאיים, אוניות וכו'. נאמר עליה שהיא תוכל להיות מונחת בחדר, על השולחן, למעלה בעליית הגג, או על הגג עצמו, במרפסת, או בשדה, כאשר אי אפשר להגיע לגובה $\lambda/2$ עבור האנטנות הקלאסיות. ההבדל הגדול, שהאנטנה הזאת כאן לא תלוייה ולא זקוקה לאדמה ולא לריצפה ולא לרדיאלים כדי לפעול בפוטנציאל מלא וכל זה רק בגובה של בן אדם! ההבדל בינה לבין האנטנות הקלאסיות, בתנאי שהיא בנוייה היטב, מסתכם בפחות מ 1 S point (6 dBs). אך הדבר המפליא הזה עובד גם על 80 מטר ע"י קבל יותר גדול (של 500 pF)!!



אם כל כך טוב - אז למה לא הצטיידנו עד עכשיו באנטנה כזאת? כמו שאומרים: כאן קבור הכלב. החיסרון העיקרי שלה תדר עבודה צר מאוד! לגופים המוזכרים לעי"ל היא נוחה מאד - עבודה על תדר אחד קבוע - וכוון חד פעמי. אצלו כל הפעילות מבוססת על תזווה בתדר. כל תזווה כזאת דורשת כוון עדין מחדש. זה קצת מקשה!... ישנם תכנונים של סיבוכ איטי מאד של הקבל מהתחנה עצמה ואחד כזה אני מביא כאן. אבל הייתי רוצה לראות תכנון שיסובב את הקבל כפונקציה של תזווה בתדר המקמ"ש! גם שהקבל יעצור את סיבוכו כאשר הקליטה והשידור במצב אופטימלי. אם מישו מחברינו בהייטק ירים את הכפפה, אולי נרוויח כולנו מכל העניין... ואולי זה קיים ואני לא יודע על כך?? אולי דומה ל StepIR?? או ל SWR?

כעת נראה איך עובדת המערכת המופלאה הזאת. לא צריך לאמץ את המוח יתר על המידה כדי לראות שהצינור המעוגל הזה הוא בעצם סליל שפתחו אותו ושני קצותיו מחוברים לקבל – הרי זה סליל וקבל במקביל שאנחנו מכירים זה מכבר.

שלא כמו בדיפול קצר שמציג ריאקטיביות קיבולית, כאן הלופ מציג ריאקטיביות אינדוקטיבית שניתנת לקיזוז באמצעות קבל. נוצר מעגל בעל Q גבוה (וצר), שהנצילות שלו גבוהה וההפסדים נמוכים. בשעת שידור, כל העוצמה מוקרנת החוצה, חוץ מזאת האובדת בצינור של הסליל הפתוח, בקבל הסיבוכי ובעיקר בחיבורים ביניהם. הנקודה הקריטית בבנייה של לופ כזה היא המאמץ להגיע ליחס גדול ככל האפשר בין התנגדות קרינה מקסימלית לבין התנגדות הפסדית מינימאלית שבדרך אליה. בנייה טובה מקטינה את ההתנגדויות הטוריות האלה למינימום.

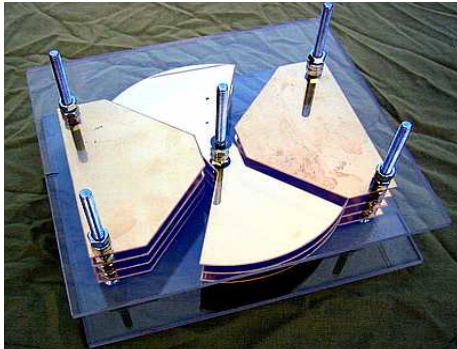


עוד - כל קרינה אל מחוץ ל**כל** אנטנה חייבת לכלול בסופו של הדבר את האלמנט - המגנטי H והאלקטרי E!

כאן, הזרם החזק בצינור המעוגל, דמוי סליל עם ליפוף יחיד, יוצר שדה מגנטי חזק וביציאתו החוצה, יוצר את השדה האלקטרי התואם וביחד את הקרינה האלקטרומגנטית. התנגדות הקרינה של הצינור העגול היא קטנה מאד (0,5Ω) יחסית לדיפול רגיל (75Ω), בגלל השימוש בנחושת ועובי דופן של מינימום מילימטר.

עם התנגדות קרינה כזאת, יוצא שבשידור של 100 ואט יעברו דרך המערכת כמה עשרות אמפרים(!). לכן צריך תשומת לב מיוחדת לחיבור הצינור לקבל ע"י הלחמת כסף ואם צריך הארכות להשתמש בפסי נחושת או סיכוך שטוח של קואקס! אלה שיטות הנהוגות במשדרים של 5, 10 או 20 קילוואט. פעם ביקרתי מטעם העבודה בקול ישראל, במשדרים של יבנה והתרשמתי שכדי לתחזק משדר כזה צריך להיות אינסטלטור (קירור מים), מכונאי – חיבור

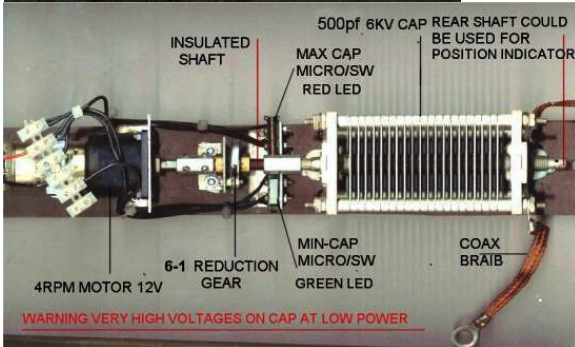
רכיב אחד לשני נעשה ע"י צינורות ופסי מתכת בעובי סנטימטר. הכלי העיקרי הוא מפתח שבדי או מפתח ראטצ'ט עם בוקסות. גם צריך להיות רתך של הלחמות פליז, כסף וכר. טיב הקבל הסיבובי חשוב מאד וכדאי שיהיה מהסוג של פרפר או בעל שני סטטורים טוריים שמכפילים את מתח הפריצה (כמו קבלים של $450 \mu F$, $450V$ בטור, בספקים של 1500 וולט). בזמנו תכנתי להגדיל את מתח הפריצה של קבל סיבובי ע"י סילוק כל לוחית שנייה (הקיבול יורד!). המתח שמתפתח כאן הוא של כמה אלפי וולטים. בתמונה קבל פרפר (מאזן) עשוי בבית, מוגן בין שתי פלטות פרספקס. בעזרת 2 או 3 שייבות בין פלטקה לפלטקה ניתן לקבוע את המרווחים וכך את העמידה במתח הגבוה!



לאחר כל הבלה בלה **המתאים ביותר הוא קבל ואקום!** קוטר העגול הכללי הוא החל ממטר אחד. מומלץ לא להתפתות ולא לבנות לופ מרובע שנראה קל לביצוע – צלעות ישרות תקועות בארבע זוויות נחושת מולחמות בהלחמת כסף וזהו. הנימוק הוא אותו נימוק שנותנים לגבי הקואד - שעיגול מקיף שטח יותר גדול מאשר מרובע באותן מידות. לכן השידור והקליטה יותר טובים מתוך עיגול כזה!

אפרופו קליטה. **המעגל הסגור של הלופ המגנטי לא קולט רבים מהרעשים שמקשים עלינו.**

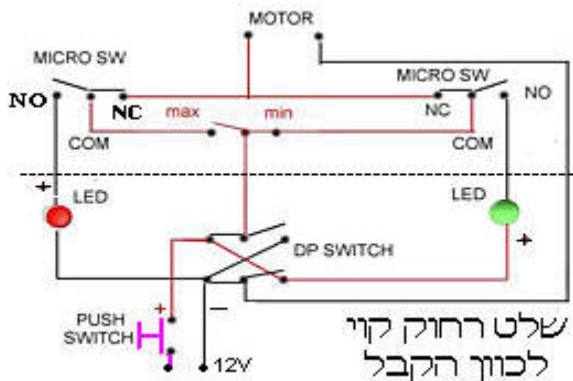
כמוכן **Q הגבוה והצר משמש מסנן QRM מצוין,** בכך שהוא מוריד את עוצמתם של תחנות סמוכות מפריעות - בעשרות דציבלים!



יש לזכור שהקרינה בשעת שידור היא חזקה לשני הכיוונים וכדאי שיהיה קיר בין הלופ לבין התחנה - ולא לאפשר לאף אחד לעמוד על ידה! בודאי שלא לנגוע באנטנה, כאשר ליד הקבל במיוחד מסתובבים כמה אלפי וולטים!

החובב הסקוטי GM4XRF בנה בצמוד לצינור הנחושת בצד העליון, מערכת כוון מהתחנה של הקבל. על גלאס אפוקסי חיבר את הקבל, שני מיקרוסוויטצים להפסקת המתח בקצוות, את מאיט הסיבוב 1:6, ומנוע קטן ואיטי מאד של 12 וולט. כמוכן תכנן מעגל פשוט שנוכל לכוון למאקסימום מהתחנה, עד שהחלום שלי לע"ל ייתגשם והפעולה תתבצע אוטומאטית במקביל לסיבוב הכפתור התדר הגדול של המקמ"ש!

עכשיו אפשר לגשת לעבודה – בהצלחה!



"To invent, you need a good imagination and a pile of junk" Thomas Alva Edison

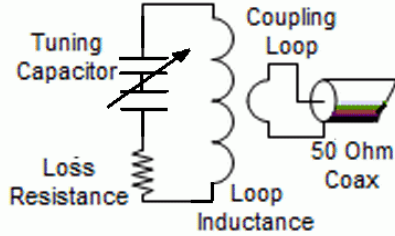
(1847-1931)

MAGNETIC LOOP - (II) "מגנטית" לולאה

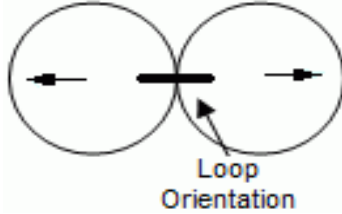
מאת אלי קובו 4X4LH

בחוברת הקודמת התחלתי לעסוק באנטנה אניגמטית מבחינות רבות. היא לא דומה לאנטנות "הרגילות" בהם עסקנו ואותם למדנו. ידענו שבקצה המשדר יש מעגל תהודה ואליה מחברים אנטנת חוטים או בים צינורות. היא מכוונת לתדר שלנו ומקרינה אותו לכל עבר. כאן פתאום מופיע צינור דמוי הולה הופ בקוטר של מטר ומתיימר לעבוד אפילו על 80 מטר, היכן שדרוש חוט של לא פחות מ 40 מטר?! הפלא ופלא.

כאן לפנינו דבר "חדש". אני לתומי חשבתי שהקרינה המקסימאלית היא בניצב ללולאה והסתבר שזה קורה דוקא בקו אחד עם הלולאה! ראה שרטוט. השבח של הלופ הזה כ 5dBi אך התכונות האחרות שיש לו הן לעילה ולעילה! Q גבוה שמקטין את הרעש החיצוני ואת ה QRM בכמה עשרות דציבלים! הגובה האפסי - בלי הצורך לבנות ולטפס על עמודים, כיסוי של רוב הגלים שלנו, קלות הבנייה האפשרות להכניס בקלות לבגד ועוד! אלה מכסות בהרבה על השבח הנמוך! הזריזים שבינינו ישקיעו בבניית קצת בקיעות וקצת זמן - ויש האומרים - פחות זמן מבניית דייפול. אז נא להזכר שמסביב לכל חוט שזורם בו זרם מתקיימת השראה. אם נעשה ממנו סליל, ההשראה תגדל עשרות מונים. ואם נחבר לחוט "מעביר" בעל שתי פלטות ובידוד ביניהם, המתקרא "קבל" - הוא יטען ויתפרק דרך "הסליל". נוצר מעגל תהודה שיתנדנד בתדר מסוים! אם נעשה ליפוף יחיד בצורת צינור עבה, תתפזר ההשראה הזאת - החוצה. זה בשתי מילים העיקרון שעובד פה! ראה שרטוט הקרינה במבט על.

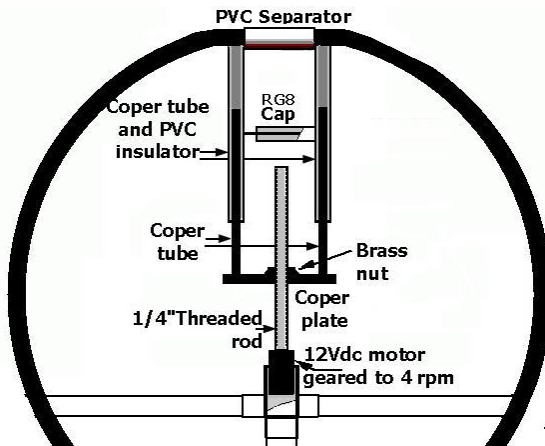


בדור הבא של האנטנה הזאת הייתי רוצה לראות איך מקפלים את האונה האחורית על הקידמית ומכפילים את העוצמה המוקרנת. אולי בעזרת רפלקטור?... אולי שתי לולאות בפזה הפוכה?... חושבים!...



המיקום של הקבל הוא למעלה, כדי שהקואקס שבא מהמשדר לא יחצה את מרכז הלולאה, שם קוי כוח חזקים ביותר. הקיבול הדרוש ב 28 מה"ץ הוא ~ 20pF, על 14 מה"ץ ~ 90 pF וקבל של 250 pF מאפשר שידור על 40 מטר! הקבל הזה רצוי שיהיה בנוי סביב חלקי חרסינה כי הוא יעמוד במתחים של 4000 וולט ויותר, בעוצמת שידור של 100 וואט. אם משתמשים ב 8 וואט בלבד (QRP) - אז יש עליו "רק" כ 1200 וולט (...אני מזיע...).

זה אומר 1,5-1 מ"מ מרווח אויר בין הפלטות.

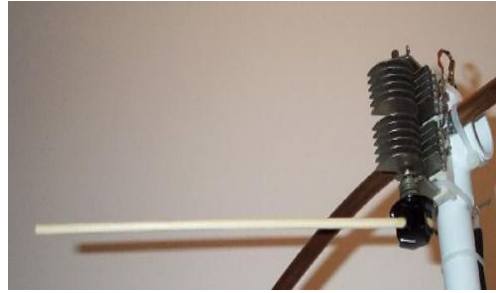


יצירת קבל בסיגנון טרומבון נעשה ע"י צינור בתוך צינור. המנוע מסובב באיטיות בורג שמוציא או מכניס שני צינורות יותר דקים כשהבידוד ביניהם הוא צינור PVC.

כוון קבל ואקוום מרחוק ע"י מנוע



שימוש בקבל הכולל הקטנת סיכוב מכני מתוך משדר Command set



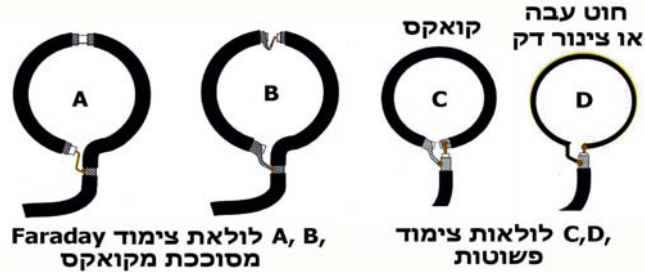
כוון עדין של הקבל ע"י סיך עץ או מקל אכילה סיני תקוע בכפתור המכוון. חוסך קירוב ידיים לסביבה של אלפי וולטים!

הצינור. כידוע בתדרי רדיו הזרם זורם ברובו בעטיפה של חוט או צינור ולכן ככל שקוטר הצינור יותר גדול מצבנו יותר טוב. אך כאן בהתנסות הראשונה כדאי להשתמש בצינור נחושת בעל התנגדות נמוכה מאד בקוטר נוח של $\frac{1}{2}$ " (12,7 מ"מ) שיושב במחסנים בצורת מעגל בקוטר בערך של מטר מוכן ומזומן לכבודך! הקף הלולאה הוא $\lambda/8$ על התדר הנמוך- הרצוי. קוטר הלולאה שלנו כאן הוא מטר וזה למען הנוחיות עם עצמנו ועם כל המשפחה - כדי שאפשר לסחוב ולשים אותה במכונית המשפחתית (הטנדר נשאר בעבודה...). אז קוטר של מטר $3,14 = 3,14 \times$ מטר. יותר מזה לא צריך! עם קוטר קבוע כזה - ככל שהתדר עולה היעילות משתפרת ויכולה להגיע ל 90%!

כאן מגיע תורה של לולאת הצימוד - ההזנה. אורכה $1/5$ מהקף הלולאה הראשית, כלומר, אורך של $0,63 = 3,14 : 5$ מטר. ההקף הזה מחולק ל $3,14$ יתן לנו את הקוטר שהוא 20 ס"מ. היא ממוקמת בתחתית הלולאה הראשית ונשענת על צינור PVC או פיברגלס. הוא נושא את כל הגעשעפט ואם צריך אפשר לחזק אותו ע"י הכנסת מקל של מטאטא בתוכו! (גם מטאטא יורה). ההזנה יכולה להיות בסיגנון גאמא מין' לא מאוזנת, אך המדקדקים טוענים שרצוי שלולאת הצימוד תהיה מאוזנת כדי לקבל שידור דמוי 8 משני הצדדים. ראה שרטוטים. ישנן עוד כמה צורות של הזנה אך המומלצת ביותר היא לולאת צימוד של שנאי קואקסיאלי מסוכם מטיפוס Faraday. בשנאי כזה חצי הדרך נעשת כך שהמוליך האמצעי הוא ראשוני והסיכוכן מישני ובחצי השני התפקיד מתחלף הסיכוכן ראשוני והאמצעי מישני. סידור זה מקטין את קיבולי הפיזור.



איון כזה מבטיח רוחב פס גדול (10-80 מטר) ופחות זליגת RF בצד החיצוני של סיכוכן הקואקס, הגורם ל RFI. להשגת יציבות מכנית של הלולאה, מומלץ להשתמש בקואקס RG-213. ראה שרטוט

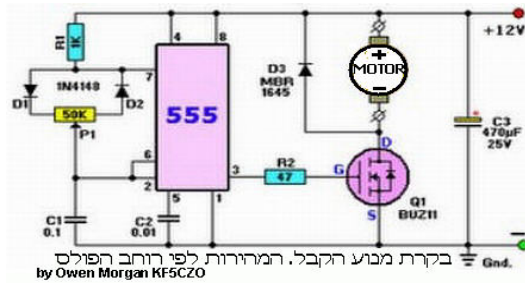


כוון סופי נעשה ע"י כוון הקבל לרעש מקסימאלי במקלט. אחר כך שדר כ 5 ואט וכוון את הקבל ליג"ע מינימאלי. לאחר מכן תזיז את לולאת הצימוד לכל הכוונים עד שיתקבל יג"ע 1:1 - כאן תקבע את מקומה הסופי ע"י אזיקונים. גם בשלב הזה לא כדאי לנגוע בלולאות כדי לא להתנסות מהו בעצם מתח RF גבוה... כדי לכוון עם אנטנה אנלייזר - חבר אותו ללולאת הצימוד. כוון את הקבל לתדר הרצוי ואז את לולאת הצימוד ליג"ע 1:1. קבע את מקומה הסופי, חבר את הקואקס לתחנה ורוץ לבדוק איך נשמע לך הגל!



הידוק אלגנטי של קבל ואקום בעזרת ארבע זוויות וארבע אומגות והלחמות כסף

רעיון יפה - להשתמש במנוע של תריסים לסיבוב הקבל. הדבר היחידי שלא נוח עם זה הוא שהוא פועל על



בקררת מנוע הקבל. המהירות לפי רוחב הפולס
by Owen Morgan KF5CZO

רדיאלים באורך פעמיים קוטר הלולאה (שני מטר כל רדיאל)!

- * אם יש לך מנוע של אנטנת טלויזיה (או של תריסים, הי, הי), כדאי להוסיף סבוב לאנטנה!
- * לפף 10 כריכות מחוטי מנוע הקבל על טבעת פריט כדי למנוע מהקרינה החזקה להגיע לבקרה.
- * היעילות של הלופ מושפעת מחפצי מתכת בסביבה, הסופגים קרינה ומשנים אותה לצורה בלתי צפויה.
- * גובה הלופ מהריצפה לא יותר מקוטר אחד או שניים של הלופ - גובה של בן אדם.
- * בשעת שידור התרחק לפחות 3 מטר מהאנטנה ורצוי שיהיה קיר ביניכם. אל תרשה לאנשים להתקרב!

תוצאות שנמדדו באמצעות MFJ-259B antenna analyzer אצל WA4MNT

10m	-	28.200 SWR	1.1 : 1	R=46, X=8
12m	-	24.900 SWR	1.2 : 1	R=56, X=9
15m	-	21.300 SWR	1 : 1	R=47, X=0
17m	-	18.150 SWR	1.2 : 1	R=43, X=7
20m	-	14.250 SWR	1.1 : 1	R=43, X=0
30m	-	10.125 SWR	1.1 : 1	R=50, X=8

The only antenna that is a complete failure is the antenna you never built!

מצאתי תכנון יפה לשילוב קבל ואקום באנטנה ולא יכולתי שלא להביאו לכאן. נראה טוב מבחינה מכנית, התנגדות מינימאלית וקיבול גבוה. אז תורידו מהבויידם את הבקבוקון הקטן הזה העומד במתח גבוה, שלא ידעתם מה לעשות איתו עד עכשיו... אם קיבולו מגיע ל 500pF יש לך סיכוי להופיע גם על 80 מטר!

הנה תכנון פשוט של בקרת המנוע של KF5CZO. בעזרת 12 רכיבים בלבד ופוטנציומטר יחיד, אפשר לשלוט גם על כוון הקבל (+/- תדר) וגם על המהירות - ע"י רוחב הפולס - Duty cycle. כדי למנוע התפרעות המערכת כדאי להעביר כ 10 ליפופים מחוטי הבקרה דרך טורואיד גם ליד הבקרה וגם ליד המנוע.

בבקרה כזאת, אני הייתי שם גם שני מפסקי קצה (Microswitches), כדי להבטיח שהקבל היקר לא ייהרס. ביום השדה האחרון בא אלי משהו (שאינני זוכר לצער, מי זה היה) עם רעיון יפה - להשתמש במנוע של תריסים לסיבוב הקבל. הדבר היחידי שלא נוח עם זה הוא שהוא פועל על 220 וולט. אולי יש כאלה לקרוונים שפועלים על 12 וולט? כדאי לברר!

עשה ועל תעשה!

* השתמש בצינור נחושת - ולא באלומיניום.
* למרות הצורה המיוחדת והשונה מהרגיל של הלופ, הקרינה בחוץ דומה לקרינה של שאר מיני האנטנות, הזקוקות לאדמה טובה. מומלץ אם כן, בהתחלה לנסות בלי רדיאלים, להתרשם, ולאחר מכן להניח על הריצפה כ 4-6