

# אנטנות לולאה קטנות לתחום ה-HF תנו למספרים לדבר

מאמר ראשון בסדרה

ערוך ע"י אבנר דרורי 4X1GE

*לורד קלווין אמר: "כאשר ניתן למדוד את הדבר שעליו מדובר ולהביע זאת במספרים, ניתן בהחלט לדעת על מה מדובר, אבל, כאשר לא ניתן למדוד את הדבר עליו מדובר ולא ניתן לבטא אותו במספרים, הידע הוא בלתי-מספק בעליל".*

בשנים האחרונות אין באפשרותי להשתמש באנטנה חיצונית וכאשר אני זקוק לאנטנה, לבצוע מדידות וניסיונות, אני נאלץ לחפש חברים בעלי אנטנות.

מאחר ואני מעדיף לעשות את הניסיונות בדירתי, אני מחפש כבר הרבה זמן אנטנה שאפשר להשתמש בה ממש בתוך הבית.

לאחרונה נתקלתי בשניים מחבריני, סיון 4X6IZ וניר 4X6FK שהדגימו לי כיצד אנטנת הלולאה עובדת וכך שוכנעתי שהנושא שווה בדיקה.

לכאורה, האנטנה היא מעגל תהודה פשוט, המורכב מסליל של לולאה אחת וקבל משתנה הנמצא בתהודה עם הלולאה, אבל למעשה הסיפור קצת יותר מורכב.

השלב הראשון, בו התחלתי, היה לימוד. האינטרנט ממש מוצף במאמרים וקל מאוד להתביית על המידע הנדרש ולהכיר את תכונות האנטנה כולל מאמרי של אלי קובר 4X4LH שפורסמו בחוברות האחרונות של "הגל".

השלב השני הוא בניה ועכשיו עלינו להחליט על צורת האנטנה וממדיה.

מקובלות היום שלוש צורות והן ריבוע, מתומן ועגול. לכול צורה ישנם יתרונות וחסרונות ואני בחרתי דווקא בעיגול מכיוון שהוא נוח לבניה במיוחד אם האנטנה בנויה מצינור נחושת.

מצאתי בכתובים גם את הקטע הבא:

*"אם אתה ספקן לגבי אנטנות לולאה קטנות, כדאי שתדעו שאין כאן הצעות לכישוף. על האנטנות עדיין להיצמד לחוקי הפיזיקה כמו שאר האנטנות קטנות הממדים. לכן כדאי שתזכרו את מה שכתוב להלן:*

*אתם יכולים לקבל רק שניים מתוך שלושת הפרמטרים הבאים: גודל קטן (במונחים של אורכי גל), נצילות ורוחב פס. אינכם יכולים לקבל את כולם.*

*כמילים אחרות, אנטנת שידור קטנה מקריבה את רוחב הפס לממדים הקטנים והנצילות, ככול שהנצילות גבוהה יותר כך יקטן רוחב הפס בתחום הפעולה של האנטנה. אם בניתם אנטנה בעלת פס תדרים רחב, אינכם יכולים לקבל נצילות גבוהה והסיכוי שתגמרו עם "עומס סרק".*

לאנטנה ישנם מספר פרמטרים שבידנו השליטה רק על שניים מהם ושאר הפרמטרים הם נגזרות משני הפרמטרים שהם קוטר הצינור והיקף הלולאה.

אחרי שבחרנו את קוטר הצינור והיקף הלולאה, הגיע הזמן להתייחס לפרמטרים הנגזרים מבחירתנו ולהלן הפירוט שלהם:

## רוחב פס התדרים –

האנטנה היא מעגל תהודה בעל Q גבוה מאוד שערכו מגיע לעיתים למעלה מ-1000. התוצאה היא רוחב פס תדרים צר מאוד המקשה על הכוונון לתדר. גם המקלטים שלנו הם בעלי רוחב פס צר ויש לתאם אותם עם רוחב הפס הצר של האנטנה. הפעולה לא פשוטה ולדעתי קשה לעבוד ברוחב פס הצר מ-10 ק"ה באנטנה. סיבה נוספת - רוחב הפס עלול להיות צר עד כדי כך שיחתוך את אונות הצד של השידור. מסיבות אלה בלבד הייתי פוסל תכנון אנטנות עם רוחב פס צר מ-10 ק"ה.

מצד אחד יש גם יתרון, לאנטנה בעלת רוחב פס צר מאוד, כאשר משתמשים במקלטי SDR שאין להם מסננות בכניסה אבל זאת בתנאי שמתכווננים לעבוד בתדר אחד (ראה WSPR). מצד שני – תשכחו מ-"מפלי-מים" ותצוגה ספקטראלית רחבה והסיבה ברורה...

## נצילות –

אנחנו מעוניינים בנצילות גבוהה המושגת, בדרך כלל, ע"י אנטנה בקוטר גדול.

כמו בכל נושא, גם כאן חייבים להתפשר ולהחליט עם מה אנחנו מוכנים לחיות. אם האנטנה מיועדת לקליטה בלבד, אפשר אולי לחיות עם נצילות של 20%, לאנטנות שידור הייתי בוחר נצילות של 50% ומעלה.

## הקבל של מעגל התהודה –

קבלים משתנים אינם קלים להשגה היום וצריך לתכנן, את האנטנה, בהסתמך על קבלים בערכים ריאליים וגם ניתנים להשגה.

בנוסף, קל מאוד להגיע, בתכנון, לערכי קבלים שאינם ריאליים, קל מאוד לחשב אנטנה עם קבל משתנה של 2pF אבל אינני חושב שניתן להשתמש בו.

## המסקנה –

תמיד נצטרך לוותר על משהו וכנראה שתמיד נאלץ לוותר דווקא על רוחב הפס.

## חישובים –

מכיוון שהחלטתי לעבוד לפי עקרונות הלורד קלווין, התחלתי לחשב את הפרמטרים השונים של אנטנות הלולאה הנגזרים מהפרמטרים שיש לנו שליטה עליהם והכוונה לקוטר הצינור ולקוטר הלולאה עצמה.

את החישובים עשיתי בעזרת תוכנה בשם loopcalc שניתן להוריד אותה מהאינטרנט באתר:

[http://www.ad4c.us/Antennas/Magnetic%20Loop\\_files/](http://www.ad4c.us/Antennas/Magnetic%20Loop_files/)

ראשית אתייחס להשפעת קוטרי הצינורות על הנצילות ורוחב הפס. בחרתי להשתמש דווקא במידות האנגליות, של הקוטרים, מכיוון שהצינורות ניתנים להשגה דווקא במידות אלה. החישובים הם לצורך השוואה בלבד ונעשו עבור לולאה בהיקף של 2.5 מטר (קוטר 80 ס"מ) ובתדר של 14 מ"ה.

קוטר (אינץ')	קוטר (מ"מ)	רוחב פס (ק"ה)	נצילות (%)
1/4	6.35	17.3	23.3
3/8	10.0	13.7	32.4
<b>1/2</b>	<b>12.5</b>	<b>12.5</b>	<b>37.5</b>
3/4	19.0	10.9	47.7
1	25.4	10.2	54.9

רואים, מהטבלה, שככול שהקוטר עולה רוחב הפס יורד והנצילות עולה. במקרה שלנו כדאי להתפשר על קוטר של 12.5 מ"מ שרק במקרה זכיתי בו ולכן המשך החישובים יהיה בהתאם למידה זאת.

## רוחב פס ונצילות

עשיתי את החישובים בהתאמה לקטרים של 60, 80 ו-100 ס"מ ורשמתי את הפרמטרים שקיבלתי, עבור צינור בקוטר 12.5 מ"מ, בתחומי התדרים של 7, 14, 21 ו-28 מ"ה.

מתוך כ-12 פרמטרים שונים שהתוכנה מפיקה, בחרתי להציג רק את הפרמטרים ששיפיעו על ביצועי הקליטה והשידור (כגון רוחב הפס והנצילות) ושיעזרו לנו בבניה (כגון ערכי קבל התהודה).

להלן תוצאות החישוב שקיבלתי: (הערכים האפשריים מודגשים)

היקף לולאה: 2 מטר – קוטר: 60 ס"מ

תחום תדרים	חלקי אורך גל של המוליך	רוחב פס (ק"ה)	נצילות (%)	קבל (pF)
7 מ"ה	0.049	5.5	#2.6	242.2
14 מ"ה	0.098	9.9	#23.5	55.7
<b>21 מ"ה</b>	<b>0.147</b>	<b>21.1</b>	<b>55.9</b>	<b>21.1</b>
<b>28 מ"ה</b>	<b>0.196</b>	<b>48.1</b>	<b>77.6</b>	<b>9.0</b>

היקף לולאה: 2.5 מטר – קוטר: 80 ס"מ

תחום תדרים	חלקי אורך גל של המוליך	רוחב פס (ק"ה)	נצילות (%)	קבל (pF)
7 מ"ה	0.061	5.8	#5.0	196.1
<b>14 מ"ה</b>	<b>0.123</b>	<b>12.5</b>	<b>37.5</b>	<b>43.2</b>
<b>21 מ"ה</b>	<b>0.184</b>	<b>33.2</b>	<b>71.2</b>	<b>14.9</b>
<b>28 מ"ה</b>	<b>0.245</b>	<b>85.8</b>	<b>87.1</b>	<b>5.0</b>

היקף לולאה: 3 מטר – קוטר: 1 מטר

תחום תדרים	חלקי אורך גל של המוליך	רוחב פס (ק"ה)	נצילות (%)	קבל (pF)
7 מ"ה	0.074	#6.2	#8.4	165.4
<b>14 מ"ה</b>	<b>0.147</b>	<b>16.3</b>	<b>50.9</b>	<b>34.7</b>
<b>21 מ"ה</b>	<b>0.221</b>	<b>51.7</b>	<b>81.1</b>	<b>10.5</b>
28 מ"ה	0.294	143.8	92.1	#2.0

# - פרמטר לא מתאים לדרישה או לא ישים לבניה.

מהחשובים הנ"ל נראה שולולאה בקוטר מוגדר תתאים לשני תחומי התדרים שבטבלה וכול התחומים שבין שני תדרים אלה.

עכשיו נראה את השפעת ההיקף/קוטר על הפרמטרים בתדר 14 מה"צ

Q	רוחב פס (ק"ה)	התנגדות קרינה (אום)	קבל (pF)	נצילות (%)	אורך גל	קוטר (מטר)	היקף (מטר)
1776.5	7.9	0.001	120.4	3.7	0.049	0.3	1
1407.6	9.9	0.015	55.7	23.5	0.098	0.6	2
<b>1122.5</b>	<b>12.5</b>	<b>0.037</b>	<b>43.2</b>	<b>37.5</b>	<b>0.123</b>	<b>0.8</b>	<b>2.5</b>
859.8	16.3	0.077	34.7	50.9	0.147	1.0	3
485.3	28.8	0.244	23.3	71.0	0.196	1.3	4
281.4	49.8	0.595	15.5	82.7	0.245	1.6	5
173.1	80.9	1.235	9.7	89.2	0.294	1.9	6
138.9	100.8	1.701	7.3	91.3	0.319	2.1	6.5
127.7	109.6	1.920	6.4	92.0	0.329	2.1	6.7

היקפים מומלצים, לאנטנות לולאה, נעים בתחום מ-1/8 עד 1/3 אורך גל (0.125 עד 0.333 אורך גל). רואים, מהטבלה, שההיקף המזערי הוא 2.5 מטר (קוטר 80 ס"מ) וההיקף המרבי הוא 6.7 מטר (קוטר 2.1 מטר).

מעל היקף זה, 1/3 אורך גל, התוכנה שולחת לי הודעת שגיאה...

האנטנה שלי תהיה מיועדת, לפחות בשלב הראשון, לקליטה בלבד ובתדר קבוע (המתאים לרשת WSPR בתחום תדרים של תחום 14 מ"ה). שימוש זה גם פוטר אותי מהצורך בקבל העומד במתחים גבוהים המתפתחים על הלולאה.

למרות הרצון שלי להשתמש באנטנה קטנה ככול האפשר שיאפשר לי להתקין אותה בחדר או במרפסת קטנה, החלטתי להשתמש באנטנה בקוטר 80 ס"מ שהנצילות שלה ורוחב הפס הם בערכים מתאימים ליישום הנדרש. אנטנה מעל קוטר זה עלולה להיות גדולה מדי למרחב העומד לרשותי.

מה תהינה התוצאות? נחיה ונראה.