

# 5-elements gruppantenn \*

Johan Skatt, e93\_jsk@e.kth.se

Stefan Petersen, e92\_spe@e.kth.se

Daniel Ringström, e92\_dri@e.kth.se

1997-05-07

---

\*Typeset in L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X

# 1 Mål

Målet med detta projekt var att dimensionera en 5-elements gruppantenn, och se hur kopplingen mellan elementen påverkar strålningsdiagrammet.

## 2 Beräkningar

Givna data på antennen var:

- Antal dipoler 5 stycken
- Inbördes avstånd  $\lambda/2$
- Dipolernas längd  $\lambda/2$
- Bredsidesantenn med sidlobsnivån  $-30$  dB

### 2.1 Ideal antenn utan koppling

För att dimensionera en gruppantenn är det lättast att i första steget anta att man ej har någon koppling överhuvudtaget.

I vårt fall skulle antennen ha en sidlobsnivå på  $-30$  dB på endast 5 element. Då detta är ganska mycket försöker man naturligtvis välja en så snabbt "avtagande" metod som möjligt. Man erinrar sig att Tjebyttjev polynomen är de snabbast avtagande/växande polynomen av alla kan man t.ex. välja Dolph-Tjebyttjev:s metod.

Eftersom gruppantennen består av ett udda antal element fås enligt [1] kapitel 6 grupp faktorn som:

$$(\text{AF})_5 = \sum_{n=1}^3 a_n \cos[2(n-1)u], \quad \text{där } u = \frac{\pi d}{\lambda} \cos \theta \quad (1)$$

Eller utskrivet:

$$\begin{aligned} (\text{AF})_5 &= a_1 + a_2 \cos(2u) + a_3 \cos(4u) \\ &= a_1 + a_2(2 \cos^2 u - 1) + a_3(8 \cos^4 u - 8 \cos^2 u + 1) \\ &= \left\{ \frac{z}{z_0} = \cos u \right\} = z^4 \frac{8a_3}{z_0^4} + z^2 \left( \frac{2a_2}{z_0^2} - \frac{8a_3}{z_0^2} \right) + a_1 - a_2 + a_3 \end{aligned} \quad (2)$$

Man vet sedan tidigare att 4-ordningens Tjebyttjev polynom har utseende enligt:

$$T_4(z) = 8z^4 - 8z^2 + 1 \quad (3)$$

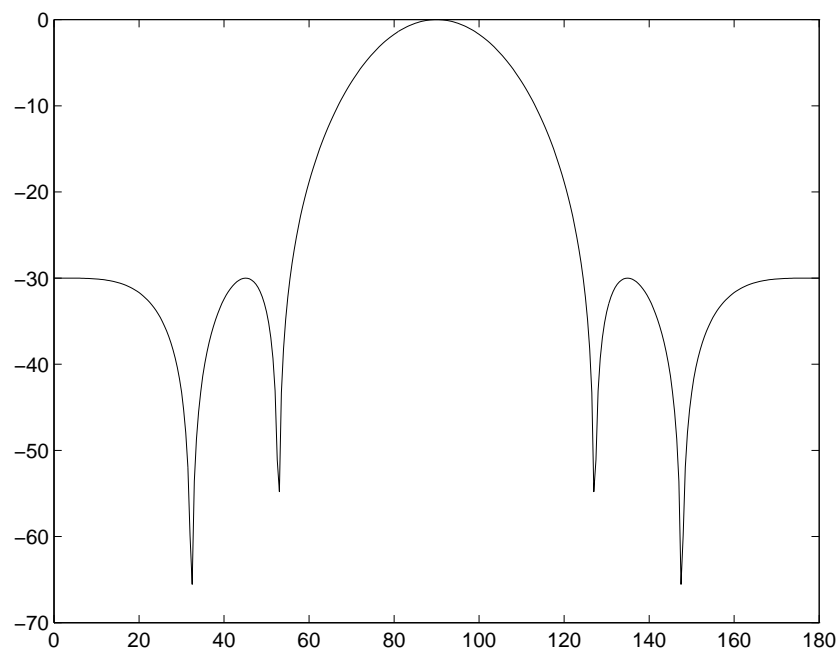
Man identifierar nu lätt koefficienterna genom att jämföra (2) och (3), vilket ger:

$$\begin{aligned} a_1 - a_2 + a_3 &= 1 & a_1 &= 9.9642 \\ \frac{2a_2}{z_0^2} - \frac{8a_3}{z_0^2} &= -1 & \Rightarrow & a_2 = 15.3114 \\ \frac{8a_3}{z_0^4} &= 8 & a_3 &= 6.3472 \end{aligned}$$

Man får alltså den totala grupp faktorn genom att stoppa in koefficienterna i summan igen:

$$AF = a_3 \cos(4u) + a_2 \cos(2u) + 2a_1 + a_2 \cos(2u) + a_3 \cos(4u) \quad (4)$$

Nu är det bara att ta beloppet och logaritmera det samt plotta det, vilket ger den normerade kurvan enligt figur 1. Som verkar uppfylla ställda önskemål om sidlobsnivån.



Figur 1: Strålningsdiagram för ideal antenn (utan koppling)

## 2.2 Bestämning av kopplingen mellan elementen

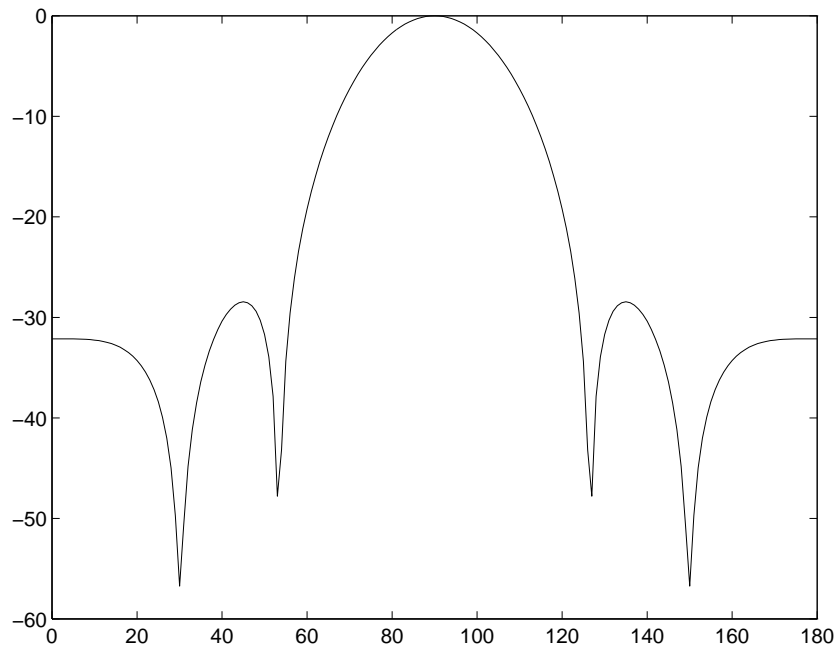
Då enligt uppgiften endast kopplingen mellan två element skall bestämmas, kan man med lätthet använda de formler som härleds i [1] sid. 416-417.

Ekvationerna löses lämpligen numeriskt eller med tabeller då de innehåller sinus-/cosinusintegraler. Man får värdena enligt (symmetri):

$$\begin{aligned} Z_{12} = Z_{21} = Z_{23} = Z_{32} = Z_{34} = Z_{43} = Z_{45} = Z_{54} &= 14.1 - j11.2 \\ Z_{13} = Z_{31} = Z_{35} = Z_{53} = Z_{24} = Z_{42} &= -5.30 + j3.03 \\ Z_{14} = Z_{41} = Z_{25} = Z_{52} &= 2.61 - j1.41 \\ Z_{15} = Z_{51} &= -1.49 + j0.87 \end{aligned}$$

Hmm hoppas jag fick med alla.

Det enklaste sättet att skaffa sig ett strålningsdiagram som tar hänsyn till kopplingen är att göra en simulering med NEC. Man får då ett diagram som tar hänsyn till kopplingen mellan *alla* element. Det blir alltså ytterligare något mera verklighetstroget. Simuleringen gav ett strålningsdiagram enligt figur 2.



Figur 2: Strålningsdiagram för “verklig” antenn med hänsyn tagen till kopplingen

### 3 Slutsatser

I figurerna syns, om man jämför dem, att sidoloberna inte blir lika låga i det fall då man tar hänsyn till kopplingen som då man ej gör det (man förlorar ca.

1.5 dB). Dessutom blir huvudloben något smalare samt märkas bör i positiv bemärkelse att 90°-loberna minskar i nivå.

Man får för alltså en något lägre utsänd effekt, det vill säga att man förlorar något i direktivitet p.g.a. kopplingen.

## Referenser

- [1] Constantine A. Balanis, *Antenna Theory : Analysis And Design*, Second Edition, John Wiley & Sons, Inc., New York, 1997

## A Lite MATLAB-kod för beräkning av koef- ficienterna, samt plottning av diagram

```
clear, clf

R0=10^(30/20);
z=cosh(1/4*acosh(R0));

%%% Bestäm koefficienterna
a=[];
a(3)=8*z^4/8;
a(2)=(-8*z^2+8*a(3))/2;
a(1)=1+a(2)-a(3);

theta=0:1:180;
u=pi/2*cos(pi*theta/180);

%%% Bestäm Grupp faktorn och plotta det logaritmerade beloppet
AF=abs(a(3)*cos(4*u)+a(2)*cos(2*u)+2*a(1)+a(2)*cos(2*u)+a(3)*cos(4*u))/
    (2*a(1)+2*a(2)+2*a(3));
plot(theta,20*log10(AF)), hold on;

%%% Läs in amplituden från NEC och plotta den
ampv;
plot(theta,amp'-max(amp),'r');
```

## B NEC-kod

```
CM 5-elements array
CE lambda=1
GW 1 11 -1 0 -0.5 -1 0 0.5 0.1
GW 2 11 -0.5 0 -0.5 -0.5 0 0.5 0.1
GW 3 11 0 0 -0.5 0 0 0.5 0.1
GW 4 11 0.5 0 -0.5 0.5 0 0.5 0.1
GW 5 11 1 0 -0.5 1 0 0.5 0.1
GE
FR 0 0 0 0 299.8
EX 0 1 5 0 0.3185
EX 0 2 5 0 0.7683
EX 0 3 5 0 1
EX 0 4 5 0 0.7683
EX 0 5 5 0 0.3185
RP 0 1 180 1000 90 0 1 1
EN
```