

# Et 3 Element phased array til 7 MHz

Af OZ7TA, Jørgen Kragh, Forelvej 25, 3450 Allerød og  
OZ1DBO, Peter Marlau Knudsen, Mosegårdsvej 145, 2820 Gentofte

## 1. Indledning

I denne artikel vil vi beskrive et 3 element lodret polariseret phased array til 7 MHz båndet.

Antennen har vi bygget til brug som Field day antenne til OZ2AGR, i mangel af en beamantenne.

Antennen er meget simpel mekanisk, og den er let at adskille og transportere, hvilket gør den velegnet til Field day antenne.

## 2. Hvad er et phased array?

Et phased array er en gruppeantenne, hvor definitionsmæssigt alle antenner i gruppen fødes med sendersignalet.

Ved at variere amplitude og fase af signalerne til de individuelle antenner i arrayet, kan man ændre antennegruppens udstrålingsdiagram.

Eksempelvis er radar og ECM antenner på moderne kampfly tit udformet som phased arrays. Fordelen ved at anvende et phased array er, at man undgår at skulle styre antennen mekanisk, men kan nøjes med at variere fase og amplitude af de individuelle antennesignaler. Man får altså en simpel mekanisk, men kompliceret elektrisk konstruktion.

I det foreliggende tilfælde opstillede vi følgende krav til antennen.

Gain: Så stort som muligt

Polarisation: Lodret

Styrbar i 360°

SWR under 1:1,6

Tabel 1. Designkrav til antennen.

## 3. Det elektriske design

De nævnte krav er temmelig skræppe, så det var nødvendigt at gå på kompromis for at få det til at gå op. Som antennekonfiguration valgte vi 3 lodrette kvartbølgeantennes med tilhørende jordplan. Antennerne blev opstillet i en ligesidet trekant. Hvis man nu kun anvender 2 af antennerne ad gangen og skifter fase- og amplitudeforholdene rigtigt, vil man få en hovedstråle, der kan varieres hele kompasset rundt i 60° spring.

Stiller man antennen med den ene »side« i retning nord-syd, vil man således kunne sætte hovedsløjfen i 0° svarende til nord og hhv. 60°, 120°, 180°, 240° og 300°. Fig. 1 viser princippet.

Det kan måske synes at være fråds kun at anvende 2 af de 3 antenner ad gangen. Men ved kun at anvende 2 antenner, mente vi da, at vi kunne få det til at fungere.

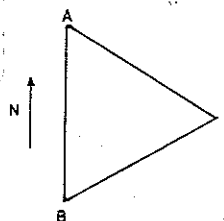


FIG. 1. PRINCIPPET I ANTENNE

| Retning | Aktive Antenner |
|---------|-----------------|
| 0°      | A og B          |
| 60°     | B og C          |
| 120°    | A og C          |
| 180°    | B og A          |
| 240°    | C og B          |
| 360°    | C og A          |

Når man har flere antenner placeret fysisk tæt på hinanden, vil de gensidigt påvirke hinanden, således at deres impedans ændrer sig.

Hvis afstanden mellem antennerne er større end  $\lambda/(2\pi)$  vil denne indflydelse være minimal. Vi har valgt en afstand på  $\lambda/4$  mellem antennerne. På den måde kan man også lettere justere de enkelte antenner til resonans uafhængigt af hinanden.

Betragter vi nu kun de 2 aktive antenner har vi altså 2 antenner med svarende til 90° faseforskel. I litt. 1 fandt vi, at hvis de to antenner bliver fødet med samme amplitude, men med 90° graders faseforskel, får man et udstrålingsdiagram som vist på fig.2:

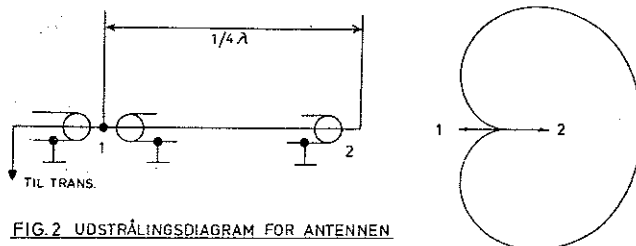


FIG. 2. UDSTRÅLINGSDIAGRAM FOR ANTENNE

Maximalt gain er 3 dB, og som det ses har arrayet en rimelig bred udstråling. Det er derfor ikke nødvendigt med en finere opløsning i azimuth end 60°.

Når man sådan skal skifte mellem 3 antenner, måtte vi bygge en styrebox, der kunne klare omskiftningen.

Fig. 3 viser det komplette diagram for styreboxen inklusive powersplitteren.

Selve powersplitteren, der deler signalet til de 2 aktive antenner, er en bredbåndssplitter, der er udviklet af OZ7TA. Fordelen ved denne splitter er, at der er meget lille faseforskel mellem de 2 udgange over et meget stort frekvensområde. Splitteren kan således umiddelbart anvendes ved andre frekvenser end 7 MHz.

Efter splitteren sendes det ene signal gennem en 90° delayline TL01, lavet af et stykke RG58 kabel, der er udmålt til en kvart bølglængde på 7 MHz. Vi har nu 2 signaler med samme amplitude, men med 90° faseforskel.

Man skal her huske at kablens fysiske længde er kortere end den elektriske længde, på grund af for-

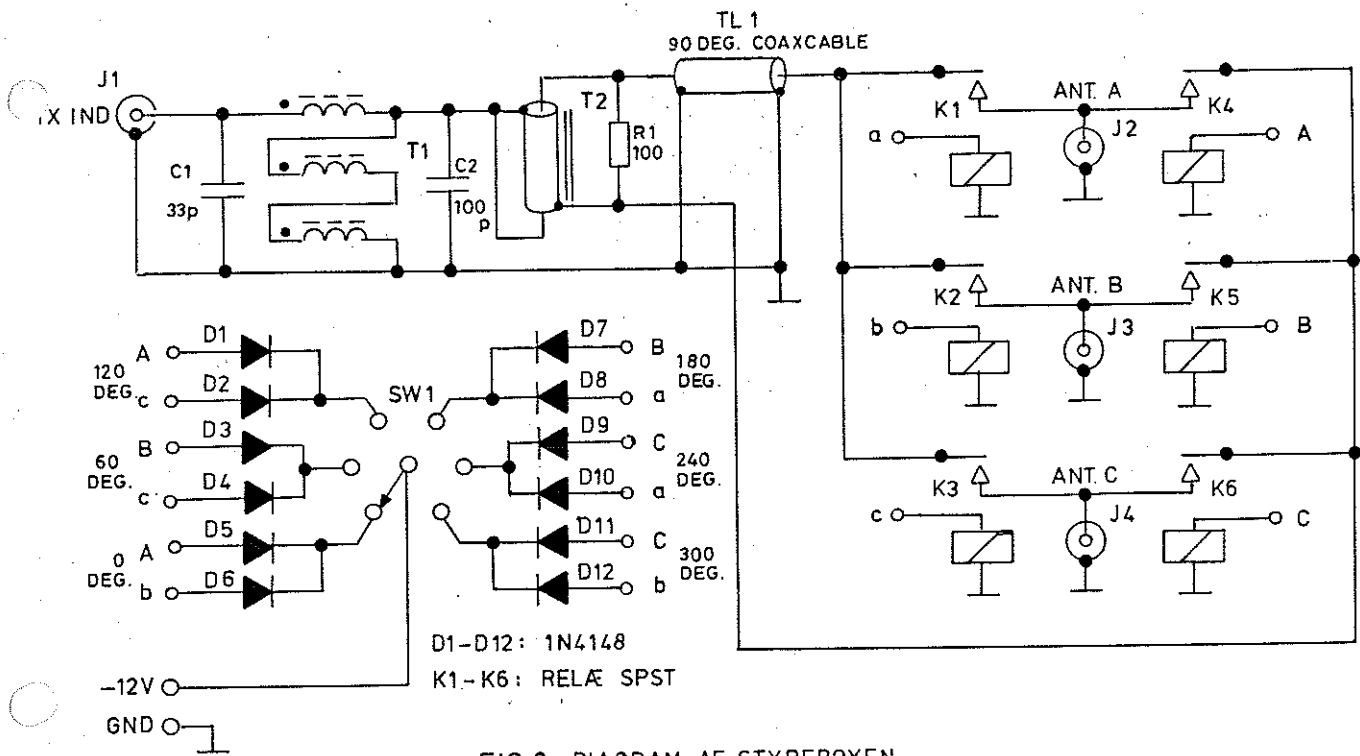


FIG. 3 DIAGRAM AF STYREBOXEN

kortningsfaktoren i kablet. For RG58's vedkommende er forkortningsfaktoren 0,66.

Bruger man et kabel med en anden forkortningsfaktor, skal man naturligvis regne med den.

Ved hjælp af de 6 relæer K01-K06 kan vi nu sende de 2 signaler ud på de 3 antennerterminaler A, B og C i overensstemmelse med skemaet i fig. 1. Kabel-længden fra de 3 terminaler og ud til antennerne er ukritisk, blot skal de 3 kabler være lige lange, d.v.s. med en maximal tolerance på 1-2 cm.

Ved hjælp af omskifteren SW01 og diodematricen D01-D12 kan de 6 kompasretninger vælges. Det ses, at der i hver af de 6 stillinger er trukket 2 af de 6 relæer, nemlig et der sender det direkte signal til den bagreste antenne, og et der sender det forsinkede signal til den forreste antenne.

Det er naturligvis muligt at lave et mere elegant omskifterarrangement end en omskifter og 12 dioder, men for at undgå EMC problemer i en smart styring valgte vi en løsning, som vi var sikre på ikke lod sig påvirke af sendersignalet.

Relæerne, der anvendes, skal være rimeligt kapacitetsfattede samtidig med, at de skal kunne tåle sendersignalet. Vi har anvendt nogle små reedrelæer, og de har da holdt til ca. 100W uden at brænde af, så de er store nok til OZ2AGR's licens. Kan man ikke få fat på reedrelæer, kan antennerelæer fra f.eks. gamle AP700 taxiradioer anvendes.

Strømforsyningen til styreboxen afhænger af den valgte relætype og dens arbejdsspænding og strømforbrug. Vi havde en IC2 lader i overskud, og den virker fint med reedrelæerne.

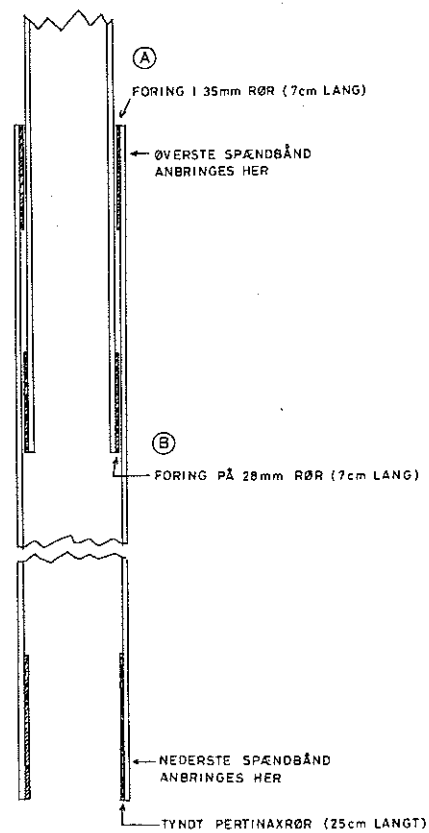


FIG. 4 SAMLING AF RØRENE

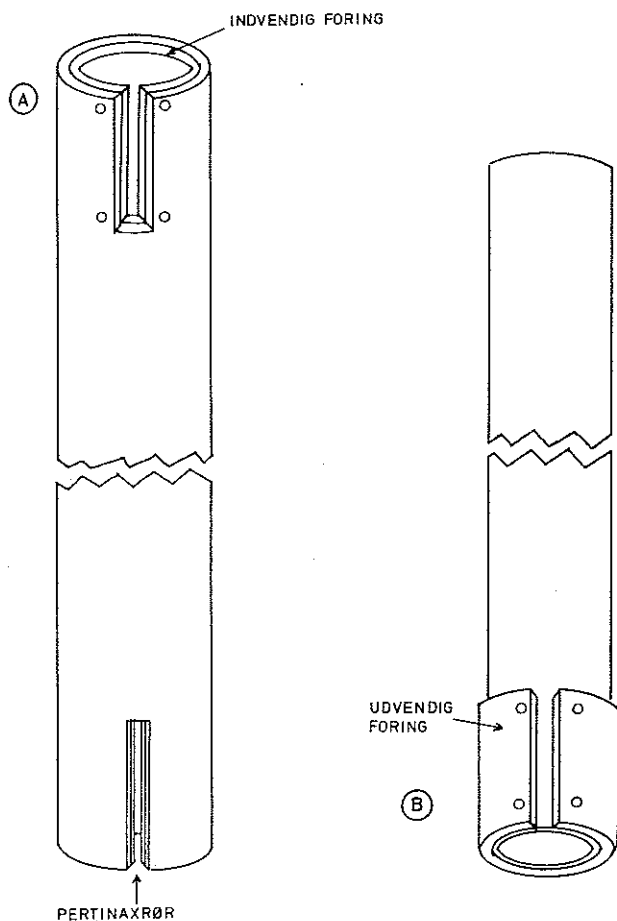


FIG 5. SLIDSER OG FORINGER I RØRENE.

#### 4. Det mekaniske design og jordplanet

Til hvert antenneelement skal bruges følgende:

- 1 længde (6 meter) aluminiumsrør, ydre diameter 35 mm, godstykkelse 1,5 mm
- 1 længde (6 meter) aluminiumsrør, ydre diameter 28 mm, godstykkelse 1,5 mm
- 2 spændebånd til 35 mm rør
- 70 cm  $\frac{3}{4}$ " vandrør
- 25 cm tyndt pertinaxrør
- 1 PL hunstik med flange
- 40 cm uisoleret 1,5 monteringsstråd
- 41 m  $0,75 \text{ mm}^2$  alm. ledning til radialerne

Herudover skal der bruges ca. 90 m barduner til hele arrayet og 6 pløkke, f.eks. 6 stykker 60 cm  $\frac{1}{2}$ " eller  $\frac{3}{4}$ " vandrør.

De 2 længder aluminium skal samles til et teleskopelement. Som det fremgår af målene, har det tykke rør en indre diameter på 32 mm, medens det tynde rør har en ydre diameter på 28 mm, hvilket giver noget slup.

Det ville være nærliggende at benytte et rør på 32 mm ydre diameter i stedet for 28 mm røret - men prøv ikke. Målene er ikke præcise nok. Enten kan de to rør ikke stikkes langt nok ind i hinanden, eller også kan de ikke skilles ad igen.

Gør istedet som vist i fig. 4 og 5, hvor det tykke rør er monteret med en foring foroven, og det tynde rør med en foring forneden. Disse foringer er vist med A hhv. B.

Hver foring består af et stykke på 7 cm skåret af det pågældende rør. For at lave den indvendige foring på det tykke rør skal der skæres 2 cm af rørstumpen på den lange led, således at denne kan »klemmes« ind i røret.

Herefter laves en slids i røret på 5 cm længde og 1 cm bredde. Rørenden vil så kunne klemmes sammen om det tynde rør ved hjælp af spændebåndet. Den tynde rørstump skæres igennem på langs og krænges ud over enden på det tynde rør. Foringerne fastholdes bedst ved hjælp af 2-4 små maskinskruer. Bor et hul gennem rør og foring. Hullet skal være lidt mindre end skruens diameter, så skruen selv laver et gevind. Skru skruen ind i rør og foring, men ikke igennem, og sav skruenhovedet af. Fil derefter plant hvor skruenhovedet før sad. Herefter kan rørene samles med det tynde inden i det tykke.

Tilpas pertinaxrøret og stop det op i bunden af det tykke rør. Lav en slids i rørene på 5 cm's længde og 1 cm bred. Pertinaxrøret må ikke være tykkere end at antenneelementet kan stilles ned over et  $\frac{3}{4}$ " vandrør, der udgør elementets »fundament«.

Monter spændebåndene, og antenneelementet er færdigt. Lav herefter de 2 andre elementer på samme måde.

Antenneelementet tilsluttes sit coaxialkabel via et hun PL-stik, som samtidig er forsynet med 4 radialer på hver 10 m. Samlingen af tilslutningen fremgår af fig. 6. Selve tilslutningen foregår ved, at midterlederen stikkes op under det nederste spændebånd, og skærmen (jordplanet) stikkes op mellem jordpløkken (fundamentet) og pertinaxrøret.

Hvis man er meget bange for at få vand i samlingen (hvorfor regner det altid, når man skal stille Field day-grejet op?) kan man smøre PL-stikkets overside over med siliconegummi eller lignende.

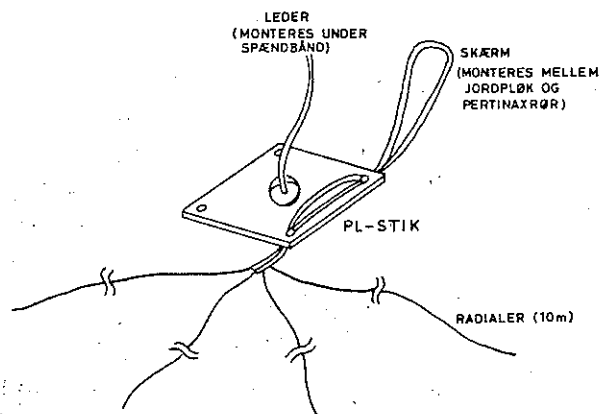


FIG. 6 KABELTILSLUTNING TIL 1. ELEMENT

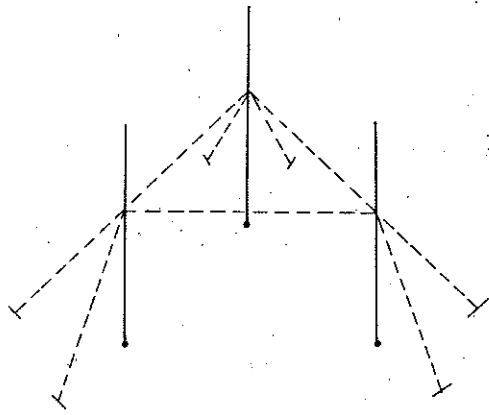


FIG7. SKITSE AF OPSTILLINGEN OG BARDUNSAETNINGEN

### 5. Opstilling af antennerne

De tre jordpløkke (fundamentspløkke) slås i jorden med nøjagtigt 10,64 m mellemrum i en ligesidet trekant. Husk at tage højde for nord-syd retningen. De tre pløkke skal rage ca. 25 cm op over jorden. Herefter afstemmes de tre elementer hver for sig ved at justere deres længde til bedst muligt SWR.

Når afstemningen er færdig, skal bardunerne monteres som vist på fig. 7. For at montere bardunerne skal elementerne lægges ned igen, så vent med at spænde dem fast på jordpløkkene før til allersidst. Det er ligeledes vigtigt, at længden på de tre mellembarduner er den samme som sidelængden i trekanten, da man ellers får en del problemer. Bardunerne monteres ved det øverste spændebånd på det tykke rør. Antenneelementerne monteres derefter på hver sin pløk og spændes fast. De sidste 6 barduner bindes derefter fast til hver sin pløk i jorden.

### 6. Resultater

Da Field day oprandt, samlede og justerede vi elementerne enkeltvis, inden de blev koblet sammen i styreboxen. SWR på styreboxens indgang var ca. 1:1,5 og splitmodstanden blev ikke varm. Effekten kom altså ud i antenneelementerne.

Med hensyn til gain kunne vi mærke lidt forskel mellem at køre med et enkelt rundstrående element og så til at køre med 2 antenneelementer.

Antennens største fordel fandt vi var, at det var muligt at fjerne en hel del QRM, uden at det gik ret meget ud over det ønskede signal, da hovedstrålen er temmelig bred i forhold til nulpunktet, jfr. fig. 2.

Desuden var det meget hurtigt at skifte retning, betydeligt hurtigere end med en ordinær beam på en rotor.

Alt i alt modtog vi ingen negative kommentarer fra operatørerne på 7 MHz, og det er besluttet at antennen skal med på næste Field day igen.

### 7. Efterskrift

Det er let at ændre antennens arbejdsfrekvens. Det eneste, der skal ændres, er de 3 elementers resonansfrekvens samt ændringen af delaylinen TL01.

I øvrigt har vi planer om at ændre konstruktionen således, at alle 3 elementer er aktive hele tiden. Det burde give lidt mere gain.

Hvornår det bliver, ved vi ikke endnu. Det kommer an på om OZ7TA kan finde ud af at sætte tre antenner sammen på den rigtige måde.

### Litteraturliste

1. Johnson, Jasik: Antenna Engineering Handbook, 2. edition, McGraw-Hill, 1984.

## OZ-spot

### Gymnasiaster, radioamatører og komplekse tal

Det var nærmest med forfærdelse, at jeg fra nogle af mine studenter erfarede, at komplekse tal ikke mere er obligatorisk stof i matematisk gymnasium, men dog kan tages som frivilligt kursus.

Komplekse tal er et uundværligt matematisk værktøj inden for bl.a. elektronik, som det også i årenes løb er fremgået af adskillige artikler i OZ. Jeg vil derfor meget anbefale gymnasister og lignende skolesøgende unge mennesker, der interesserer sig for elektronik eller - mere bredt - for teknik og naturvidenskab, at de endelig sørger for at deltage i et kursus om komplekse tal. Det vil være dem til stor nytte, hvad enten de senere går videre med en uddannelse inden for teknik eller videnskab, eller blot dyrker det som fritidsinteresse, f.eks. som radioamatør.

73, OZ7MA (lektor ved Danmarks Tekniske Højskole)

## FANTASTISKE TILBUDSPRISER 15/11 - 20/12 - 1990

### så længe lageret rækker:

Antennetunere, målebroer, baluns, drejekondensatorer, keramiske drejeomskiftere og isolatorer, kunstantenner, aktiv-antener, aktiv-LF-filtre, lavpasfiltre, RFI-kerner med mere.

Se også OZ nr. 2, 6 og 9/90. Brochure tilsendes. Ring og få din her-og-nu-pris, og spar mange penge!!

**ALT ÷ 10 % PÅ VORES FASTE PRIS**

**AERMAX®**

**TLF. : 42 24 13 56**

**HVEDEVÆNGET 55, 2980 KOKKEDAL**