



⑫ A Terinzagelegging ⑪ 8403758

Nederland

⑲ NL

- ⑤4 Impulsradarapparaat.
- ⑤1 Int.Cl⁸: G01S 7/44.
- ⑦1 Aanvrager: Hollandse Signaalapparaten B.V. te Hengelo.
- ⑦4 Gem.: Drs. T.A.C. Kradolfer c.s.
Zuidelijke Havenweg 40
7554 RR Hengelo (O).

- ②1 Aanvraag Nr. 8403758.
- ②2 Ingediend 11 december 1984.
- ③2 --
- ③3 --
- ③1 --
- ⑥2 --

- ④3 Ter inzage gelegd 1 juli 1986.

De aan dit blad gehechte stukken zijn een afdruk van de oorspronkelijk ingediende beschrijving met conclusie(s) en eventuele tekening(en).

Impulsradarapparaat

De uitvinding heeft betrekking op een impulsradarapparaat, voorzien van een zend- en ontvanginrichting, waarbij de ontvangen doelsecho's na detectie bemonsterd en gedigitaliseerd worden, 5 een n-punts DFT-verwerkingseenheid en een drempelschakeling, alsmede een clustervormer, welke middelen bevat om uit de via de drempelschakeling verkregen signalen radarcellen, die tesamen één enkel doel bestrijken, samen te voegen tot een cluster om een het door de cluster bestreken doel representerend signaal te bepalen 10 en hieruit de afstand en azimuth van het doel.

Een dergelijk impulsradarapparaat is bijv. bekend uit EP-A- 0.057.949. Hierin is tussen de drempelschakeling en de clustervormer een celclassificatie-eenheid aanwezig. In deze eenheid wordt op celniveau een voorlopig onderscheid gemaakt tussen 15 first- en multiple-time-around echo's op grond van de spectrumbreedte; de first-time-around echo's worden hier namelijk coherent gedetecteerd, doch de multiple-time-around echo's niet. Een definitief onderscheid tussen first- en multiple-time-around echo's wordt gemaakt op clusterniveau. Dit systeem is onbruikbaar 20 als zowel de first- alswel de multiple-time-around echo's coherent of niet-coherent worden gedetecteerd. Er is dan immers geen verschil meer in spectrumbreedte. Daar waar een doel representerend signaal is afgeleid uit een first- resp. multiple-time-around echo wordt in het hiernavolgende gesproken over een first-, 25 resp. een multiple-time-around doel.

De uitvinding beoogt onafhankelijk van het feit of de detektie van de first- of multiple-time-around echo's wel of niet coherent heeft plaatsgevonden middelen te verschaffen om uit het genoemde het doel representerend signaal op te maken of dit is afgeleid uit een first-, resp. een multiple-time-around echo en 30 bestaat hieruit dat op de pulsherhalingstijd van het radarapparaat m "wobbles" zijn aangebracht, dat de clustervormer tevens middelen omvat om van het DFT-spectrum, dat door het genoemde het doel representerend signaal wordt beschreven, de grootte van de hierin optredende lokale maxima te bepalen met de aanduiding van welk 35 uitgangskanaal van de DFT-verwerkingseenheid deze maxima afkomstig

8403758

zijn, dat er een op de clustervormer aangesloten classificatie-
eenheid aanwezig is, welke een doel betitelt als zijnde een
multiple-time-around doel indien voldaan is aan de volgende
voorwaarden: voor de door de clustervormer geproduceerde doel
5 representerende signalen dient te gelden, dat het verschil in de
door de cluster bepaalde afstanden van het doel overeenkomt of
nagenoeg overeenkomt met een desbetreffende "wobble"-tijd; het
verschil in azimuth van de clusters dient gelegen te zijn binnen
tevorens bepaalde enge grenzen; de grootte van de genoemde lokale
10 maxima van de DFT-spectra dienen gelijk of nagenoeg gelijk aan
elkaar te zijn; en de genoemde lokale maxima dienen op te treden
in hetzij hetzelfde uitgangskanaal van de DFT-verwerkingseenheid,
hetzij in uitgangskanalen die t.o.v. elkaar in frequentie ver-
schillen over een waarde van $\frac{k}{m}$ maal de bandbreedte van de des-
15 betreffende uitgangskanalen, met $k = 1, 2, \dots, m-1$.

De uitvinding en de verdere voordelen van deze zullen
nader worden toegelicht aan de hand van de figuren 1-8, waarvan

Fig. 1 in blokschema een uitvoeringsvorm toont van
het impulsradarapparaat overeenkomstig de uitvinding;

20 Fig. 2A een echopulstrein voorstelt waarbij op de
pulsherhalingsstijd een "wobble" is aangebracht en

Fig. 2B het bijbehorende DFT-spectrum toont;

Fig. 3A, 3B, 3C echopulstreinen voorstellen ter illu-
stratie van de werking van het impulsradarapparaat en

25 Fig. 3D het bij fig. 3A behorende DFT-spectrum, en

Fig. 3E het bij de fig. 3B en 3C behorende DFT-spectrum.

Fig. 4A, 4B, 5A en 5B vectordiagrammen voorstellen ter
verduidelijking van de specifieke aard van de genoemde DFT-spectra;

Fig. 6A een echopulstrein voorstelt waarbij op de
30 pulsherhalingsstijd twee "wobbles" zijn aangebracht, en

Fig. 6B het bijbehorende DFT-spectrum toont;

Fig. 7A, 7B, 7C en 7D echopulstreinen voorstellen ter
illustratie van de werking van een impulsradarapparaat met een
pulsherhalingsstijd waarop twee "wobbles" zijn aangebracht en

35 Fig. 7E het bijbehorende DFT-spectrum van Fig. 7B, 7C en
7D toont;

8403758

Fig. 8A en 8B vectordiagrammen voorstellen ter verduidelijking van de specifieke aard van laatstgenoemd DFT-spectrum.

In fig. 1 wordt een uitvoeringsvorm gegeven van het impulsradarapparaat. Voor de eenvoud wordt hier een impulsradarapparaat besproken waarbij op de pulsherhalingstijd één "wobble" is aangebracht. Dit doet geen afbreuk aan de algemeenheid, daar geheel analoog een uitbreiding gemaakt kan worden naar impulsradarapparaten, waarbij op de pulsherhalingstijd m "wobbles" zijn aangebracht voor het onderdrukken van k -time-around echo's met

10 $2 \leq k-l(m+1) \leq m+1$, met $l = 0, 1, 2, \dots$.

In het impulsradarapparaat van fig. 1 is de radarantenna 1 gekoppeld aan een zend- en ontvaginrichting 2. De zendingrichting 2 van het impulsradarapparaat is voorzien van een TWT, waardoor coherente detectie van zowel first-time-around echo's alswel

15 second-time-around echo's mogelijk is. De ontvaginrichting 2 levert ontvangen echo's die bemonsterd en gedigitaliseerd zijn. Deze gedigitaliseerde signalen worden vervolgens in een n -punts DFT-verwerkingseenheid 3 fourier-getransformeerd, dat wil zeggen, dat van n opeenvolgende radarsweeps afkomstige en in één rangebin

20 gelegen videoinformatie wordt omgezet in n uitgangssignalen, welke zijn gelegen in de n frequentieuitgangskanalen van de DFT-verwerkingseenheid. Een dergelijke omzetting zal van hieraf aan aangeduid worden met een DFT-sweep. Is de videoinformatie van de radarsweeps 1, 2, 3, ..., n voor alle in aanmerking komende

25 rangebins omgezet in frequentieinformatie, dan wordt vervolgens de videoinformatie van de radarsweeps $n-k'+1, n-k'+2, \dots, 2n-k'$ voor elke in aanmerking komende rangebins omgezet in frequentieinformatie. Hierbij kan k' naar keuze de waarde 0, 1, 2, ..., $n-1$ aannemen. De opeenvolgende DFT-sweeps corresponderen derhalve met

30 naast elkaar gelegen of met elkaar meer of minder overlappende azimuthsectoren. De door de DFT-verwerkingseenheid 3 geproduceerde signalen worden per DFT-sweep en rangebin toegevoerd naar de drempelschakeling 4, welke clutter en ruis elimineert. De uitgangssignalen van de drempelschakeling 4 worden toegevoerd naar een

35 clustervormer 5, welke middelen bevat om uit de doorgelaten signalen van de drempelschakeling radarcellen die tesamen één

8403758

enkel doel bestrijken samen te voegen tot een cluster om een signaal te bepalen, dat het door de cluster bestreken doel representeert. Een dergelijke clustervormer is bekend uit het genoemde Europese octrooischrift nr. 0.057.949. De clustervormer 5
5 bepaalt tevens hieruit de afstand en azimuth van het doel. De clustervormer 5 is in staat meerdere doelen te bestrijken.

Doordat zowel first-time-around echo's als second-time-around echo's coherent worden gedetecteerd, kan op grond van de breedte van het bijbehorende DFT-spectrum geen onderscheid worden
10 gemaakt tussen first- en second-time-around echo's.

Om dit probleem op te lossen wordt, overeenkomstig de uitvinding, de pulsherhalingstijd T van het impulsradarapparaat na het uitzenden van een radarpuls veranderd van $T = T_1$ in $T = T_2$, indien de laatst gebruikte pulsherhalingstijd T_1 bedroeg en vise versa.
15 Er zal van nu af aan gesproken worden over een pulsherhalingstijd waarop een "wobble" is aangebracht, waarbij de "wobble"-tijd gelijk is aan $|T_1 - T_2| = \Delta T$. De zendingrichting 2 is voorzien van middelen om een "wobble" op de pulsherhalingstijd aan te brengen. Dankzij de "wobble" is het mogelijk om op grond van de door de
20 clustervormer 5 bepaalde afstand en azimuth van een doel, vast te stellen of een echo een first- of een second-time-around echo is, omdat ingeval van een second-time-around echo, de door de clustervormer 5 bepaalde afstand van het doel twee waarden aan zal nemen met een onderlinge afstand die overeenkomt met de
25 "wobble"-tijd, terwijl ingeval van een first-time-around echo, telkenmale dezelfde of nagenoeg dezelfde afstand gevonden zal worden. De door de clustervormer 5 bepaalde azimuth zal nagenoeg niet veranderen.

Het aanbrengen van een "wobble" heeft bij een impuls-
30 radarapparaat voorzien van een DFT-verwerkingseenheid 3 het bezwaar, dat het DFT-spectrum verandert onder invloed van de "wobble": er ontstaat naast het belangrijke hoofdspectrum van de ontvangen doelsetcho's, welke de dopplerinformatie bevat, een nevenspectrum met een lokaal maximum dat een $\frac{1}{2}n$ maal de bandbreedte
35 van de uitgangskanalen van de DFT-verwerkingseenheid 3 verwijderd ligt van het lokale maximum van het hoofdspectrum. Hierna zal

kortweg gesproken worden van lokale maxima die een $\frac{1}{2}n$ uitgangskanalen van elkaar verwijderd zijn, zie ook fig. 2A waarin een echopulstrein getoond wordt die voorzien is van een "wobble" en zie ook fig. 2B voor het bijbehorende DFT-spectrum. In de
5 fig. 2B, 3D, 3E, 6B en 7E staat de absolute waarde F van het in het algemeen complexe DFT-spectrum aangegeven. Tevens wordt verondersteld dat er sprake is van een 16-punts DFT waarbij de 16 uitgangskanalen U opeenvolgend genummerd zijn van 0 tot 15.

Het voornoemde bezwaar van het ontstaan van een nevenspectrum is de reden, dat het aanbrengen van een "wobble" tot nu toe niet toegepast is bij impulsradarapparaten voorzien van een DFT-verwerkingseenheid 3. Verrassend is echter dat het hoofdspectrum in het geval, dat een echo een first-time-around echo is, niet significant verandert t.g.v. de aanwezigheid van het nevenspectrum indien de "wobble"-tijd kort genoeg is; het nevenspectrum
15 blijkt dan veel kleiner te zijn dan het hoofdspectrum. Bovendien is het mogelijk om op grond van het DFT-spectrum, tesamen met de door declustervormer 5 bepaalde afstand en azimuth van het doel een beter onderscheid te maken tussen first- en second-time-around echo's. Het is immers mogelijk, dat op grond van door de cluster-
20 vormer 5 bepaalde afstand en azimuth van een doel, twee verschillende doelen betiteld worden als zijnde één second-time-around doel, indien deze doelen zich, gezien vanaf de radarantenne, achter elkaar bevinden op een afstand, die overeenkomt met de "wobble"-
25 tijd. Omdat in geval van een second-time-around echo het nevenspectrum in het DFT-spectrum wat betreft grootte gelijk is aan het hoofdspectrum, zie fig. 3E, en tevens een $\frac{1}{2}n$ uitgangskanalen verwijderd is van het hoofdspectrum, kan hiervan overeenkomstig de uitvinding gebruik gemaakt worden om een foutieve beslissing
30 betreffende de genoemde twee doelen op een afstand die overeenkomt met de "wobble"-tijd worden voorkomen. Dit kan door hoofd- en nevenspectra behorende bij de twee doelen te vergelijken en hieraan voor een beslissing "echo is een second-time-around echo" de twee extra voorwaarden te stellen dat genoemde spectra aan elkaar gelijk
35 zijn en dat deze spectra een $\frac{1}{2}n$ of nul uitgangskanalen van elkaar zijn verwijderd.

8403758

- Een verklaring voor het ontstaan van een nevenspectrum in geval van first-time-around echo's ten gevolge van een "wobble" kan als volgt worden gegeven. Een echopulstrein van n pulsen P op afstand T , die verkregen wordt t.g.v. het bemonsteren,
- 5 zie fig. 3A, zal in het algemeen na een n -punts DFT een spectrum geven zoals aangegeven is in fig. 3D. De echopulstrein van fig. 3A kan worden opgevat als de som van twee echopulstreinen S en Q , zoals aangegeven in fig. 3B en 3C. De absolute waarde van het DFT-spectrum van echopulstrein S staat aangegeven in fig. 3E.
- 10 Er ontstaan twee equivalente spectra die een $\frac{1}{2}n$ uitgangskanalen van elkaar verwijderd zijn. Dit laatste wordt verklaard met behulp van fig. 4A waarin een signaalvector V grootte en fase van een echopuls P in het complexe vlak beschrijft, waarbij geldt $\text{Re } V = P$. In fig. 4A staan in het complexe vlak de eerste drie signaal-
- 15 vectoren uitgezet van de echopulstrein S van fig. 3B. Hierbij is, overeenkomstig de echopulstrein S van fig. 3B de tweede signaalvector de nul-vector. De eerste signaalvector V_1 kan opgevat worden als de som van twee signaalvectoren $V_{1a} = V_{1b} = \frac{1}{2}V_1$. Ditzelfde geldt voor V_3 . De tweede signaalvector kan opgevat
- 20 worden als de som van twee signaalvectoren $V_{2a} = -V_{2b}$, met $|\frac{1}{2}V_1| = |V_{2a}|$; zie fig. 4B.
- Uit fig. 4B blijkt dat het hoekverschil tussen opeenvolgende a-vectoren α^0 is en dat het hoekverschil tussen opeenvolgende b-vectoren $180^0 + \alpha$ is. Het verschil in het hoekverschil
- 25 van opeenvolgende a- resp. b-vectoren is derhalve 180^0 , wat in het complexe DFT-spectrum overeenkomt met een afstand van $\frac{1}{2}n$ filterkanalen tussen hoofd- en nevenspectrum daar de a-vectoren het hoofdspectrum bepalen en de b-vectoren het nevenspectrum.
- Op eenzelfde manier kan het spectrum behorende bij de echopulstrein Q worden bekeken. De echopulstrein Q komt overeen met de
- 30 echopulstrein S over een tijd T verschoven. Dit betekent dat het verschil tussen het complexe DFT-spectrum behorende bij de echopulstrein S resp. Q bestaat uit een faseverschil.

Dit laatste kan als volgt worden aangetoond. In fig. 5A staan de eerste drie signaalvectoren van de echopulstrein Q uitgezet. Nu zijn overeenkomstig de echopulstrein Q de eerste en derde signaalvector, hier aangegeven met V_1^i en V_3^i gelijk aan de nulvector. De signaalvector V_2^i kan opgevat worden als de som van twee signaalvectoren $V_{2a}^i = V_{2b}^i = \frac{1}{2}V_2^i$. De eerste resp. de derde signaalvector kan worden opgevat als de som van twee signaalvectoren $V_{1a}^i = -V_{1b}^i$ resp. $V_{3a}^i = -V_{3b}^i$ met $|V_{1a}^i| = |V_{3a}^i| = |\frac{1}{2}V_2^i|$; zie fig. 5B. Uit fig. 5B blijkt dat het hoekverschil tussen opeenvolgende a-vectoren α^0 en dat het hoekverschil tussen opeenvolgende b-vectoren $180^0 + \alpha$ is. Het verschil in hoekverschil van opeenvolgende a- resp. b-vectoren is derhalve 180^0 , wat in het complexe DFT-spectrum overeenkomt met een afstandsverschil van $\frac{1}{2}n$ uitgangskanalen tussen het van de a-vectoren afkomstige hoofdspectrum en het van de b-vectoren afkomstige nevenspectrum. Door fig. 4B en 5B te vergelijken blijkt dat $V_{1a}^i = V_{1a}^i$, $V_{2a}^i = V_{2a}^i$ en $V_{3a}^i = V_{3a}^i$, zodat de complexe hoofdspectra behorende bij de echopulstrein S resp. Q aan elkaar gelijk zijn, d.w.z. gelijk in grootte én in fase. Tevens blijkt dat alle b-vectoren van fig. 5B 180^0 gedraaid zijn t.o.v. de overeenkomstige b-vectoren van fig. 4B, zodat de beide complexe nevenspectra behorende bij de echopulstrein S resp. de echopulstrein Q, wat betreft hun absolute waarde, aan elkaar gelijk zijn, echter wat betreft hun fase 180^0 verschillen.

Daar de som van beide DFT-spectra behorende bij de echopulstrein S resp. Q het DFT-spectrum van fig. 3D moet opleveren, d.w.z. het DFT-spectrum behorende bij de echopulstrein S+Q, betekent dit, dat, zoals aangetoond, de beide nevenspectra elkaar t.g.v. een 180^0 faseverschil compenseren. De som van beide hoofdspectra geeft het spectrum van fig. 3D. Is de echopulstrein Q niet precies een afstand T verschoven t.o.v. de echopulstrein S, dan betekent dit dat er in de totale pulstrein sprake is van een "wobble", zie fig. 2A. Dit houdt in dat er een kleine faseverschuiving optreedt in het complexe DFT-spectrum van de echopulstrein Q. Indien nu de beide spectra van echopulstreinen S en Q worden gesommeerd tot het spectrum behorende bij de pulstrein van fig. 2A, dan zullen de beide nevenspectra elkaar niet meer volledig

8403758

compenseren, omdat het faseverschil van beide laatstgenoemde spectra niet meer precies 180° bedraagt. Er ontstaat aldus in het spectrum behorende bij de echopulstrein van fig. 2A een klein nevenspectrum. De beide hoofdspectra behorende bij de pulstrein S en Q
5 zijn niet meer geheel in fase zodat na sommatie van beide laatstgenoemde spectra een spectrum ontstaat dat niet maximaal in grootte is. Resumerend: in het spectrum behorende bij de echopulstrein van fig. 2A is een relatief klein nevenspectrum ontstaan terwijl het hoofdspectrum iets is afgenomen. Hoe kleiner de "wobble"-tijd, des
10 te kleiner de verandering van het faseverschil, hoe kleiner het nevenspectrum, hoe groter het hoofdspectrum. Indien de "wobble"-tijd kort genoeg is blijkt het hoofdspectrum niet significant te veranderen. Dit alles geldt voor een first-time-around echo.

In geval van een second-time-around echo wordt om en om
15 een echo weggelaten daar 50% van de echo's gedetecteerd worden op een afstand R_1 en 50% van de echo's gedetecteerd worden op een afstand R_2 , waarbij het afstandverschil $|R_1 - R_2|$ overeenkomt met de "wobble"-tijd ΔT , zie fig. 2A. Het type echopulstrein van een second-time-around echo komt dus overeen met één van de pulstreinen S of Q van fig. 3. Het bijbehorende spectrum van een
20 second-time-around echo komt dientengevolge overeen met het spectrum van fig. 3E; hier zijn hoofd- en nevenspectrum even groot in tegenstelling tot het spectrum behorende bij een first-time-around echo. Hiermee zijn de spectra van first- en second-time-around echo's, waarbij er al of niet een "wobble" is aangebracht
25 op de pulsherhalingsstijd, verklaard.

Om de twee genoemde extra voorwaarden met behulp van de eigenschappen van het DFT-spectrum te gebruiken, is de clusterformer 5 van het impulsradarapparaat voorzien van middelen om
30 van het DFT-spectrum, welke wordt beschreven door het genoemde doelrepresenterend signaal, grootte van optredende lokale maxima te bepalen met bijbehorend uitgangskanaalnummer. Aan de hand van de door de clustervormer 5 bepaalde afstand, azimuth, lokale maxima en bijbehorend uitgangskanaalnummer van het doel c.q. de doelen,
35 wordt met behulp van de classificatie-eenheid 6 beslist of een doel wel of niet een second-time-around doel is. De beslissing

8403758

"doel is een second-time-around doel" is positief, indien twee doelen gesignaleerd worden met een onderlinge afstand die overeenkomt of nagenoeg overeenkomt met de "wobble"-tijd, met een gelijke of nagenoeg gelijke azimuth, met DFT-spectra waarbij de grootte van de lokale maxima gelijk of nagenoeg gelijk is en waarbij het afstandverschil in filterkanaal behorende bij de lokale maxima, gelijk of nagenoeg gelijk is aan 0 of $\frac{1}{2}n$. Indien de classificatie-eenheid 6 beslist dat een doel een second-time-around doel is wordt de schakeleenheid 7 door de classificatie-eenheid 6 geopend, zodat het door de clustervormer 5 uitgezonden doelrepre-
terend signaal niet doorgelaten wordt voor verdere verwerking. Opgemerkt dient te worden dat ook $2+2l$ time-around echo's onderdrukt worden, met $l = 1, 2, 3, 4, \dots$, omdat de periode van de pulsherhalingstijden twee zendpulsen bedraagt.

15 Het bovenbeschreven impulsradarapparaat is eenvoudig uit te breiden opdat naast second-time-around echo's ook "third-time-around" echo's onderdrukt kunnen worden. Hiertoe wordt, indien de pulsherhalingstijd behorende bij een laatstuitgezonden radar-
puls $T = T_1$ bedroeg, de pulsherhalingstijd T na het uitzenden van de radarpuls veranderd van $T = T_1$ in $T = T_1 + \Delta T$ en vervolgens na
20 het uitzenden van de volgende radarpuls van $T = T_1 + \Delta T$ in $T = T_1 + \Delta T'$, waarbij hier voor de eenvoud $\Delta T' = 2\Delta T$ gekozen wordt. Vervolgens wordt deze cyclus herhaald. We zullen dit van hieraf aanduiden met een pulsherhalingstijd, waarop twee "wobbles" zijn
25 aangebracht, waarbij de "wobble"-tijden gelijk zijn aan ΔT resp. $2\Delta T$. Ter illustratie van het analagon met een impulsradar-apparaat waarbij op de pulsherhalingstijd één "wobble" is aangebracht, wordt hierna de werking van een impulsradarapparaat toegelicht waarbij op de pulsherhalingstijd twee "wobbles" zijn
30 aangebracht.

De zendinrichting 2 is nu voorzien van middelen om twee "wobbles" op de pulsherhalingsfrequentie aan te brengen. Dankzij de "wobbles" is het mogelijk om op grond van de door de clustervormer 5 bepaalde afstand en azimuth van een doel, vast te
35 stellen of een echo enerzijds een first-time-around echo of

8403758

anderzijds een second- of een third-time-around echo is, waarbij second- of third-time-around echo's hier verder aangegeven zullen worden met second-third-time-around echo's. Het genoemde onderscheid kan gemaakt worden omdat, ingeval van een second-third-time-around
5 echo, de door de clustervormer 5 bepaalde afstand van het doel drie waarden aan zal nemen met onderlinge afstanden die overeenkomen met de "wobble"-tijden, terwijl, ingeval van een first-time-around echo, telkenmale dezelfde of nagenoeg dezelfde afstand gevonden zal worden. De door de clustervormer 5 bepaalde azimuth
10 zal nagenoeg niet veranderen.

Ook nu heeft het aanbrngen van de "wobbles" bij een impulsradarapparaat voorzien van een DFT-verwerkingseenheid 3 het bezwaar, dat het DFT-spectrum verandert onder invloed van de "wobbles": er ontstaat naast het belangrijke hoofdspectrum van
15 de ontvangen doelsecho's, welke de dopplerinformatie bevat, twee nevenspectra. De naburige relatieve maxima van hoofd- en nevenspectra zijn of zijn nagenoeg $\frac{1}{3}$ n uitgangskanalen van elkaar verwijderd; zie ook fig. 6A waarin een echopulstrein getoond wordt die voorzien is van twee "wobbles" en zie ook fig. 6B voor het
20 bijbehorende DFT-spectrum. Tevens wordt verondersteld dat er sprake is van een 15-punts DFT waarbij de 15 uitgangskanalen opeenvolgend genummerd zijn van 0 tot 14.

Ook nu is het verrassend dat het hoofdspectrum, in het geval dat een echo een first-time-around echo is, niet significant
25 verandert t.g.v. de aanwezigheid van de nevenspectra indien de "wobble"-tijden kort genoeg zijn; de nevenspectra blijken dan veel kleiner te zijn dan het hoofdspectrum. Bovendien is het mogelijk om op grond van het DFT-spectrum, tesamen met de door de cluster-
vormer 5 bepaalde afstand en azimuth van het doel een beter
30 onderscheid te maken tussen first- en second-third-time-around echo's. Het is immers mogelijk dat, op grond van door de cluster-
vormer 5 bepaalde afstand en azimuth van een doel, drie verschillende doelen betiteld worden als zijnde één second-third-time-around doel, indien deze doelen zich, gezien vanaf de radar-
35 antenne, achter elkaar bevinden op afstanden, die overeenkomen met de "wobble"-tijden. Omdat in geval van een second-third-time-around

8403758

echo de nevenspectra in het DFT-spectrum, wat betreft grootte, gelijk zijn aan het hoofdspectrum, zie fig. 3E en tevens $\frac{1}{3}n$ resp. $\frac{2}{3}n$ uitgangskanalen verwijderd zijn van het hoofdspectrum, kan hiervan overeenkomstig de uitvinding gebruik gemaakt worden

5 om een foutieve beslissing betreffende de genoemde drie doelen op afstanden die overeenkomen met de "wobble"-tijden worden voorkomen. Dit kan door hoofd- en nevenspectra behorende bij de drie doelen te vergelijken en hieraan voor een beslissing "echo is een second-third-time-around echo" de twee extra voorwaarden te

10 stellen dat genoemde spectra aan elkaar gelijk zijn en dat deze spectra $\frac{2}{3}n$ of $\frac{1}{3}n$ of nul uitgangskanalen van elkaar zijn verwijderd.

Een verklaring voor het ontstaan van twee nevenspectra in geval van first-time-around echo's ten gevolge van twee "wobbles", kan als volgt worden gegeven. Een echopulstrein van

15 n pulsen P op afstand T, die verkregen wordt t.g.v. het bemonsteren, zie fig. 7A, zal in het algemeen na een n-punts DFT een spectrum gevenzoals aangegeven is in fig. 3D. De echopulstrein van fig. 7A kan worden opgevat als de som van drie echopulstreinen S, Q en L, zoals aangegeven in fig. 7B, 7C en 7D. De absolute waarde van het

20 DFT-spectrum van echopulstrein S staat aangegeven in fig. 7E. Er ontstaan drie equivalente spectra die $\frac{1}{3}n$ uitgangskanalen van elkaar verwijderd zijn. Dit laatste wordt verklaard met behulp van fig. 8A. In deze figuur staan in het complexe vlak de eerste vier signaalvectoren uitgezet van de echopulstrein S van fig. 7B.

25 Hierbij zijn, overeenkomstig de echopulstrein S van fig. 7B, de tweede en derde signaalvector de nul-vector. De eerste signaalvector V_1 kan opgevat worden als de som van drie signaalvectoren $V_{1a} = V_{1b} = V_{1c} = \frac{1}{3}V_1$. Ditzelfde geldt voor V_4 . De tweede resp. derde signaalvector kunnen opgevat worden als de som van drie

30 signaalvectoren V_{2a} , V_{2b} en V_{2c} , resp. V_{3a} , V_{3b} en V_{3c} , die een hoek van 120° met elkaar maken, met $|\frac{1}{3}V_1| = |V_{2a}| = |V_{2b}| = |V_{2c}| = |V_{3a}| = |V_{3b}| = |V_{3c}|$; zie fig. 8B.

Uit fig. 8B blijkt dat, indien het hoekverschil tussen opeenvolgende a-vectoren α° is, dat dan het hoekverschil tussen

35 opeenvolgende b-vectoren $120^\circ + \alpha$ is en dat het hoekverschil tussen

opeenvolgende c-vectoren $240^\circ + \alpha$ is. Het verschil in het hoekverschil van opeenvolgende a- resp. b-vectoren is derhalve 120° en het verschil in hoekverschil tussen opeenvolgende b- resp. c-vectoren is derhalve ook 120° , wat in het complexe DFT-spectrum overeen-
5 komt met afstanden van $\frac{1}{3}n$ uitgangskanalen tussen naburige hoofd- of nevenspectra, daar de a-vectoren het hoofdspectrum bepalen en de b- en c-vectoren de nevenspectra. Op eenzelfde manier kan het spectrum behorende bij de echopulstreinen Q resp. L worden bekeken. De echopulstreinen Q resp. L komen overeen met de echo-
10 pulstrein S over een tijd ΔT resp. $2\Delta T$ verschoven. Dit betekent dat het verschil tussen het complexe DFT-spectrum behorende bij de echopulstrein S resp. Q resp. L bestaat uit een faseverschil.

Dit laatste kan geheel analoog worden aangetoond als bij een pulsherhalingstijd die voorzien is van één "wobble".
15 Daar de som van drie DFT-spectra behorende bij de echopulstrein S resp. Q resp. L, het DFT-spectrum van fig. 3D moet opleveren, d.w.z. het DFT-spectrum behorende bij de echopulstrein $S+Q+L$, betekent dit, dat de drie complexe nevenspectra elkaar t.g.v. een 120° faseverschil compenseren. De som van drie hoofd-
20 spectra geeft het spectrum van fig. 3D. Zijn de echopulstreinen Q en L niet precies een afstand T verschoven t.o.v. de echopulstrein S, dan betekent dit dat er in het algemeen in de totale pulstrein sprake is van twee "wobbles", zie fig. 6A. Dit houdt in dat er een kleine faseverschuiving optreedt in het complexe DFT-
25 spectrum van de echopulstrein Q resp. L. Indien nu de drie spectra van echopulstreinen S, Q en L worden gesommeerd tot het spectrum behorende bij de pulstrein van fig. 2A, dan zullen de twee sets van drie nevenspectra elkaar niet meer volledig compenseren omdat het faseverschil van een set van laatstgenoemde spectra niet meer
30 precies 120° bedraagt. Er ontstaan aldus in het spectrum behorende bij de echopulstrein van fig. 6A twee kleine nevenspectra. De drie hoofdspectra behorende bij de pulstreinen S, Q en L zijn niet meer geheel in fase, zodat na sommatie van de drie laatstgenoemde spectra een spectrum ontstaat dat niet maximaal in grootte is.
35 Resumerend: in het spectrum behorende bij de echopulstrein van fig. 6A zijn twee relatief kleine nevenspectra ontstaan, terwijl

8403758

de grootte van het hoofdspectrum iets is afgenomen. Hoe kleiner de "wobble"-tijden, des te kleiner de verandering van de faseverschillen, hoe kleiner de nevenspectra, hoe groter het hoofdspectrum. Indien de "wobble"-tijden kort genoeg zijn blijkt het
5 hoofdspectrum niet significant te veranderen. Dit alles geldt voor een first-time-around echo.

In geval van een second-third-time-around echo worden na het registreren van een echo telkens twee echo's weggelaten daar 33,3% van de echo's gedetecteerd worden op een afstand R_1 en
10 33,3% van de echo's gedetecteerd worden op een afstand R_2 , en 33,3% van de echo's op een afstand R_3 , waarbij het afstandverschil $|R_1 - R_2|$ en $|R_2 - R_3|$ overeenkomt met de "wobble"-tijd ΔT en waarbij het afstandverschil $|R_1 - R_3|$ overeenkomt met de "wobble"-tijd $2\Delta T$, zie fig. 6A. Het type echopulstrein van een second-third-time-around
15 echo komt dus overeen met één van de pulstreinen S of Q of L van fig. 7. Het bijbehorende spectrum van een second-third-time-around echo komt dientengevolge overeen met het spectrum van fig. 7E; hier zijn hoofd- en nevenspectra even groot in tegenstelling tot het spectrum behorende bij een first-time-around echo. Hiermee
20 zijn de spectra van first- en second-third-time-around echo's verklaard.

Om de twee genoemde extra voorwaarden met behulp van de eigenschappen van het DFT-spectrum te gebruiken, is de cluster-
vormer 5 van het impulsradarapparaat voorzien van middelen om
25 van het DFT-spectrum, welke wordt beschreven door het genoemde doel representerend signaal, grootte van optredende lokale maxima te bepalen met bijbehorend uitgangskanaalnummer. Aan de hand van de door de clustervormer 5 bepaalde afstand, azimuth, lokale maxima en bijbehorend uitgangskanaalnummer van het doel c.q. de doelen,
30 wordt met behulp van de classificatie-eenheid 6 beslist of een doel wel of niet een second-third-time-around doel is. De beslissing "doel is een second-third-time-around doel" is positief, indien drie doelen gesignaleerd worden met onderlinge afstanden die overeenkomen of nagenoeg overeenkomen met de "wobble"-tijden,
35 met een gelijke of nagenoeg gelijke azimuth, met DFT-spectra waarbij de grootte van de lokale maxima gelijk of nagenoeg gelijk

8403758

is en waarbij het afstandverschil in uitgangskanaal behorende bij lokale maxima, gelijk of nagenoeg gelijk is aan 0 of $\frac{1}{3}n$ of $\frac{2}{3}n$. Indien de classificatie-eenheid 6 beslist dat een doel een second-
third-time-around doel is wordt de schakeleenheid 7 door de
5 classificatie-eenheid 6 geopend, zodat het door de clustervormer 5 uitgezonden doel representerend signaal niet doorgelaten wordt voor verdere verwerking. Opgemerkt dient te worden dat ook $2 + 3l$ en $3 + 3l$ time-around echo's onderdrukt worden, met $l = 1, 2, 3, \dots$ omdat de periode van de pulsherhalingstijd
10 drie zendpuls bedraagt.

Het zal duidelijk zijn dat het mogelijk is om op de pulsherhalingstijd m "wobbles" aan te brengen met $m > 2$ om k' -time-around echo's te onderdrukken met $2 \leq k' - l(m+1) \leq m+1$, waarbij $l = 0, 1, 2, \dots$, door op geheel analoge manier als hiervoor de
15 doel representerende signalen te verwerken. De term $l(m+1)$ is hierboven toegevoegd omdat de periode van de pulsherhalingstijd $(m+1)$ zendpuls bedraagt, zodat, indien een k' -time-around echo onderdrukt wordt tevens een $k' + l(m+1)$ -time-around echo onderdrukt wordt.

20 Wel ontstaat er het gevaar dat de $m+1$ spectra, die tengevolge van m "wobbles" ontstaan, gaan overlappen, zodat de belangrijke doppler-informatie van het hoofdspectrum verloren gaat. Om dit te voorkomen moet bij de n -punts DFT-verwerkingseenheid n groot genoeg gekozen worden.

Conclusie:

1. Impulsradarapparaat, voorzien van een zend- en ontvang-
inrichting, waarbij de ontvangen doelsecho's na detectie bemonsterd
en gedigitaliseerd worden, een n-punts DFT-verwerkingseenheid en
5 een drempelschakeling, alsmede een clustervormer, welke middelen
bevat om uit de via de drempelschakeling verkregen signalen radar-
cellen, die tesamen één enkel doel bestrijken, samen te voegen tot
een cluster om een het door de cluster bestreken doel representerend
signaal te bepalen, en hieruit de afstand en azimuth van het doel,
10 met het kenmerk, dat op de impulsherhalings-tijd van het radar-
apparaat m "wobbles" zijn aangebracht, dat de clustervormer tevens
middelen omvat om van het DFT-spectrum, dat door het genoemde het
doel representerend signaal wordt beschreven, de grootte van de
hierin optredende lokale maxima te bepalen met de aanduiding van
15 welk uitgangskanaal van de DFT-verwerkingseenheid deze maxima
afkomstig zijn, dat er een op de clustervormer aangesloten
classificatie-eenheid aanwezig is, welke een doel betitelt als
zijnde een "multiple-time-around" doel, indien voldaan is aan de
volgende voorwaarden: voor de door de clustervormer geproduceerde
20 doel representerende signalen dient te gelden, dat het verschil in
de door de cluster bepaalde afstanden van het doel overeenkomt of
nagenoeg overeenkomt met een desbetreffende "wobble"-tijd;
het verschil in azimuth van de clusters dient gelegen te zijn
binnen tevoren bepaalde enge grenzen; de grootte van de genoemde
25 lokale maxima van de DFT-spectra dienen gelijk of nagenoeg gelijk
te zijn; en de genoemde lokale maxima dienen op te treden in hetzij
hetzelfde uitgangskanaal van de DFT-verwerkingseenheid hetzij in
uitgangskanalen die t.o.v. elkaar in frequentie verschillen over
een waarde van $\frac{k}{m}n$ maal de bandbreedte van de desbetreffende uit-
30 gangskanalen, met $k = 1, 2, \dots, m-1$.

8407752

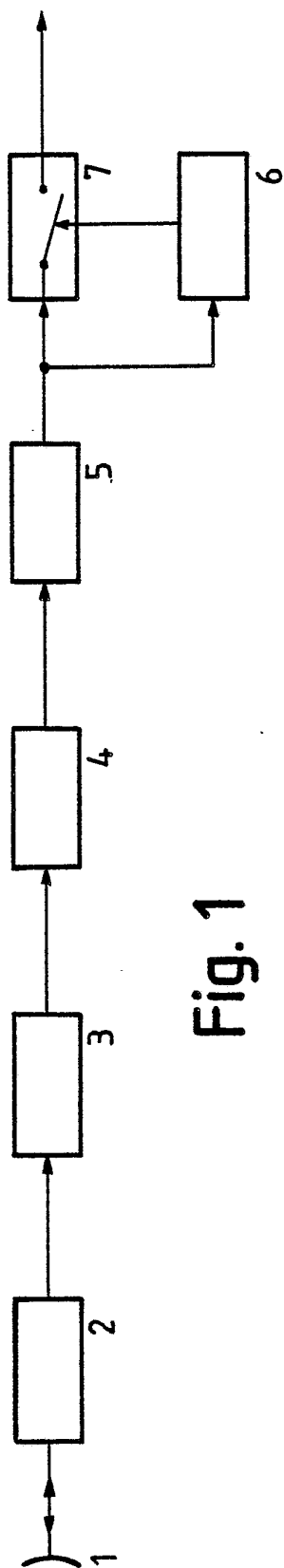


Fig. 1

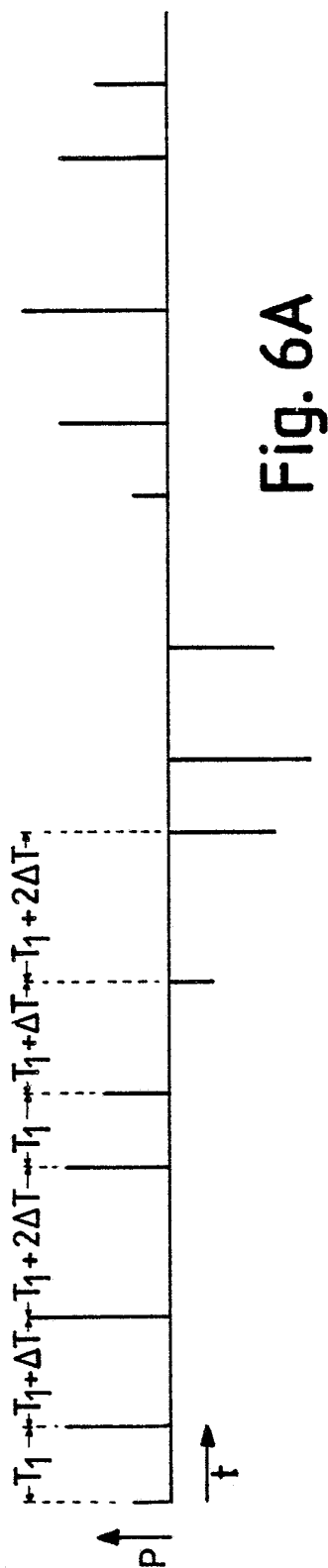


Fig. 6A

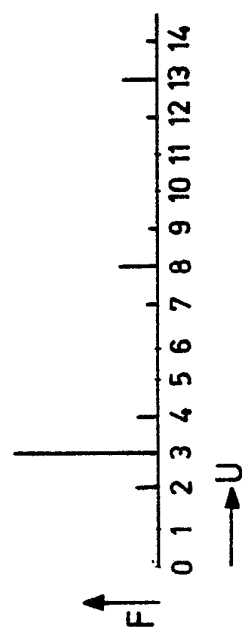


Fig. 6B



Fig. 2A

Fig. 2B

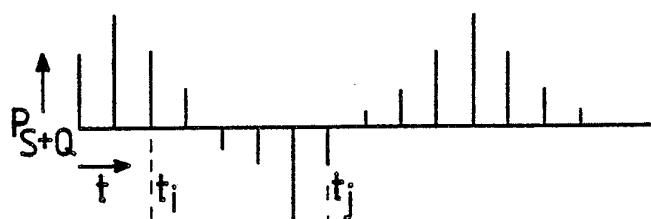
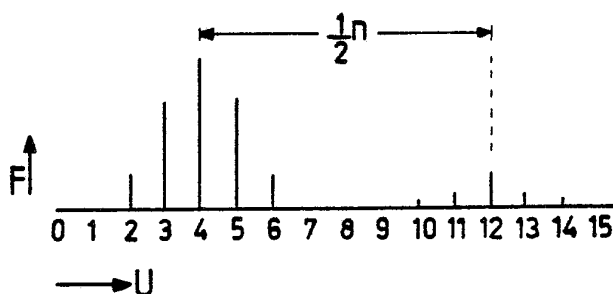


Fig. 3A

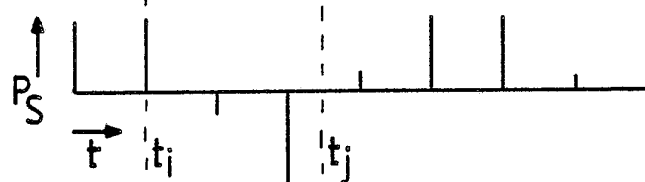


Fig. 3B

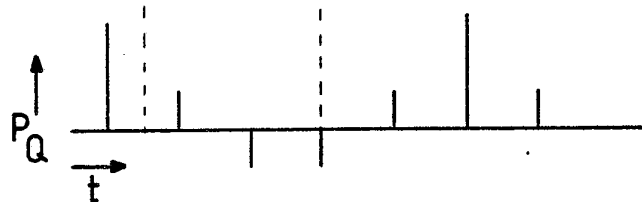


Fig. 3C

Fig. 3D

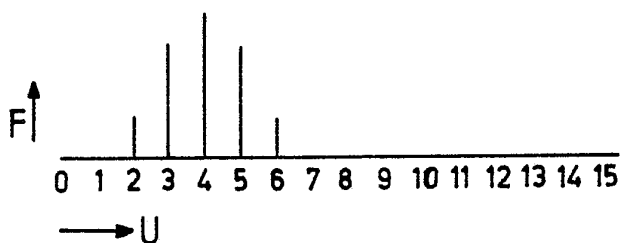
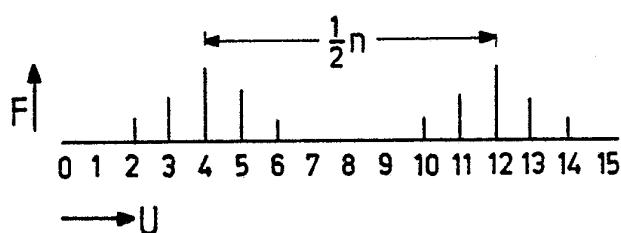


Fig. 3E



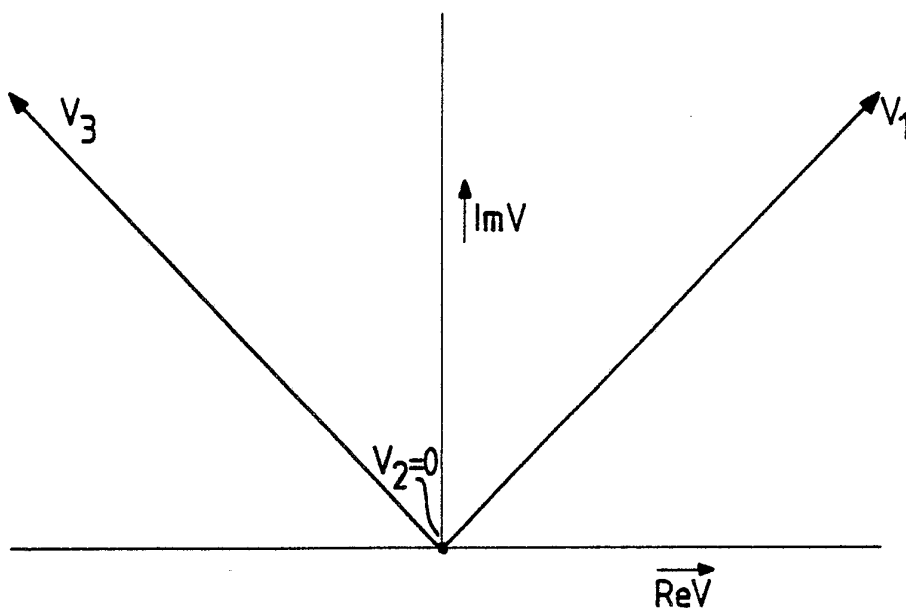


Fig. 4A

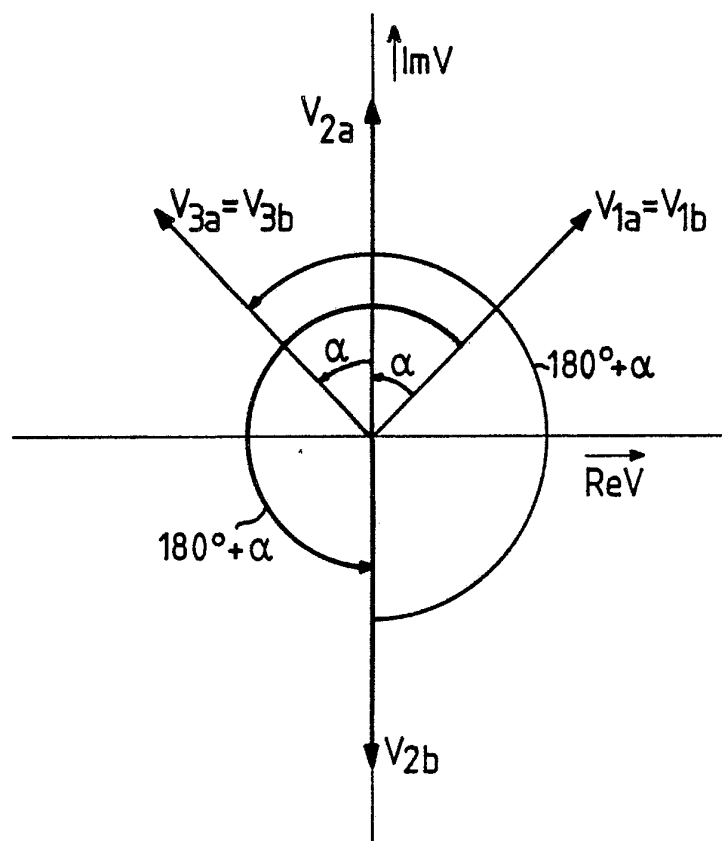


Fig. 4B

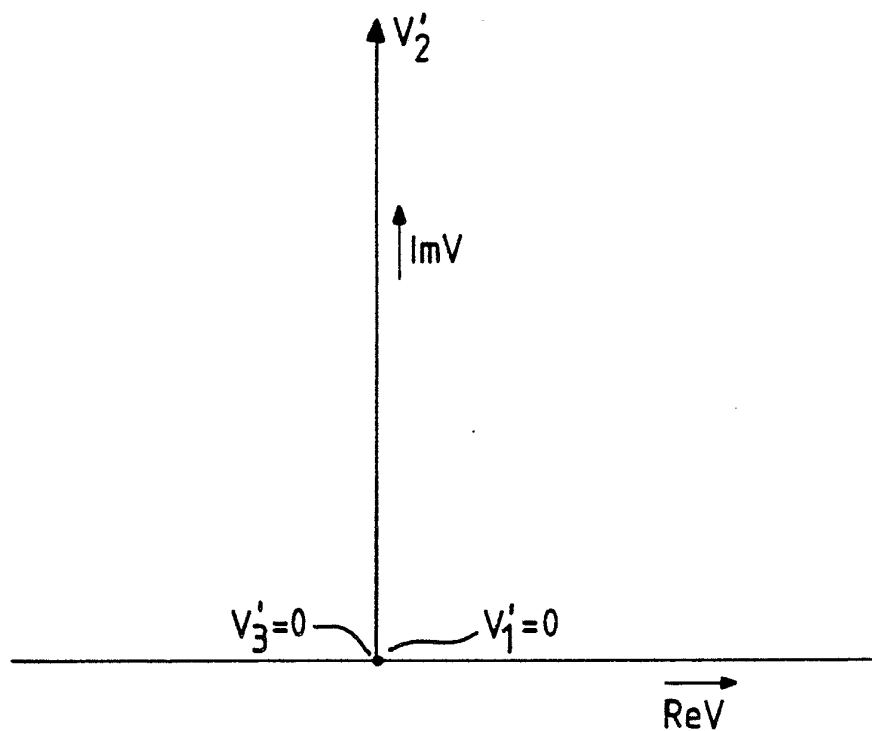


Fig. 5A

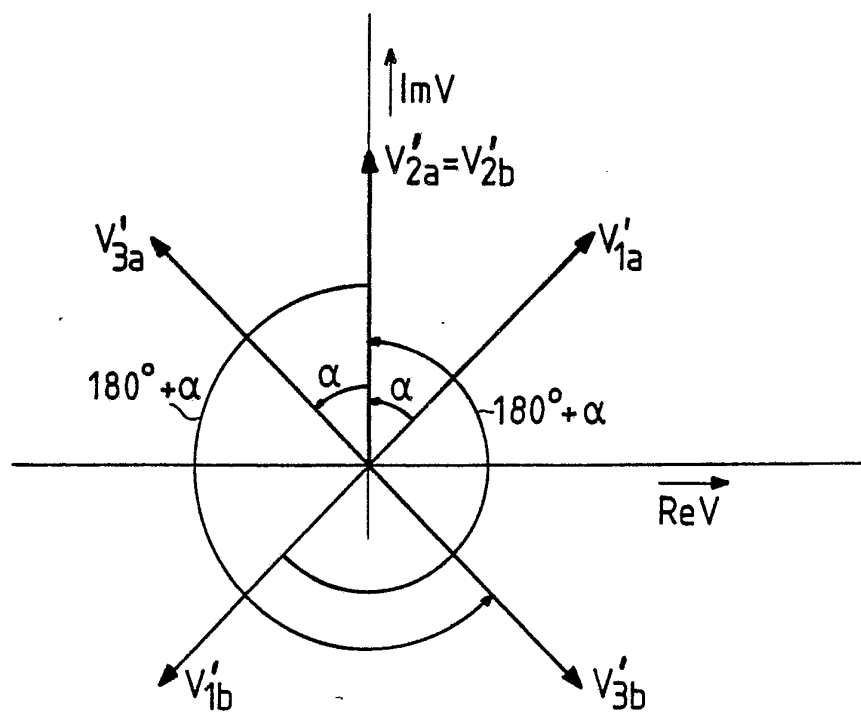


Fig. 5B

8403758

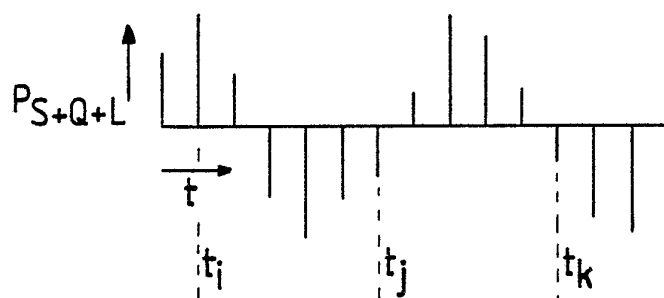


Fig. 7A

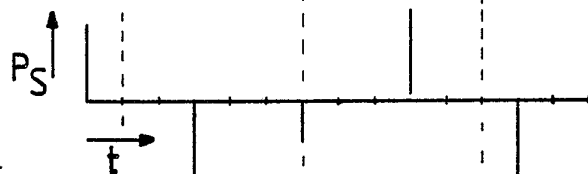


Fig. 7B



Fig. 7C

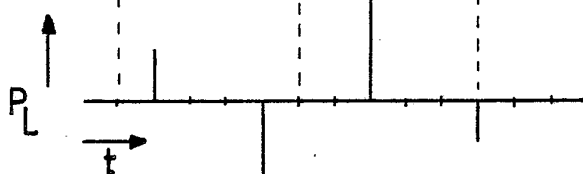


Fig. 7D

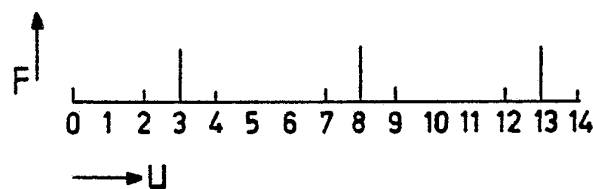


Fig. 7E

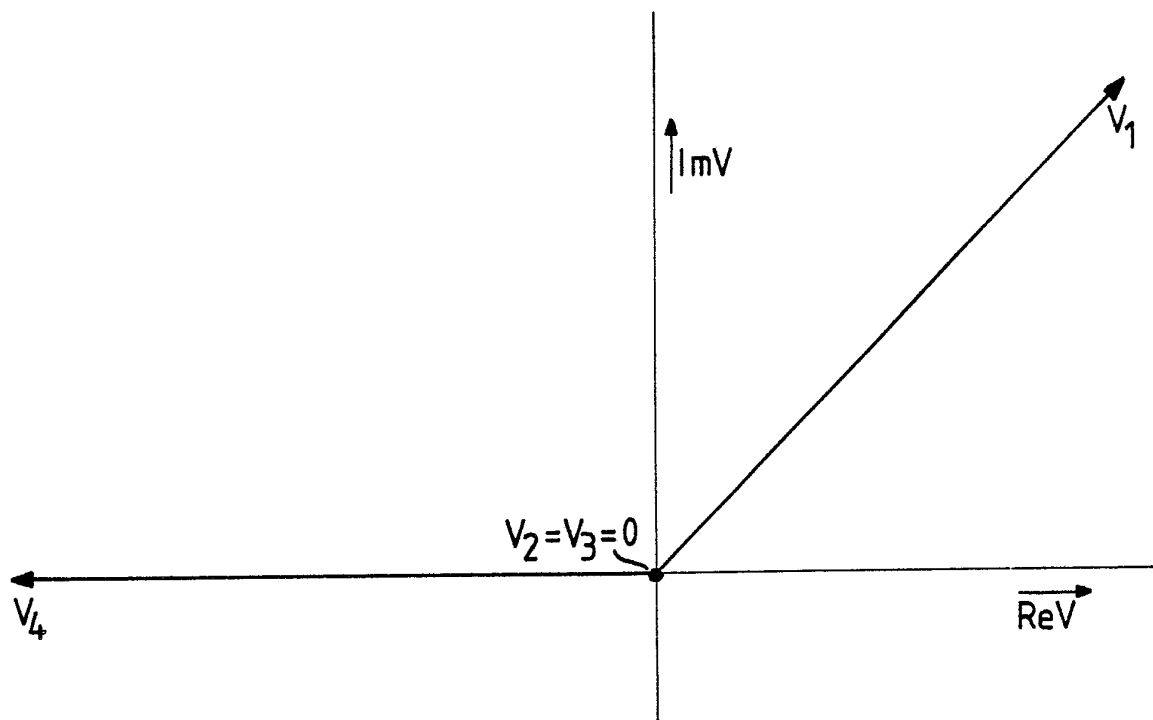


Fig. 8A

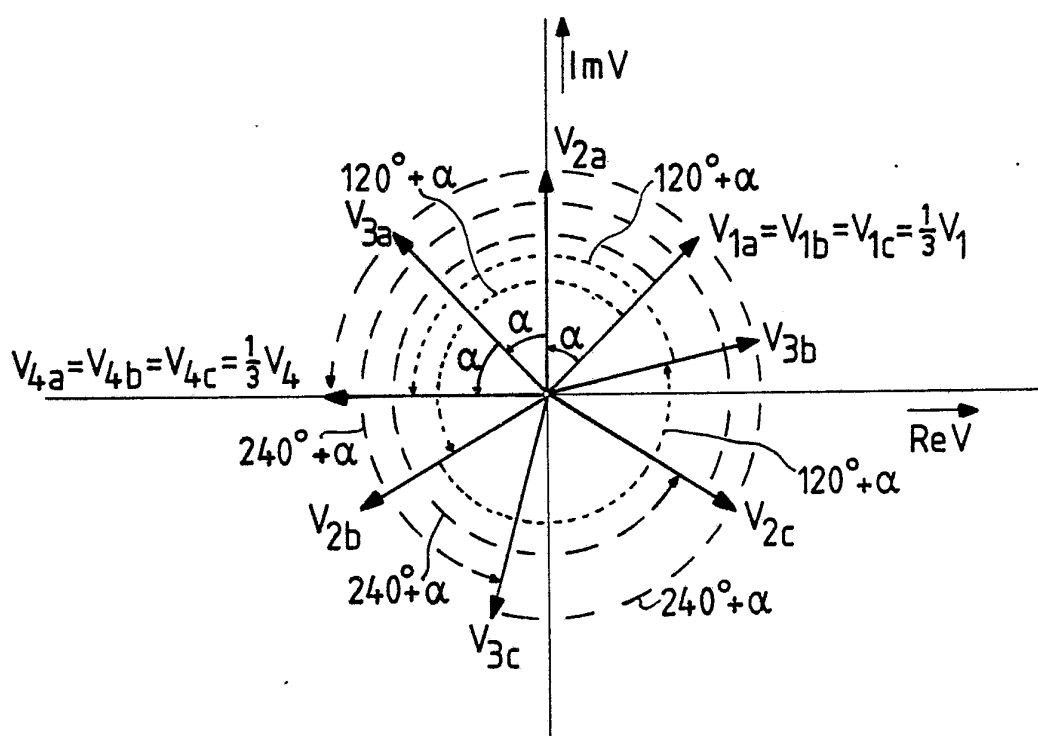


Fig. 8B

8403758