



NORGE

[NO]

**STYRET
FOR DET INDUSTRIELLE
RETTSVERN**

[B] (11) UTLEGNINGSSKRIFT Nr. 147321

(51) Int. Cl.³ G 01 S 13/24

(21) Patentsøknad nr. 771317

(22) Inngitt 15.04.77

(24) Løpedag 15.04.77

(41) Alment tilgjengelig fra 18.10.77

(44) Søknaden utlagt, utlegningsskrift utgitt 06.12.82

(30) Prioritet begjært 16.04.76, USA, nr. 677647

(54) Oppfinnelsens benevnelse Frekvensmodulert pulsradaranlegg.

(71)(73) Søker/Patenthaver WESTINGHOUSE ELECTRIC CORPORATION,
Westinghouse Building,
Gateway Center, Pittsburgh, PA 15222,
USA.

(72) Oppfinner FRANCIS WILLIAM HOPWOOD, Severna Park, MD,
LESTER KENNETH STALEY, Parkville, MD,
HENRY DONALD TOLJ, Lutherville, MD,
USA.

(74) Fullmektig Bryns Patentkontor A/S, Oslo.

(56) Anførte publikasjoner USA (US) patent nr. 3611380, 3858219, 3979752

Oppfinnelsen angår et frekvensmodulert pulsradar-
anlegg omfattende en antenne som er forbundet med en sender for
utsending av et frekvensmodulert signal med styrbart variabel
bærefrekvens fra puls til puls, en mottaker for mottakning av
5 de variable bærefrekvenssignaler som sendes ut fra senderen,
en omkopplingsinnretning for å veksle mellom sending og mottak-
ning, hvilken mottaker omfatter en lokaloscillator for å
tilveiebringe et blandesignal, en første blander for å blande
de mottatte signaler med lokaloscillatorsignalet, en automatisk
10 frekvensstyrekrets som tilføres signalene fra senderen og som
styrer oscillatorens midlere frekvens i forhold til signalene
fra senderen, en sample- og holdekrete for lagring av signaler,
en synkroniseringskrets for å trigge senderen og sample- og
holdekrete for amplituden av hver senderpuls, en tilbake-
15 koplingskrets som tilføres signal fra lokaloscillatoren og
utgangsfrekvensen fra senderen, hvilke signaler tilføres en
andre blander, som danner inngangskrets for tilbakekoplings-
kretsen og frembringer en frekvens for styring av lokal-
oscillatoren, hvilken frekvens via frekvensdiskriminator og
20 integrator og sammen med sample- og holdekrete påvirker
lokaloscillatoren i samsvar med senderpulsenes frekvens,
hvilken automatiske frekvensstyrekrets omfatter en diskriminator
som tilføres signalene fra den andre blander, og en første
integrator for å tilveiebringe et signal med midlere frekvens
25 som tilføres lokaloscillatoren.

Ved radaranlegg vil mål som befinner seg i bestemte
sidevinkler i forhold til de utsendte pulser med valgte
frekvenser ikke levere noe ekko til radarantennen, slik at målet
kan forbli uoppdaget. For å overvinne dette problem er det
30 utviklet frekvensmodulerte pulsradaranlegg som sender pulser
med varierende høyfrekvenser slik at radaranlegget ikke arbeider
kontinuerlig på én valgt frekvens hvor et mål som befinner seg
i en bestemt sidevinkel ikke vil gi noe ekko til mottageren.
Variasjonstakten for høyfrekvenssignalet skal her betegnes
35 modulasjonstakt som varierer sinusformen.

Driftsbegrensningene for en radarmottagers
komponenter krever at forsterkningen og videre bearbeidelsen
av de mottatte ekkosignaler skjer ved mellomfrekvenser heller

enn høyfrekvenser av signalene som leveres av senderen og de mottatte ekkoer. Omformingen av de mottatte signaler fra høyfrekvens til en mellomfrekvens skjer ved blanding av de mottatte signaler med utgangssignalet fra en lokaloscillator
5 som har en frekvens som skiller seg fra den utsendte frekvens med mellomfrekvensen. I ikke-koherente radaranlegg leveres sendesignalet og lokaloscillatorsignalet fra adskilte uavhengige frekvenskilder i motsetning til ved koherente radaranlegg, hvor sendesignalet og lokaloscillatorsignalet
10 leveres av samme frekvenskilde.

Da frekvensen av de utsendte signaler varierer, må høyfrekvenssignalet fra lokaloscillatoren også variere i frekvens på samme måte som frekvensen av de utsendte signaler for å opprettholde konstant mellomfrekvens. Da mellom-
15 frekvensen må ligge innenfor båndbredden av et filter, hvis båndbredde svarer til den utsendte pulsbredde for å oppnå maksimalt signal-støyforhold i mottageren, må høyfrekvensen i lokaloscillatoren følge frekvensen av de utsendte signaler innenfor forhåndsbestemte grenser.

20 De tidligere kjente anordninger for å styre lokaloscillatorens frekvens i frekvensmodulerte pulsradaranlegg har omfattet en elektromekanisk transduktor som samvirker med en samplings- og holdekrets for å levere et modulasjonssignal som styrer høyfrekvensen fra lokaloscillatoren i samsvar med
25 høyfrekvensen i den neste puls som skal leveres av senderen. En manuell justering er anordnet for å styre forsterkningen av modulasjonssignalet som tilføres lokaloscillatoren for manuell avstemning av den automatiske frekvensstyring. En hurtig automatisk frekvensstyresløyfe korrigerer feil i det
30 manuelt avstemte modulasjonssignal.

Hovedproblemene ved de kjente anlegg er at den manuelle forsterkningsjustering for modulasjonssignalet var nøyaktig bare for mekaniske og elektriske overføringsfunksjoner for transduser og samplings- og holdekretsen på det tidspunkt
35 da den manuelle justering ble foretatt. Disse overføringsfunksjoner er imidlertid utsatt for variasjoner som følge av mekanisk slitasje, aldring og omgivende temperaturforandringer. Den hurtige automatiske frekvensstyresløyfe korrigerer høy-

frekvensen for lokaloscillatoren på basis fra puls til puls. Nøyaktigheten av korreksjonen var imidlertid avhengig av variasjonen av den automatiske frekvensstyresløyfes parametre og feilkorreksjonen for den hurtige automatiske styresløyfe 5 viste seg å være relativt følsom for variasjoner i sløyfens forsterkningsparametre. Variasjonen av de hurtige automatiske styresløyfeparametre vil imidlertid etterlate en restkorreksjonsfeil i en størrelsesorden som er avhengig av størrelsen av modulasjonssignalfeilen og variasjoner i parameterne for 10 den automatiske frekvensstyresløyfe. Restfeilen som skyldes modulasjonssignalfeil og følsomheten av den hurtige automatiske frekvensstyresløyfe overfor variasjoner i forsterkningsparameterne, nødvendiggjorde hyppig manuell justering av den automatiske frekvensstyring og resulterte i at anlegget for 15 visse anvendelser var uaksepterbart med hensyn til pålitelighet og vedlikehold.

Fra U.S.-patentskrift nr. 3.611.380 er kjent frekvenskorreksjon i et radaranlegg, hvor en lokaloscillator frekvenslåses i triggingøyeblikket til en frekvens som har 20 et gitt forhold til senderens utgangsfrekvens. Denne gitte frekvens opprettholdes under et intervall etter triggingen for å tilveiebringe en gitt, konstant mellomfrekvens i kombinasjon med de mottatte ekkopulser. Videre korreksjon skjer i AFC-krets for å korrigere for kombinasjonen av langsom 25 regulering og hurtig sluttkorrigerings, og i en korreksjonskrets for å kompensere for avvikelser i frekvensdifferensen avhengig av hvor triggingen opptrer på senderens avstemningskurve.

Fra U.S.-patentskrift nr. 3.858.219 er kjent et 30 frekvensforskyvningsradaranlegg, hvor en servosløyfe er lagt inn mellom senderen og en signalkilde for å opprettholde riktig frekvens av signalkilden mellom to etterhverandre utsendte pulser. Servosløyfen omfatter en bredbåndhulromsresonator, en frekvensdiskriminator, og en feilintegreringskrets, i hvilken utgangssignalet fra resonatoren tilføres 35 diskriminatoren som også reagerer på en del av utgangssignalet fra signalkilden. Differensen mellom inngangsfrekvensene frembringer et likestrømfeilsignal som tilføres integrerings-

kretsen som leverer en korreksjonsspenning til signalkilden, slik at utgangsfrekvensen fra signalkilden bringes til frekvensen for resonatoren etter hver utgangspuls fra senderen.

Fra BRD-patentsøknad nr. 2531102 er kjent et radar-
5 anlegg med en sender, en lokaloscillator, og en tilbakekoplings-
krets, som øker lokaloscillatorens frekvens fra én pulsperiode
til den neste i samsvar med utgangssignalet fra lokaloscil-
laturen og utgangssignalet fra en koplingsinnretning som tar
opp øyeblikksbærefrekvensen fra senderen. Tilbakekoplings-
10 kretsen omfatter en modulator som mater en frekvensdiskriminator
som er avstemt til en forhåndsbestemt mellomfrekvens, og et
feilsignal fra diskriminatoren tilføres styreinngangen i
lokaloscillatoren via en multippelintegrator som samtidig
lagrer alle feilsignaler for flere pulsperioder.

15 Hensikten med oppfinnelsen er derfor å tilveiebringe
en stabil lokaloscillatorstyrekrets for et frekvensmodulert
pulsradaranlegg.

Dette oppnås ifølge oppfinnelsen ved en modulator
som omfatter en kommutator som inverterer utgangssignalet fra
20 diskriminatoren i samsvar med polariteten av utgangssignalet
fra en frekvensomformer for å frembringe en konstant komponent,
og som er forbundet med den andre integrator, en modulasjons-
dempekrets som er forbundet med den andre integrator, sample-
og holdekretsen og modulatorene for å kompensere for variasjoner
25 i frekvensomformeren og lokaloscillatoren.

Oppfinnelsen skal nedenfor forklares nærmere
under henvisning til tegningene.

Figur 1 viser et blokkskjema for frekvensmodulert
pulsradaranlegg ifølge oppfinnelsen.

30 Figur 2 viser et diagram for bølgeformen som
leveres av diskriminatoren, frekvenstransduktoren og kom-
mutatoren under driften av et anlegg ifølge oppfinnelsen.

Utførelseseksempelet på figur 1 viser en sender 10,
som leverer et høyfrekvenssignal hvis omhyllingskurve er et
35 tog av pulser med en forhåndsbestemt repetisjonsfrekvens F_r .
Høyfrekvenssignalet fra senderen 10 er frekvensmodulert med
en modulasjonstakt F_m ved hjelp av en styreinnetning 12. I
praksis kan senderen 10 og styreinnetningen 12 bestå av en

mikrobølgehulromsresonator og et membran. Senderens utgangssignal leveres i en sirkuleringskrets 14, som leverer signalet til antennen 16. Fra antennen 16 sendes signalet mot et mål 18, som reflekterer et ekko av det utsendte signal tilbake til antennen 16. Sidevinkelen for målet 18 kan være slik at ved en bestemt frekvens mottar antennen 16 ikke noe ekko fra målet, idet ekkoer blir sendt ut fra målet i andre retninger. Som følge av frekvensmodulasjonen av det utsendte signal vil imidlertid radaranlegget detektere målet uansett sidevinkelen.

Det reflekterte ekko som mottas av antennen 16 leveres til sirkuleringskretsen 14 som igjen leverer signalet til en blander 22 som blander det mottatte signal med et blandesignal som leveres gjennom en kanal 24 og en retningskopler 25. Slik det skal beskrives nærmere nedenfor og i samsvar med foreliggende oppfinnelse, vil blandesignalet fra lokaloscillatoren 26 følge frekvensen av høyfrekvenssignal ved hjelp av en automatisk frekvensstyrekrets 28. Blandingen av det mottatte ekkosignal med blandesignalet fra lokaloscillatoren 26 i blanderen 22 gir et mellomfrekvenssignal i kanalen 30 som er mere egnet for forsterkning og videre bearbeidelse enn høyfrekvenssignalet i form av det mottatte ekkosignal fra målet. Mellomfrekvenssignalet i kanalen 30 forsterkes av en mellomfrekvensforsterker 32 og filtreres i et båndfilter 34, hvis båndbredde tilsvarende pulsbredden for de utsendte pulser for å oppnå maksimalt signal-støyforhold i radaranlegget. Etter at mellomfrekvenssignalet er filtrert av båndfilteret 34 kan det omformes fra frekvens til spenning i en detektor 36 forutsatt at det anvendes en indikeringsinnretning 38. Da signal-støyforholdet betinger begrensninger i båndbredden av båndfilteret 34, er det klart at blandesignalet må holdes i en bestemt frekvensavstand fra det mottatte høyfrekvenssignal innenfor toleransene for båndbredden av filteret 34 for at et brukbart mellomfrekvenssignal skal oppnås.

Det er klart at bortsett fra dopplereffekter vil ekkosignalet som reflekteres av målet 18 og mottas av antennen 16 ha samme pulstog som det signal som leveres av senderen 10. Når høyfrekvenssignalet som sendes ut, frekvensmoduleres av

frekvensstyrekretsen 12 er det klart at lokaloscillatorsignalet også må frekvensmoduleres på samme måte, hvis lokaloscillatorsignalet skal holde mellomfrekvensavstanden fra høyfrekvenssignalet for det mottatte ekko.

5 Den automatiske frekvensstyrekrets 28 omfatter et midlere frekvensstyrenettverk 40, og en modulator som omfatter en frekvensstyrekrets 12, som samvirker med en samplings- og holdekrets 44, og et modulasjonsforsterkningsstyrenettverk 46. Når anlegget er i drift vil utgangssignalet fra det midlere
10 frekvensstyrenettverk 40 korrigere en langtidsfeil i det midlere høyfrekvenssignal fra lokaloscillatoren som skyldes temperaturvariasjoner, slitasje av komponenter og aldring. Frekvenstransduseren 42 overvåker høyfrekvenssendesignalet på basis fra puls til puls og leverer en spenningsindikering for
15 avvikelsen av høyfrekvenssignalet fra den midlere frekvens av det utsendte signal til samplings- og holdekretsen 44 som omfatter en bryter og en kondensator. I samsvar med et signal fra en synkroniseringsstyrekrets 45 vil samplings- og holdekretsen 44 forsterke og lagre utgangsspenningen fra frekvens-
20 transduseren 42, som representerer høyfrekvensen for den neste puls som skal leveres av senderen 10. Etter et andre signal fra synkroniseringskretsen 45 umiddelbart før utsending av sendepulsen vil samplings- og holdekretsen 44 sette i drift modulasjonsforsterkningsstyrekretsen 46 som gir et modulasjons-
25 signal til styreinngangen i lokaloscillatoren 26 og bevirke frekvensmodulasjon av blandesignalet fra lokaloscillatoren 26. Den automatiske frekvensstyrekrets 28 vil derved bevirke at blandesignalet fra lokaloscillatoren hovedsakelig følger høy-
frekvensen for det utsendte signal med mellomfrekvensens
30 spektralavstand fra sendesignalet ved avstemning av lokaloscillatoren 26 til høyfrekvensen for den neste puls som skal leveres av senderen 10.

Den midlere frekvensstyrekrets 40 er av tidligere kjent art anvendt i ikke-frekvensmodulerte pulsradaranlegg
35 og består av en blander 48, en mellomfrekvensforsterker 50, en diskriminator 52 og en første treg integrator 54. En del av lokaloscillatorblandesignalet og en del av det utsendte signal som leveres gjennom koplere 55 blandes i blanderen 48,

for å levere et mellomfrekvenssignal som forsterkes i mellom-
frekvensforsterkeren 50 og leveres til diskriminatoren 52, som
leverer en spenningspuls hvis amplitude og polaritet er
proporsjonal med frekvensen og polariteten av mellomfrekvens-
5 signalet som leveres av forsterkeren 50. Hvis f.eks. blande-
signalet fra lokaloscillatoren 26 er for lavt, vil
diskriminatoren 52 levere en positiv spenning hvis amplitude
er proporsjonal med frekvensen av mellomfrekvenssignalet.
På samme måte hvis blandesignalet er for høyt vil diskrimin-
10 atoren 52 levere en negativ spenning med en amplitude som er
proporsjonal med mellomfrekvensen. Når oscillatorfrekvensen
26 nøyaktig følger sendefrekvensen, vil ikke noe signal opptre
i utgangen fra diskriminatoren 52. Når det opptrer periodiske
avvikelser mellom lokaloscillatorsignalet og sendesignalet,
15 vil diskriminatoren 52 levere et periodisk utgangssignal med
pulstog svarende til senderens repetisjonsfrekvens F_r , hvis
omhyllingskurve har en periode som er den inverse verdi av
sendesignalmodulasjonstakten $\frac{1}{F_m}$. Kurven 2A på fig. 2 viser
20 et eksempel på et typisk utgangssignal fra diskriminatoren 52
når det er periodiske feil mellom lokaloscillatorsignalet og
sendesignalet. Utgangssignalet fra diskriminatoren 52 til-
føres den langsomme integrator 54, hvis reaksjon er senere
enn både repetisjonsfrekvensen F_r og modulasjonstakten F_m og
25 gir et midlere frekvenssignal til oscillatoren 26 for å
tilveiebringe en midlere frekvens, om hvilken lokaloscillatoren
26 modulerer.

Utgangssignalet fra diskriminatoren 52 tilføres
også modulasjonsforsterkningsstyrenettverket 46 for styring
30 av forsterkningen av modulasjonssignalet som leveres av
samplings- og holdekretsen 44. Modulasjonsforsterkningsstyre-
nettverket 46 justerer forsterkningen av modulasjonssignalet
fra samplings- og holdekretsen 44 for å korrigere topp til
topp variasjoner i den elektriske og mekaniske overførings-
35 funksjon for frekvenstransduseren 42 og samplings- og holde-
kretsen 44. Topp til topp variasjonene i de mekaniske og
elektriske overføringsfunksjoner skyldes mekanisk slitasje,
aldring og variasjoner i omgivelsestemperaturen.

Modulasjonsforsterkningsstyrenettverket 46 omfatter en kommutator 56, en andre langsom integrator 58 og en dempekrets 60. Kommutatoren 56 reagerer på utgangssignalet fra diskriminatoren 52 og også på utgangsspenningen fra transduseren 42. Kommutatoren 56 inverterer den negative del av pulstoget fra diskriminatoren 52 ved å styre enhetsforsterkningsfaktoren i samsvar med polaritetsendringer i utgangssignalet fra transduseren 42. Kurven 2B på fig. 2 viser med den strekede linje 62 utgangssignalet fra transduseren 42 og den opptrukne linje 64 viser forsterkningen i kommutatoren 56 for utgangssignalet fra diskriminatoren ifølge kurven 2A. Da utgangssignalet fra transduseren 42 har en første polaritet som kan betegnes positiv, vil forsterkningen i kommutatoren 56 være positiv, og utgangssignalet fra diskriminatoren 52 blir ikke invertert, men når polariteten av frekvenstransduseren 42 vendes, er forsterkningen i kommutatoren 56 negativ og utgangssignalet fra diskriminatoren 52 inverteres. For signalene ifølge kurvene 2A og 2B vil utgangssignalet fra kommutatoren 56 være som vist med kurven 2C på fig. 2.

Utgangssignalet fra kommutatoren 56 har derfor en konstant komponent hvis amplitude og polaritet er proporsjonal med den midlere modulasjonsfeil av blandesignalet. Denne konstante komponent i kommutatorutgangssignalet driver den langsomme integrator 58 som leverer et dempet styresignal for å endre dempningen i dempekretsen 60 i en retning som vil minske den midlere feil mellom frekvensen fra lokaloscillatoren og sendesignalet som følge av variasjoner i elektriske og mekaniske overføringsfunksjoner i frekvenstransduseren 42 og samplings- og holdekretsen 44.

Modulasjonsforsterkningsstyrenettverket 46 tjener derfor til kontinuerlig justering av forsterkningen av modulasjonssignalet for å kompensere for variasjoner i elektriske og mekaniske overføringsfunksjoner i transduseren og samplings- og holdekretsen 44. Da den midlere nøyaktighet av modulatorsignalet styres automatisk av modulasjonsstyrekretsen 46, er den midlere frekvensstyrekrets 40 ikke nødvendig for å undertrykke feil fra puls til puls eller i sendesignalets modulasjonstakt, men styrer bare forskjellen mellom

langtids midlere frekvens for senderen og oscillatoren. Bånd-
bredden av det midlere frekvensstyrenettverk vil derfor være
upåvirket av endringer av modulasjonssignalets forsterknings-
parametre som skyldes variasjoner i omgivelsestemperaturen,
5 aldring og komponentutskiftning.

Detektor- og sveipekretsen 62 sørger for stabilitet
av den automatiske frekvensstyring 28 både ved start av
anlegget og i tilfelle av transiente forstyrrelser. I slike
situasjoner vil frekvensmodulasjonsfeil i modulasjonsfor-
10 sterkningsstyrekretsen 46 overskride det dynamiske området
for den midlere frekvensstyring 40, slik at denne ikke vil gi
en midlere høyfrekvens og derved hindre modulasjonsforsterk-
ningsstyrenettverket 46 fra å styre forsterkningen av
modulasjonssignalet. For å overvinne dette problem avføler
15 detektoren- og sveipekretsen 62, som er hovedsakelig den
samme som i tidligere kjente anlegg av denne art, at mellom-
frekvenspulsene i mellomfrekvensforsterkeren 50 mangler og
midlertidig setter frekvensstyreinnetningen 12 ut av funksjon
og sveiper lokaloscillatoren langsomt til umodulert høyfrekvens
20 for senderen 10. Bare lokaloscillatoren 26 leverer den
midlere frekvens av det umodulerte utgangssignal fra senderen
10, og størrelsen av frekvensmodulasjonen i utgangssignalet
fra senderen 10 økes fra null til maksimal verdi av frekvens-
styrekretsen 12 med en takt innenfor det dynamiske området
25 for det midlere frekvensstyrenettverk 40. Etter at maksimal
modulasjon av sendesignalet er nådd, vil den automatiske
frekvensstyring 28 beholde sin stabilitet hvis ikke transiente
forstyrrelsesforhold opptrer igjen.

30

35

P a t e n t k r a v

Frekvensmodulert pulsradaranlegg omfattende en antenne (16) som er forbundet med en sender (10) for ut-sending av et frekvensmodulert signal med styrbart variabel bærefrekvens fra puls til puls, en mottaker for mottakning av de variable bærefrekvenssignaler som sendes ut fra senderen, en omkopplingsinnretning (14) for å veksle mellom sending og mottakning, hvilken mottaker omfatter en lokaloscillator (26) for å tilveiebringe et blandesignal, en første blander (22) for å blande de mottatte signaler med lokaloscillatorsignalet, en automatisk frekvensstyrekrets (28) som tilføres signalene fra senderen og som styrer oscillatorens midlere frekvens i forhold til signalene fra senderen, en sample- og holdekrets (44) for lagring av signaler, en synkroniseringskrets (45) for å trigge senderen og sample- og holdekretsen for amplituden av hver senderpuls, en tilbakekopplingskrets (40) som tilføres signal fra lokaloscillatoren og utgangsfrekvensen fra senderen, hvilke signaler tilføres en andre blander (48) som danner inngangskrets for tilbakekopplingskretsen og frembringer en frekvens for styring av lokaloscillatoren, hvilken frekvens via frekvensdiskriminator og integrator og sammen med sample- og holdekretsen påvirker lokaloscillatoren i samsvar med senderpulsenes frekvens, hvilken automatiske frekvensstyrekrets omfatter en diskriminator (52) som tilføres signalene fra den andre blander (48), og en første integrator (54) for å tilveiebringe et signal med midlere frekvens som tilføres lokaloscillatoren, k a r a k t e r i s e r t v e d en modulator (46) som omfatter en kommutator (56) som inverterer utgangssignalet fra diskriminatorens (52) i samsvar med polariteten av utgangssignalet fra en frekvensomformer (42) for å frembringe en konstant komponent, og som er forbundet med den andre integrator (58), en modulasjonsdempekrets (60) som er forbundet med den andre integrator, sample- og holdekretsen (44) og modulatorens for å kompensere for variasjoner i frekvensomformerens og lokaloscillatorens.

147321

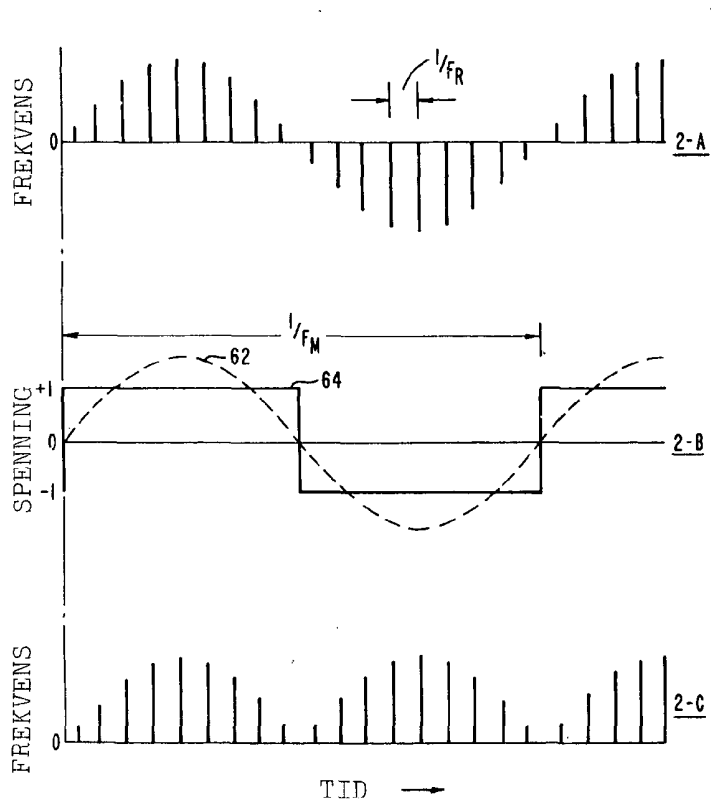


FIG. 2