



PATENT DIREKTORATET  
TAASTRUP



- (21) Patentansøgning nr.: 2116/79
- (22) Indleveringsdag: 23 maj 1979
- (41) Alm. tilgængelig: 25 nov 1979
- (44) Fremlagt: 15 jan 1990
- (86) International ansøgning nr.: -
- (30) Prioritet: 24 maj 1978 US 909155

(51) Int.Cl.<sup>5</sup> H 03 H 7/40  
H 04 B 1/40

- (71) Ansøger: \*MOTOROLA INC.; Motorola Center; 1303 East Algonquin Road; Schaumburg; Ill. 60196, US
- (72) Opfinder: Frank Robert \*Skutta; US, Lee Don \*Tice; US

(74) Fuldmægtig: Patentbureauet Magnus Jensens Eff.

(54) Fremgangsmåde og kredsløb til automatisk tilpasning af en antenne til en radiosender

(56) Fremdragne publikationer

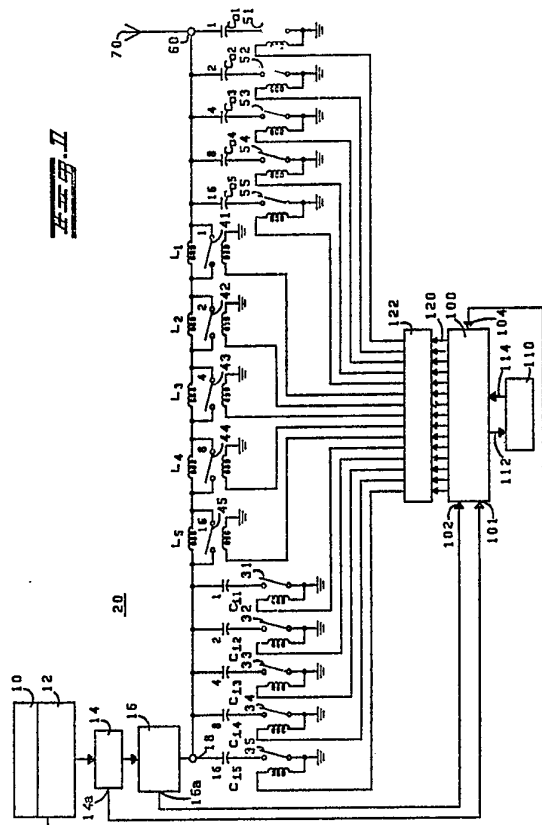
2116-79

- DE off. g. skrift nr. 2220749, 2710283
- FR pat. nr. 2346901
- US pat. nr. 3509500, 3778731, 3891947, 3794941, 3995237

(57) Sammendrag:

2116-79

En radiosender (10) kan tilpasses en antenne (70) ved hjælp af serieselvinduktioner ( $L_1-L_5$ ) og shuntkondensatorer ( $C_{11} - C_{15}$ ,  $C_{01} - C_{05}$ ). Selvinduktionerne og kondensatorerne er ifølge opfindelsen arrangeret i binære spring og indkobles eller udkobles ved hjælp af relæer (31-35, 41 - 45, 51 - 55). En mikroprocessor (100) aktiverer relæerne på en af flere måder, indtil den ønskede tilpasningsgrad er nået. Den pågældende relæindstilling lagres i et lager (110), således at den kan genfindes, og tilpasning opnås umiddelbart, når senderen atter indstilles på den pågældende kanal.



Den foreliggende opfindelse angår en fremgangsmåde til automatisk tilpasning af en antennes ukendte impedans til den kendte nominelle, reelle impedans af en radiosender og af den i krav 1's indledning angivne art.

Fra beskrivelsen til US patent nr. 3.906.405 kendes et antennetilpasningskredsløb omfattende et antal selvinduktioner og kondensatorer, som ved hjælp af relæer kan ind- eller udkobles. Denne ind- eller udkobling foretages manuelt for hver kanal, og den optimale kredsløbskonfiguration indlæses i en diodematrix. Når senderen derefter indstilles på en given kanal, aktiverer dioderne de relæer, som svarer til den tidligere fastlagte tilpasning.

15 Dette kredsløb har forskellige ulemper:

For det første kræver det, som nævnt, manuel indstilling. For det andet tager kredsløbet ikke automatisk hensyn til ændringer af antenneimpedansen, som kan opstå, eksempelvis ved at antennen oversprøjtes med saltvand.

Der kendes et antennetilpasningssystem, hvor man først foretager en grovere manuel tilpasning, hvorefter en variabel kondensator af en motor søges indstillet optimalt. Afstemningsområdet for dette system er imidlertid så ringe, at det ikke benyttes i praksis.

Fra beskrivelsen til US patent nr. 3.509.500 kendes et afstemningssystem hvor en kondensator manuelt forudindstilles for en given sendefrekvens, og hvor finindstilling finder sted ved at induktanser indkobles i trin styret af et logisk kredsløb. Dette forudsætter, at operatøren har valgt den rigtige antenne til at begynde med, og hvis denne antagelse eller dette gæt ikke er korrekt, kan indkobling af kapaciteter og induktanser give tilpasning, men der er ingen sikkerhed for, at tilpasningen giver optimal effektoverførsel. Sagt med andre ord, kan der være en

nulfaseændring som følge af det mellem antenne og sender anbragte afstemningskredsløb, men kredsløbet kan frembyde impedanskarakteristikker, som ikke giver korrekt tilpasning og dermed optimal overførsel af effekt fra senderen til antennen.

Formålet med opfindelsen er at anvise en fremgangsmåde af den omhandlede art, hvor antennetilpasningen er fuldautomatiseret.

Dette opnås ifølge opfindelsen ved den i krav 1 anviste fremgangsmåde, henholdsvis ved det i krav 5 anviste kredsløb.

Opfindelsen skal i det følgende forklares nærmere i forbindelse med tegningen, hvor

fig. 1 skematisk viser et strømskema for et antennetilpasningskredsløb ifølge opfindelsen,

fig. 2 et blokdiagram over kredsløbets virkemåde,

fig. 3 et snitdiagram som illustrerer kredsløbets virke ved tilpasning af en induktiv antenne,

fig. 4a et tilsvarende snitdiagram, men for en kapacitiv antenne,

fig. 4b i større målestoksforhold en del af det i fig. 4a viste diagram.

Fig. 1 viser en konventionel radiosender 10 med en nominel udgangsimpedans på 50 ohm. Senderen kan afstemmes til en af flere kanaler ved hjælp af en tilhørende kanalvælger 12.

Senderens 10 udgangsterminal er via en standbølgeomåler 14 og en fasemåler 16 forbundet til indgangsterminalen 18 på

et antennetilpasningskredsløb 20.

5 Standbølgemåleren 14 er af sædvanlig udformning og afgiver på sin udgang 14a et signal, som er repræsentativt for standbølgeforholdet. Dette er, som bekendt, en indikation af den relative tilpasning mellem kilde og belastning. Når standbølgeforholdet er 1, er tilpasningen optimal.

10 Også fasmåleren 16 er af sædvanlig udformning. På udgangen 16a afgiver fasmåleren et signal, som er repræsentativt for faserelationen mellem strøm og spænding.

15 Kredsløbet 20 omfatter fem med indgangsterminalen 18 forbundne indgangsshuntkondensatorer  $C_{11} - C_{15}$ . Kapaciteten af disse kondensatorer vokser binært, således at hver kondensator har dobbelt så stor kapacitet som den foregående. Hver af disse kondensatorer er serieforbundet med en sluttekontakt 31-35 på hver sit relæ. Når et relæ aktiveres, indkobles den pågældende kondensator altså i shuntkredsløbet.

25 Til indgangsterminalen 18 er også forbundet fem serieforbundne selvinduktioner  $L_1 - L_5$ . Også disse selvinduktioner har binært voksende induktans. Hver af selvinduktionerne er shuntet af en sluttekontakt 41-45 på hver sit relæ. Når et relæ aktiveres, udkobles således den pågældende selvinduktion af kredsløbet.

30 Den anden ende af de serieforbundne selvinduktioner  $L_1 - L_5$  er forbundet til en udgangsterminal 60. Til denne terminal 60 er også forbundet fem udgangsshuntkondensatorer  $C_{01} - C_{05}$  med binært voksende kapacitet og serieforbundne med hver sin sluttekontakt 51-55 på hver sit relæ. Når et relæ aktiveres, indkobles altså den pågældende kondensator i kredsløbet.

35 Til udgangsterminalen 60 er endvidere forbundet en antenne

70.

5 Det beskrevne system af kondensatorer og selvinduktioner styres af en mikroprocessor 100, der har udgange 101, 102 og 104 forbundet til henholdsvis standardbølgemåleren 14, fasemåleren 16 og kanalvælgeren 12.

10 Til mikroprocessoren 100 er knyttet et lager 110 med direkte adgang. Mikroprocessoren 100 er i stand til at adressere og lagre information i lageret 110 via en adressekanal 112 og til at genfinde lagret information via en søgekanal 114.

15 Mikroprocessorens 100 udgange er via ledninger 120 forbundet til et relædrivkredsløb 122 med femten styreudgange. Disse udgange er forbundet til hver sin relæspole og styrer således hver sin af sluttekontakterne 31-35, 41-45 og 51-55.

20 I overensstemmelse med signalerne fra standbølgemåleren 14, fasemåleren 16 og kanalvælgeren 12 styrer mikroprocessoren relækredsløbet 122 således, at de indgangs- og udgangshuntkondensatorer og selvinduktioner indkobles i kredsløbet, som giver tilpasning mellem senderen 10 og antennen  
25 70. Når mikroprocessoren 100 en gang har bestemt en given kredsløbsfiguration som optimal for en given kanal, lagres information herom i lageret 110. Ved senere genindstilling på den pågældende kanal vil signalet fra kanalvælgeren 12 på indgangen 104 bevirke at mikroprocessoren 100 genfinder  
30 den lagrede information og afgiver modsvarende signaler til relædrivkredsløbet 122.

35 Fig. 2 anskueliggør, hvorledes mikroprocessoren 100 kan være programmeret.

Når systemets rutine startes (200) antages det, at antennen er induktiv. Tabel I viser et eksempel på den induktive

rutine, og der henvises til Smithdiagrammet i fig. 3, som illustrerer de fysiske virkninger af denne rutine.

5

10

T a b e l 1.

Punkt	C <sub>05</sub>	C <sub>04</sub>	C <sub>03</sub>	C <sub>02</sub>	C <sub>01</sub>	L <sub>5</sub>	L <sub>4</sub>	L <sub>3</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>1</sub>	Ø	
15	A	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	C
	B	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	C
	C	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	C
	D	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	C
	E	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	C
20		1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	C
		1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	C
		1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	C
		1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	C
		1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	C
25		1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	C
		1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	C
	F	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	I
	G	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	I
	H	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	C
30	I	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	I
	J	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	C

35

Til en begyndelse aktiveres alle relæer 51-55, således at udgangsshuntkondensatorerne  $C_{01}-C_{05}$  indkobles, og alle relæer 41-45, således at serieselvinduktionerne  $L_1-L_5$  shuntes. Ved den induktive rutine skal indgangsshuntkondensatorerne  $C_{i1}-C_{i5}$  ikke benyttes, hvorfor relæerne 31-35 forbliver upåvirkede. I tabel 1 angiver 1 at den pågældende komponent indgår i kredsløbet, medens 0 angiver, at den ikke gør det. Fasen  $\emptyset$  angives som C, kapacitiv, eller I, induktiv, medens punkterne A,B...., J er de i Smithdiagrammet angivne.

Når alle udgangsshuntkondensatorer indkobles, vil antenneimpedanser, der inden da befinder sig i punktet  $P_1$  i Smithdiagrammet, blive drejet med uret til punkt A.

I den følgende sekvens (210) tilføjes serieselvinduktionerne i overensstemmelse med det i tabel 1 anførte, altså i rækkefølgen  $L_1, L_2, L_1 + L_2, L_3, L_3 + L_2, \dots$ . Virkningen heraf er, at impedansen - set fra terminalen 18, drejes yderligere med uret, svarende til punkterne B,C,D,E,F i Smithdiagrammet, indtil impedansen er induktiv, hvilket angives af fasemåleren 16. Når mikroprocessoren 100 påtrykkes denne oplysning vil den foranledige, at den af de indkoblede selvinduktioner, her  $L_4$ , der har lavest induktans, erstattes af den selvinduktion,  $L_3$ , hvis induktans er det halve deraf. Hvis impedansen stadig er induktiv, svarende til punkt G, vil denne procedure blive gentaget således, at  $L_3$  erstattes med  $L_2$ . Bliver impedansen herved kapacitiv (punkt H,J) lagrer (220) mikroprocessoren oplysning om, hvilken største selvinduktion - her  $L_5$  - der blev anvendt under sekvensen.

Dernæst (230) øges serieinduktansen fra den værdi, som netop er opnået, i binært voksende spring, indtil impedansen netop er blevet induktiv, svarende til punkt 1 i Smithdiagrammet. Herefter mindskes (240) udgangsshuntkapaciteten ligeledes i binære spring, til impedansen igen

bliver kapacitiv svarende til punkt 2 i fig. 3. Disse sekvenser af induktansforøgelse og kapacitetsformindskelse gentages via en tilbagekoblingssløjfe (245). På denne måde forøges realdelen af impedansen på den første terminal 18 sekventielt, som antydtes med pilen 4 i fig. 3 og punkterne 1-10.

Hvis standardbølgeforholdet, der påtrykkes mikroprocessorens 100 indgang 102, når værdien 4:1, lagres værdierne for serieinduktans og udgangsshuntkapacitet i lageret, og proceduren fortsættes. Hvis standbølgeforholdet under den fortsættende, induktive sekvens når værdien 2:1, udskiftes de lagrede værdier for induktans og kapacitet med de nu gældende. Dette gentages, til et standbølgeforhold, som anses for acceptabelt, eksempelvis 1,2:1, nås. Her stoppes proceduren, og de opnåede værdier lagres, således at de kan genfindes, når senderen atter afstemmes til den pågældende kanal.

Hvis den beskrevne procedure medfører, at alle induktanser indkobles (235), eller at alle kapaciteter udkobles (250), starter systemets kapacitive rutine (260). Denne rutine (260) vil også blive iværksat (270), såfremt det ikke er muligt under den første induktive rutine (210) at opnå et faseskift fra kapacitiv til induktiv.

Tabel II og fig. 4a og 4b illustrerer et eksempel på den kapacitive rutine. Antenneimpedansen antages kapacitiv, svarende til punkt  $P_2$  i fig. 4a.



Ved den kapacitive rutine (260) er alle indgangsshuntkondensatorer  $C_{i1} - C_{i5}$  til at begynde med udkoblet, og alle selvinduktionerne  $L_1 - L_5$  shuntet. Som ved den induktive rutine indkobles selvinduktionerne trinvis (punkterne A, B, C...) til impedansen bliver induktiv. Derefter ændres, som omtalt i forbindelse med den induktive sekvens, induktansen, til impedansen på terminalen 18 bliver ganske lidt kapacitiv.

Den maksimale værdi for selvinduktionerne lagres (220), og serieinduktionerne øges binært (230), som tidligere omtalt, til impedansen på terminalen 18 er lidt induktiv svarende til punkt k i fig. 4a og 4b. Derefter indkobles (280) indgangsshuntkondensatorerne til fasen, som den måles på terminalen 18, er kapacitiv (punkt 0 i fig. 4b).

Derefter fjernes den shuntkondensator, der medførte kapacitiv impedans, og den næstfølgende, mindre kondensator indkobles. Herved bliver impedansen måske igen induktiv svarende til punkt P. Den næstfølgende, lavere kapacitet indkobles, og det undersøges, om impedansen bliver kapacitiv. Hvis dette er tilfældet, svarende til punkt Q, fjernes den sidst indkoblede kondensator, og den følgende mindre indkobles. Denne procedure fortsættes med det formål at nærme sig faseforskellen nul, men med en stadig induktiv værdi. Derefter øges indgangsshuntkapaciteten binært, til impedansen bliver kapacitiv for at sikre, at nulgennemgangen for den imaginære impedanskomponent bliver passeret. Ved det viste eksempel sluttet sekvensen i punktet T, hvor impedansen på terminalen 18 er ganske lidt kapacitiv.

Efter denne sekvens øges induktansen nu binært (290). Via en tilbagekoblingsløjfe (295) vendes tilbage til den kapacitive sekvens (280), der nu udgår fra punktet k i fig. 4a. Som ved den i forbindelse med fig. 3 omtalte fremgangsmåde fortsætter denne procedure, til standardbølgeforholdet når en forudbestemt acceptabel værdi.

Det skal bemærkes, at uanset om der er tale om en induktiv antenne (fig. 3) eller en kapacitiv antenne (fig. 4), skal shuntkondensatorerne og serieselvinduktionerne naturligvis være passende valgt i overensstemmelse med, at antenneimpedansen i terminalen 18 skal kunne varieres til i shunt-

5 diagrammet at opnå en værdi lidt mindre end senderens nominelle værdi, altså eksempelvis 50 ohm.

Ved den omtalte metode er det muligt at opnå en antennetilpasning meget hurtigt. Ved metoden tages der hensyn til parasitvirkninger, eksempelvis udstrålingskapaciteten fra de relæer, som benyttes til at aktivere de anvendte selvinduktioner og kondensatorer.

10

Der opnås ikke alene en fuldautomatisk metode til impedanstilpasning på kort tid. Der er også tale om relativt billige standardkomponenter, såsom en fasemåler og en standbølgemåler.

15

Det skal bemærkes, at det på tegningen viste antal af shuntkombinationer og serieselvinduktioner naturligvis kan ændres efter behov.

20

25

30

35

## P A T E N T K R A V

1. Fremgangsmåde til automatisk tilpasning af en anten-  
5 nes (70) ukendte impedans til den kendte nominelle, reelle  
impedans af en radiosender (10) under anvendelse af et  
variabelt impedanstilpasningskredsløb (20), der er anbragt  
mellem senderen og antennen, og en standbølgemåler (14) og  
en fasedetektor (16) som er forbundet i serie mellem sen-  
10 deren (10) og impedanstilpasningskredsløbet (20), hvilket  
variable impedanstilpasningskredsløb (20) omfatter indgangs-  
og udgangsshuntkondensatorer hver omfattende flere  
parallelforbundne kondensatorelementer ( $C_{i1}$ ,  $C_{i2}$ , ... hen-  
holdsvis  $C_{01}$ ,  $C_{02}$ , ...) og en selvinduktion omfattende fle-  
15 re serieforbundne selvinduktionselementer ( $L_1$ ,  $L_2$ , ...) for-  
bundet mellem indgangs- og udgangskondensatorerne, samt  
organer (31, 32, ..., 51, 52, ..., 41, 42, ...) hvormed konden-  
sator- og selvinduktionselementerne kan ind- og udkobles,  
k e n d e t e g n e t ved, at man ved hjælp af en mikro-  
20 processor (100), der er forbundet til at reagere på  
udgangssignalerne fra standbølgemåleren (14) og fasedetek-  
toren (16), først udkobler alle indgangskondensatorele-  
menterne ( $C_{i1}$ ,  $C_{i2}$ , ...) og serieselvinduktionsele-  
menterne ( $L_1$ ,  $L_2$ , ...) og indkobler alle udgangskondensator-  
25 elementerne ( $C_{01}$ ,  $C_{02}$ , ...), og derefter selektivt ind- og  
udkobler selvinduktionselementerne ( $L_1$ ,  $L_2$ , ...) og udgangs-  
kondensatorelementerne ( $C_{01}$ ,  $C_{02}$ , ...) for at gøre den gen-  
nem tilpasningskredsløbet (20) transformerede antenneimpe-  
dans reel, men mindre end den kendte nominelle, reelle  
30 impedans af radiosenderen (10) og derefter forøge den  
transformerede impedans indtil den i det væsentlige mod-  
svarer senderens (10) nominelle, reelle impedans, og hvis  
disse trin ikke medfører i det væsentlige tilpasning efter  
at alle udgangskondensatorelementerne ( $C_{01}$ ,  $C_{02}$ , ...) er  
35 koblet ud, som indikeret af standbølgemålerens og fase-  
detektorens udgangssignaler, da stadig udkobler alle  
udgangskondensatorelementerne og selektivt ind- og udkobler

indgangskondensatorelementerne ( $C_{i1}, C_{i2}, \dots$ ) og selvinduktionselementerne ( $L_1, L_2, \dots$ ) indtil den transformererede impedans modsvarer senderens nominelle, reelle impedans.

5

2. Fremgangsmåde ifølge krav 1 og hvor senderen (10) er indrettet til at udsende radiosignaler på forskellige kanaler, k e n d e t e g n e t ved, at man i et lager (110) indlæser de indstillinger af serieinduktans og shuntkapacitet, som giver optimal tilpasning for den pågældende kanal, og at man ved genindstilling af senderen på den pågældende kanal i lageret genfinder disse oplysninger til genindstilling af induktans og kapacitet.

10

3. Fremgangsmåde ifølge krav 1, k e n d e t e g n e t ved, at selvinduktionselementerne ( $L_1, L_2, \dots$ ), efter at alle indgangskondensatorelementer ( $C_{i1}, C_{i2}, \dots$ ) og alle selvinduktionselementer ( $L_1, L_2, \dots$ ) er koblet ud og alle udgangskondensatorelementer ( $C_{01}, C_{02}, \dots$ ) er koblet ind, indkobles i trin og udgangskondensatorelementerne kobles ud i trin til opnåelse af impedanstilpasning, og at mikroprocessoren (100), hvis dette ikke kan opnås ved udkobling af alle udgangskondensatorelementerne, aktiverer ind- og udkoblingsorganerne (31,32, ..., 51,52, ..., 41,42, ...) således at alle udgangskondensatorelementerne kobles ud og alle indgangskondensatorelementerne kobles ind medens selvinduktionselementerne indkobles i trin indtil den kombinerede impedans af tilpasningskredsløbet (20) og antennen (70) modsvarer senderens (10) nominelle, reelle impedans.

15

20

25

30

4. Fremgangsmåde ifølge krav 1, k e n d e t e g n e t ved, at selvinduktionselementerne ( $L_1, L_2, \dots$ ), efter at indgangskondensatorelementerne ( $C_{i1}, C_{i2}, \dots$ ) og selvinduktionselementerne ( $L_1, L_2, \dots$ ) er koblet ud og udgangskondensatorelementerne ( $C_{01}, C_{02}, \dots$ ) er koblet ind, indkobles i trin indtil den gennem tilpasningskredsløbet (20) transformererede antenneimpedans bliver induktiv, hvor-

35

efter udgangskondensatorelementerne ( $C_{01}, C_{02}, \dots$ ) udkobles i trin indtil den transformerede antenneimpedans bliver kapacitiv, og at derefter selvinduktions- og kondensatorelementer ind- og udkobles i trin til den transformerede impedans nærmer sig senderens nominelle, reelle impedans, hvorhos hvis impedanstilpasning ikke opnås selv om alle udgangskondensatorelementer ( $C_{01}, C_{02}, \dots$ ) er udkoblet så alle udgangskondensatorelementer udkobles og selvinduktionselementerne indkobles i trin til impedanskombinationen bliver induktiv, hvorefter kondensatorelementerne indkobles i trin til den transformerede impedans har en fasevinkel nær nul, at derefter flere selvinduktions-elementer indkobles, kondensatorelementerne efterreguleres til en fasevinkel nær nul og at disse skiftende trin gentages til den transformerede impedans modsvarer den nominelle, reelle impedans.

5. Kredsløb til automatisk tilpasning af en antennes (70) ukendte impedans til den kendte nominelle, reelle impedans af en radiosender (10) og anbragt mellem antennen og senderen hvorhos en standbølgeomåler (14) og en fasedetektor (16) er forbundet i serie mellem senderen (10) og kredsløbet (20), som omfatter indgangs- og udgangsshuntkondensatorer hver omfattende flere parallelforbundne kondensatorelementer ( $C_{i1}, C_{i2}, \dots, C_{01}, C_{02}, \dots$ ) og en selvinduktion omfattende flere serieforbundne selvinduktionselementer ( $L_1, L_2, \dots$ ) forbundet mellem indgangs- og udgangskondensatorerne, samt organer (31, 32, ..., 51, 52, ..., 41, 42, ...) hvormed kondensator- og selvinduktionselementerne kan ind- og udkobles, k e n d e t e g n e t ved, yderligere at omfatte en mikroprocessor (100), der er forbundet til at reagere på udgangssignalerne fra standbølgeomåleren (14) og fasedetektoren (16) for at styre de ind- og udkoblende organer, hvilken mikroprocessor er programmeret til først at udkoble indgangskondensatorelementerne og serieselvinduktionselementerne og indkoble alle udgangskondensatorelementerne

og dernæst ind- og udkoble selvinduktionselementerne og udgangskondensatorelementerne selektivt således at antennen's impedans transformeret gennem det variable tilpasningskredsløb (20) først gøres reel, men mindre end senderens kendte nominelle, reelle impedans, og derefter forøges indtil den transformerede impedans modsvarer senderens nominelle, reelle impedans og til, hvis disse trin ikke medfører i det væsentlige tilpasning efter at alle udgangskondensatorelementerne er koblet ud, som indikeret af standbølgeomålerens og fasedetektorens udgangssignaler, da stadig at indkoble alle udgangskondensatorelementerne og selektivt ind- og udkoble indgangskondensatorelementerne og selvinduktionselementerne indtil den transformerede impedans modsvarer senderens nominelle, reelle værdi.

20

25

30

35

