



NORGE

[NO]

**STYRET
FOR DET INDUSTRIELLE
RETTSVERN**

[B] (II) UTLEGNINGSSKRIFT Nr. 134142

(51) Int. Cl.² B 60 L 7/14

(21) Patensøknad nr. 1051/72
(22) Inngitt 27.03.72
(23) Løpedag 27.03.72

(41) Alment tilgjengelig fra 02.10.72
(44) Søknaden utlagt, utlegningsskrift utgitt 18.05.76
(30) Prioritet begjært 29.03.71, Sveits, nr. 4567/71

(54) Oppfinnelsens benevnelse Regenerativ bremseanordning for enfase-serie-
motorer.

(71)(73) Søker/Patenthaver BBC AKTIENGESELLSCHAFT BROWN, BOVERI & CIE,
CH-5401 Baden,
Sveits.

(72) Oppfinner PIERRE LEYVRAZ,
Zürich, Sveits.

(74) Fullmektig A/S Oslo Patentkontor Dr. ing. K. O. Berg, Oslo.

(56) Anførte publikasjoner Norsk patent nr. 35277
Fransk patent nr. 435110
Sveitsisk patent nr. 197465, 482348
Svensk patent nr. 120370

Den foreliggende oppfinnelse vedrører en regenerativ bremseanordning i drivkjøretøy med enfase-seriemotorer, ved hvilken bremseanordning motorankeret henholdsvis motorankerne er koblet over minst en bremsedrosselspole til en trintransformator og en sekundærvikling i bremsedrosselspolen er forbundet over en magnetiseringsmotstand med minst en feltvikling.

Formålet med oppfinnelsen er å tilveiebringe en regenerativ bremseanordning som i forhold til de kjente anordninger og til tross for lettere bremseutrustning enn det som hittil har vært mulig, utmerker seg spesielt ved en bedre effektfaktor, henholdsvis virkningsgrad, og som dessuten muliggjør en skåning av motoren ved best mulig utnyttelse av motoren og dessuten ved reduksjon av strømstöt ved koblingsforløp.

Ved drivkjøretøy med enfase-seriemotorer er forskjellige anordninger for regenerativ bremsing kjent, med hvilke bremseeffekten kan føres tilbake til nettet. Disse lar seg dele opp i tre grupper, nemlig shuntkoblinger, energiseringsmotorkoblinger og seriekoblinger, hvor i bremsedrift energien for mating av feltströmkretsen taes fra ankerströmkretsen, hvor dette energiuttak eventuelt kan skje induktivt. Sistnevnte har hittil til tross for gode tekniske egenskaper ikke funnet praktisk anvendelse p.g.a. at omkostningen for kondensatorene, hvis effekt alt etter koblingen utgjör 150 - 250% av felteffekten, blir for stor.

Dessuten, til tross for de svært gode forhold med seriekoblinger med hensyn til selvmagnetisering, er egenskapene ved koblingsforløp, og da spesielt ved kortvarige strömapbrudd, ikke spesielt gunstige. Nå kreves imidlertid for kjøretøy med høyere hastig-

heter, ved hvilke driftsmessig bremsen kan innlegges ved 120 - 200 km/t, at et p.g.a. kontakthøylehopping forårsaket strømavbrudd ikke forårsaker skadelige strømstöt eller dreiemomentstöt.

Det er videre kjent en regenerativ bremseanordning for en enfase-kollektormaskin i kompond-kobling, hvilken oppviser en fremherskende magnetiserings-shuntandel over magnetiseringsdrossel og feltvikling. Magnetiseringskretsen er derved tvangsmessig galvanisk forbundet med ankerkretsen. Bremskraften er ved et gitt koblingstrinn i funksjon av hastigheten i det vesentlige konstant. For optimal dimensjonering av bremseapparatdimensjonen er selvmagnetiseringsgrensen ved denne koblingsanordning fastsatt såvidt over maksimalhastigheten. Liknende ulemper opptrer også ved en annen bremsekobling for enfase-seriemotorer, ved hvilken det for overgangen fra kjöre- til bremsedrift blir tilkoblet en kondensator med større effekt til feltviklingen. Selvmagnetiseringen inntreder ved sistnevnte koblingsanordning allerede ved ca. 20% av maksimalhastigheten, slik at koblingen i praksis er uegnet og uten betydning.

Oppfinnelsen har til oppgave å unngå ulempene ved kjente seriekoblinger, fremfor alt å minske deres kondensator-effekt, å forbedre oppførselen av slike anordninger ved koblingsforløp og spesielt å redusere det aktuelle innkoblingsströmstöt.

Denne oppgave blir ifölge oppfinnelsen löst ved at det i feltviklingens magnetiseringsströmrets henholdsvis feltviklingene er parallellkoblet en kondensator og bremsedrosselspolens sekundärvikling tjener som matespenningskilde for parallellresonanskretsen, hvilken er koblet i serie med magnetiseringsmotstanden til bremsedrosselspolens sekundärvikling. Den regenerative bremseanordningen ifölge oppfinnelsen er en ren seriekobling ved hvilken magnetiseringsströmmen forløper stort sett proporsjonalt med ankerströmmen. Herved trenger magnetiseringskretsen ikke å være galvanisk forbundet med ankerkretsen. Bremskraften tiltar betydelig ved et gitt koblingstrinn ved avtagende hastighet og danner speilbildet til en drivmotors trekkraft-karakteristikk.

Selvagnetiseringshastigheten kan uten spesielle anstrengelser fastlegges innenfor området av den dobbelte maksimalhastigheten. Kondensatoreffekten kan relativt teknikkens stand reduseres til ca. det halve.

Videre er det fordelaktig at bremsedrosselspolen som er koblet i ankerstrømkretsen, er utformet som luftdrossel, hvis sekundærvikling er anordnet på en mettbar jernkjerne hvis metningsknekk ligger i området av den maksimale drivstrømmen. Utformingen som luftdrossel representerer for så vidt en fordelaktig variant, da den i særdeleshet begrenser et innkoblingsstøt, f.eks. ved høyhopp, til en lavere verdi enn en jerndrossel. For optimal dimensjonering av bremsedrosselspolen og dermed vektminskning er det tilveiebrakt at dens spenning er fastlagt for ca. 30 - 40% av den ved maksimalt motordrift-omdreiningstall opptredende ankerspenning. Når en ohmsk seriemotstand i tillegg er anordnet i ankerstrømkretsen, og når den nominelle spenning ved denne seriemotstand er fastlagt for omlag 10 - 20% av den ved det maksimale drifts-omdreiningstall for motoren opptredende ankerspenning, hvor bremsedrosselspolens primærspenning utgjør omlag 5 - 15% av denne ankerspenning, kan en ytterligere vektreduksjon oppnås. De maksimale strømskudd ved koblingsprosessen blir derved begrenset til samme verdi som ville vært tilfellet ved en større drossel. I så henseende er det også fordelaktig når kondensatoren ligger til sekundærviklingen av en autotransformator, hvis primærvikling er forbundet med klemmene på motorens feltviklinger.

Et utførelseseksempel av oppfinnelsen er fremstilt i tegningene og er beskrevet nærmere i det etterfølgende.

Fig. 1 viser prinsippkoblingen av oppfinnelsesgjenstanden,

fig. 2 viser den skjematisk kobling som fremgår av diagrammet i fig. 3,

fig. 3 viser vektordiagrammet for spenningen i felt- og ankerstrømkretsen såvel som de tilhørende strømmer,

fig. 4 viser karakteristikk-kurvene for den regenerative bremsen,

fig. 5 viser forholdene ved kortvarige strømsavbrudd ved helt umettet drosselspole,

fig. 6 viser den ved delvis metting oppnådde forbedring ved kortvarige strømsavbrudd, og

fig. 7 viser et utførelsesseksempel med to parallellkoblede motorer.

I fig. 1 er ankeret for motoren betegnet med 1 og dens feltvikling med 6, hvor en med feltviklingen 6 parallellkoblet kondensator er betegnet med 8, en til feltviklingen 6 og kondensatoren 8 i serie beliggende motstand med 9 og en andre vikling av drosselspolen som mater feltekretsen med 5, en første vikling av drosselspolen betegnet med 4, strømsavtageren med 11 og sekundærviklingen for en hovedtransformator med 10.

I fig. 2 er av flere enfase-motorer igjen kun en av motorene vist med ankeret 1 og feltet 6. 2 og 3 er den induktive og ohmske motstand i ankeret, og 7 er feltets ohmske motstand. 4 er videre den i ankerkretsen beliggende, første vikling av drosselen, hvis ohmske motstand er innbefattet i 3. 5 er den andre viklingen av drosselen, hvis ohmske motstand er sammenslått med den ohmske motstand 9. Drosselen oppviser herved fremfor alt en tilnærmet rettlinjet karakteristikk. Til feltviklingen 6, 7 er kondensatoren 8 koblet i parallell. Ankerkretsen mater tilbake bremse-energien i sekundærviklingen av transformatoren 10. Strømsavtageren 11 gir bremse-energien videre til kjøreledningen. Koblingsmåten av feltet og ankeret er generatorisk, dvs. en av ankerspenningen frembrakt strøm overfører seg på den andre viklingen 5 av drosselspolen og flyter derfor således i feltviklingen at ankerspenningen blir forsterket.

Ved utførelser med to (se fig. 7) eller flere enfase-motorer blir feltviklingene 6, 7 for alle motorene fortrinnsvis koblet i serie, hvorved deres spenning oppnår en for umiddelbar parallellkobling med kondensatoren gunstig verdi. Ankeret 1, 1', 2, 2' blir hensiktsmessig i den samme kobling som ved kjøring, og drosselen 4, 5 får for hver ankerstrømkrets en spesiell vikling 4, 4'. I spesielle tilfeller kan feltviklingen 6, 7 også kobles i parallell.

Vektordiagrammet i fig. 3 viser polygonet for spenningen i ankerstrømkretsen E_4, E_3, E_2, E_1 og E_{10} og det for spenningen i feltstrømkretsen E_5, E_9, E_6, E_7 og E_8 . Strømtrekanten viser feltstrømmen I_6 som er i fase med ankerspenningen E_8 , og strømmen i motstand I_5 . Magnetiseringsstrømmen I_0 for drosselen 4 ligger vinkelrett på spenningen E_4 og avviker fra ankerstrømmen I_1 med strømmen $(I_5)_4$. Sistnevnte er den på primærsiden 4 refererte strøm i viklingen 5. Den angitte vinkel φ mellom transformatorspenningen E_{10} og ankerstrømmen I_1 er den eksterne faseforskyvning ved transformatoren, og den interne vinkel ψ mellom ankerstrømmen I_1 og feltstrømmen I_6 er avgjørende for utnyttelsen av motorene ved bremsingen.

De karakteristiske linjene for den regenerative bremsen i figur 4 viser i ordinaten bremsekraften Z som funksjon av hastigheten V for forskjellige transformatortrinn 1 til 10.

Kurvene er speilbildet av de samme kurver for motordriften. Ved synkende hastighet stiger strømmen og dermed bremsekraften. For å bibeholde en engang innstilt bremsekraft må derfor trinnbryteren tilbakestyes. Dette skjer fortrinnsvis selvstendig ved hjelp av et strömrelé, hvilket sammenlikner ankerstrømmen med en forut gitt, nominell verdi og ved avvikelse av ankerstrømmen fra den nominelle verdi styrer trinnbryteren til nærmeste høyere eller lavere trinn. For oppnåelse av en konstant bremsekraft trenger lokomotivføreren ene og alene å innstille den ønskede nominelle verdi. Forløpet av bremsekraften svarer da eksempelvis til linjetog 11.

Kurven 12 fremstiller den eksterne effektfaktor $\cos \varphi$ som en funksjon av hastigheten. Denne er angitt på sekundærsiden av transformatoren og gjelder for alle innstilte transformatortrinn.

Overfor de kjente kondensator-regenerative bremsere oppviser den foreslåtte anordning i særdeleshet følgende fordeler:-

Kondensatoreffekt mindre enn felteffekten, derfor lettere kondensator med mindre kapasitet. Liten drosselspenning, derfor lettere drossel med mindre dimensjoner. Uinnskrenket innstill-

barhet av den interne effekt-faktor $\cos \varphi$. Vilkårlig valg av selvmagnetiseringshastigheten ved hjelp av spenningene E_5 og E_9 . Ingen selvmagnetisering ved bakoverkjøring.

Forholdene ved kortvarig strømafbrytning på grunn av kontakthopp er svært gunstige, som oscillogrammet i figur 5 viser. Den maksimale strømmetopp utgjør 3,7 ganger den stasjonære strøm. Disse forhold blir oppnådd ved helt umettede strømkretselementer. Ved innkoblingen av nettspenningen 1" i det ugunstigste øyeblikk av nullgjennomgangen svinger feltstrømmen 2" med over-svingninger inn i endetilstanden etter 2,5 perioder. Ankerstrømmen 3" svinger i samme tidsrom inn med amplituder av 3,7 ganger sluttverdien. Det derved opptredende dreiemoment 4" pulserer med dobbelt nettfrekvens med en største amplitude av 3,5 ganger slutt-verdien. Disse forhold er i sammenlikning med andre regenerative bremsere å betegne som gode.

En ytterligere forbedring av det foran beskrevne forløp kan ifølge oppfinnelsen oppnås når oversvingningen av feltstrømmen blir undertrykket. Dette gunstigere feltstrømforløp blir oppnådd ved at den i ankerstrømkretsen beliggende, første vikling 4 av drosselspolen er konstruert som luftdrossel og den andre viklingen 5 er viklet som en mettbare jernkjerne, som er anordnet i magnetfeltet for luftdrosselen og hvis metningsknekk ligger i området av den maksimale driftstrøm.

Fig. 6 viser den oppnådde forbedring ved innkobling tilnærme-sesvis i nullgjennomgang av nettspenningen 5". Feltstrømmen 6" svinger aperiodisk inn, hvorved allerede den andre halv-bølge når sluttverdien. Ankerstrømmen 7" når i den første amplituden 2,7 ganger sluttverdien, og alle ytterligere amplituder avviker knapt fra sluttverdien. Ved innkobling i den nøyaktige nullgjennomgang av nettspenningen 5" utgjør ankerstrømmetoppen 3 ganger sluttverdien. Denne overordentlig raske innsvingning får virkning spesielt også i dreiemomentet 8", hvor bare den første puls overstiger sluttverdien med ca. 50%.

Den raske innsvingningen i slutt-tilstanden muliggjør en ut-legging av bremseutrustningen ved hjelp av de forholdsmessig lave innkoblingsstrøm-topper og deres tidsmessige begrensning

av en halvbølge, hvilket fører til små og lette bremsedrosseler. Disse drosselspoler kan avpasses for en spenning av omtrentlig 30 til 40% av den maksimale ankerspenning i motsetning til 70 til 80% ved de hittil kjente regenerative bremses, hvorved drosselen blir ca. 40 til 45% lettere.

En ytterligere belastningsminskning kan oppnås ved at det i ankerstrømkretsen er anordnet i tillegg ohmske motstander, hvilke er avpasset for omlag 10 til 15% av den opptredende ankerspenning ved den maksimale, normale hastighet for motoren, hvor spenningen på drosselspolen nå bare utgjør omlag 10% av denne spenning. Derved blir det maksimale strömstöt ved koblingsforlöp begrenset til samme verdi som ved den större drosselen. Siden effekt/vekt-forholdet for motstandene er betydelig mindre enn det for drosselene, er ytterligere en vesentlig vektgevinst mulig. Derved blir den eksterne effektfaktor $\cos \varphi$ bedre og virkningsgraden av bremsen dårligere. Den av den regenerative bremsen forårsakede merbelastning av trinntransformatoren blir imidlertid derved redusert.

Ved 4- eller 6-akslede drivkjoretöy utgjör feltviklingsspenningen omlag 200 til 300 volt ved en frekvens av $16 \frac{2}{3}$ Hz, slik at kondensatoren dermed umiddelbart kan parallellkobles med feltviklingen. Ved kjoretöy med kun en eller to motorer kan kondensatoren tilpasses den lavere feltspenningen således at kondensatoren ligger på sekundärviklingen av en autotransformator, hvis primärvikling er forbundet med feltviklingsklemmene.

Fig. 7 viser et utförelseseksempel med to parallellkoblede drivmotorer 1, 2, 3, 4, 6, 7 henholdsvis 1', 2', 3', 4', 6', 7', hvis felt 6, 7 henholdsvis 6', 7' er koblet i serie og forbundet med primärviklingen 13 av autotransformatoren 13, 14, på hvilken transformators sekundärvikling 13, 14 kondensatoren 8 er tilkoblet.

P a t e n t k r a v

1. Regenerativ bremseanordning i drivkjoretöy med enfase-seriemotorer, ved hvilken bremseanordning motorankeret henholds-

vis motorankerne er koblet over minst en bremsedrosselspole til en trintransformator og en sekundærvikling i bremsedrosselspolen er forbundet over en magnetiseringsmotstand med minst en feltvikling, k a r a k t e r i s e r t v e d at det i feltviklingens (6) magnetiseringsstrømkrets, henholdsvis i feltviklingene (6, 6') er parallellkoblet en kondensator (8) og bremsedrosselspolens (4, 4', 5) sekundærvikling (5) tjener som matespenningskilde for parallellresonanskretsen (6, 6', 8), hvilken er koblet i serie med magnetiseringsmotstanden (9) til bremsedrosselspolens (4, 4', 5) sekundærvikling.

2. Regenerativ bremseanordning som angitt i krav 1, k a r a k t e r i s e r t v e d at den i ankerstrømkretsen kobleder bremsedrosselspole (4, 5) er konstruert som luftdrossel, hvis sekundærvikling (5) er anordnet på en mettbare jernkjerne hvis metningsknekk ligger i området av den maksimale drivstrøm.

3. Regenerativ bremseanordning som angitt i krav 1 eller 2, k a r a k t e r i s e r t v e d at bremsedrosselspolen (4, 5) er avpasset for tilnærmet 30 til 40% av den opptredende ankerspenning ved det maksimale driftomdreiningstall for motorene.

4. Regenerativ bremseanordning som angitt i krav 1, 2 eller 3, k a r a k t e r i s e r t v e d at det i ankerstrømkretsen er anordnet i tillegg en ohmsk seriemotstand, og at ved denne seriemotstand er den nominelle spenning fastlagt for omlag 10 - 20% av den opptredende ankerspenning ved det maksimale driftomdreiningstall for motorene, hvor primærspenningen på bremsedrosselspolen utgjør omlag 5 - 15% av denne ankerspenning.

5. Regenerativ bremseanordning som angitt i et av de foregående krav 1 - 4, k a r a k t e r i s e r t v e d at kondensatoren (8) ligger på sekundærviklingen (14) av en autotransformator (13, 14) hvis primærvikling (13) er forbundet med klemmene på feltviklingene (6, 6') av motorene (1, 1').

134142

Fig.1

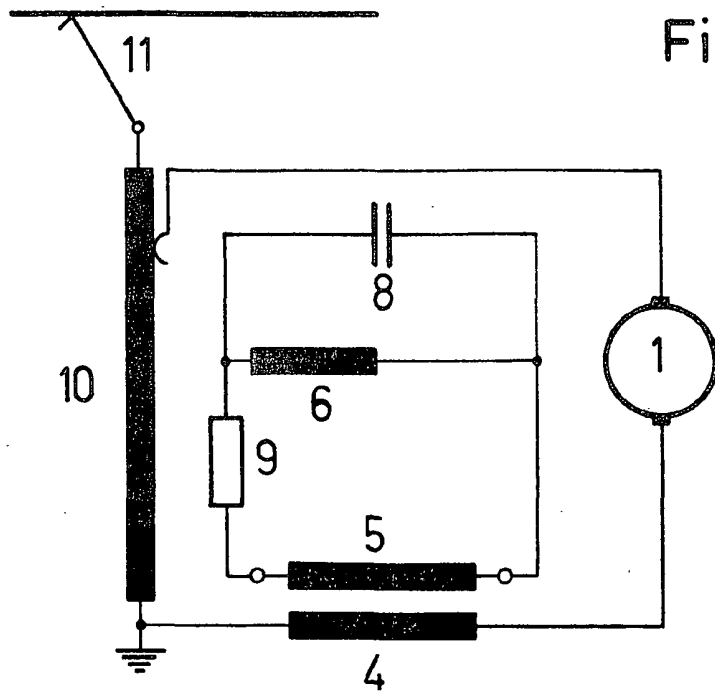
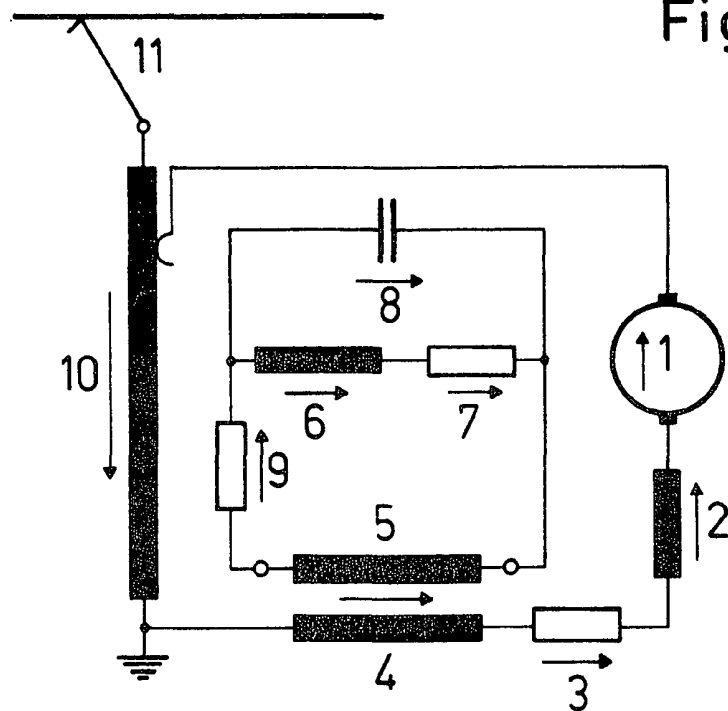


Fig.2



134142

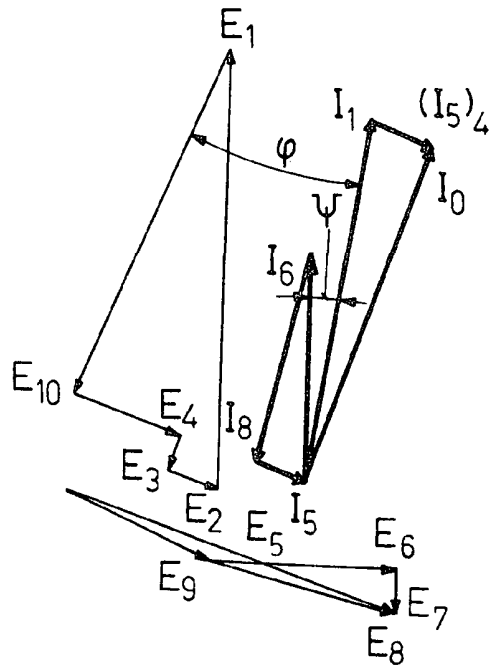


Fig.3

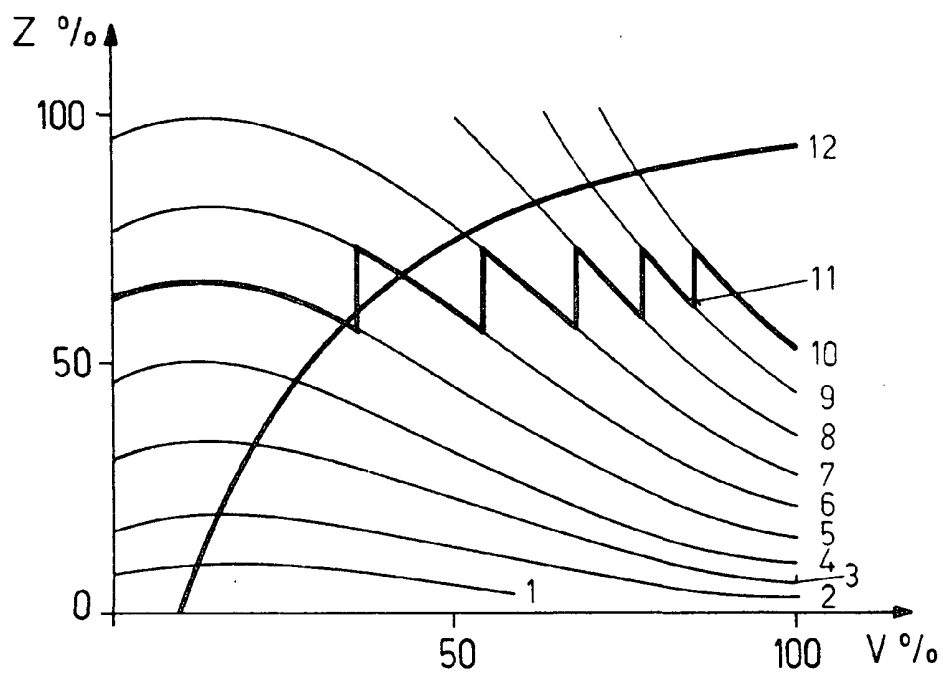


Fig.4

134142

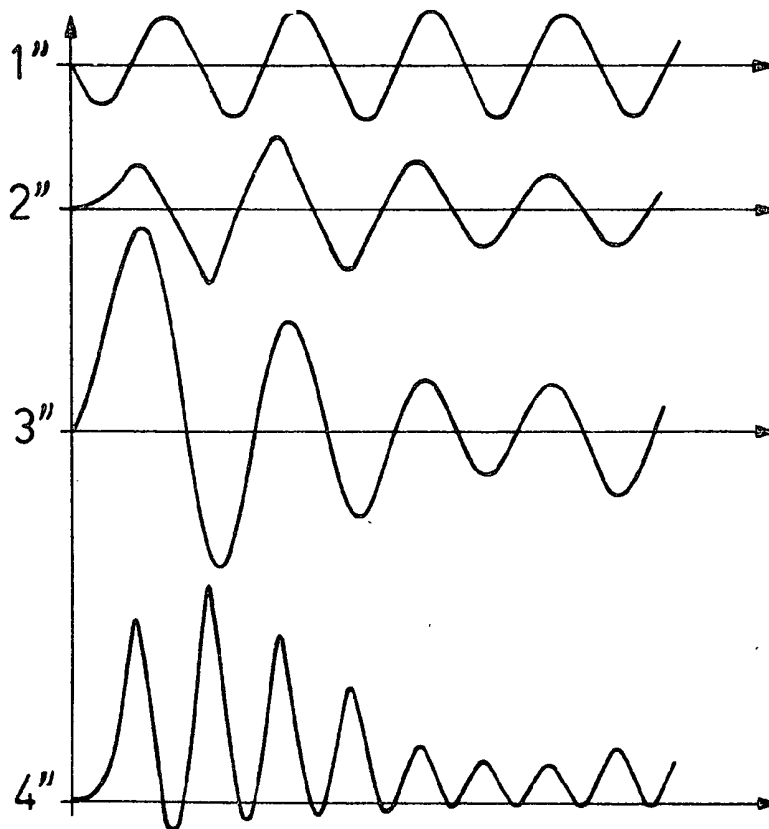


Fig.5

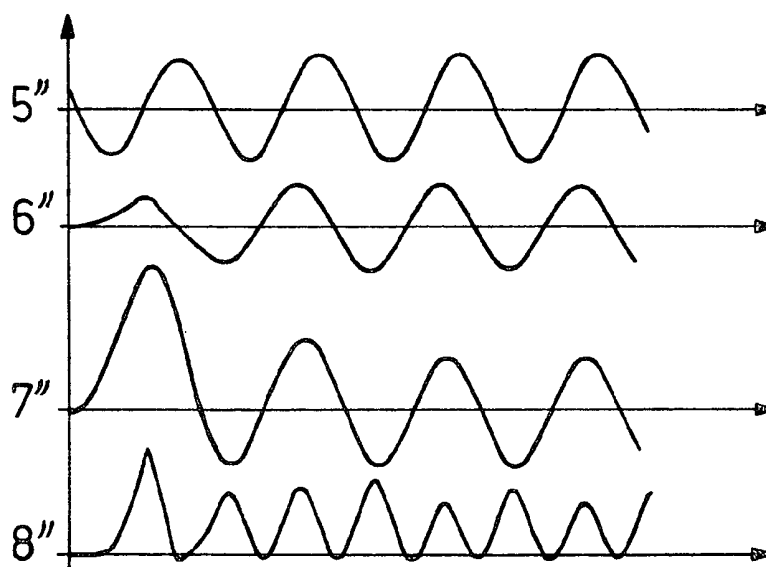


Fig.6

