



(11) FREMLÆGGESESSKRIFT 143217

DANMARK

(51) Int. Cl.³ G 05 B 11/00 // G 05 B 13/00



(21) Ansøgning nr. 1876/74 (22) Indleveret den 4. apr. 1974

(24) Løbedag 4. apr. 1974

(44) Ansøgningen fremlagt og
fremlæggesesskriftet offentliggjort den 20. jul. 1981

DIREKTORATET FOR
PATENT- OG VAREMÆRKEVÆSENET

(30) Prioritet begæret fra den
13. apr. 1973, 2318696, DE

(41) Alm. tilg. 14. okt. 1974

(71) KLEIN SCHANZLIN & BECKER AKTIENGESELLSCHAFT, Werk Frankenthal, 6710
Frankenthal/Pfalz, Postfach 225, Johann-Klein-Strasse 9, DE.

(72) Opfinder: Bernhard Bach, Mittaschstrasse 9, 671 Frankenthal/Pfalz,
DE: Ernst Picmaus, Nelkenstrasse 9 d, 671 Frankenthal/Pfalz, DE.

(74) Fuldmægtig under sagens behandling:
Internationalt Patent-Bureau.

(54) Reguleringsindretning til reguleringsstrækninger med lagerelementer.

Opfindelsen vedrører en reguleringsindretning til reguleringsstrækninger med lagerelementer, hvilken indretning omfatter en reguleringskreds med impulsbreddemoduleret indstillingsstørrelse, og et indstillingselement med to stillinger, hvis indstilling indvirker direkte på reguleringsstrækningen og forsinket på reguleringsstørrelsen. En reguleringsstrækning eller et reguleret anlægs lagerelementer kan oplagre reguleringsstørrelserne. Det kan eksempelvis være gas- eller væskevolumener, kinetiske svingmasser eller elektriske ladningskapaciteter, der optræder som energioplagringselementer mellem indstillingselementet og målestedet for er -værdien. Matematisk betegnes reguleringsstrækninger med lagerelementer som reguleringsstrækninger af anden eller højere orden.

Ved reguleringsstrækninger, ved hvilke forstyrrelsesstørrelser samlet indvirker nedsættende på værdien af reguleringsstørrelsen, er det kendt kun at indvirke på den værdiforøgende tilførsel over indstillingselementet. Denne tilførsel holdes ved reguleringen i ligevægt med de værdinedsættende forstyrrelsesstørrelser, altså behovet. Ved regulering af eksempelvis et varmeanlæg er det ofte tilstrækkeligt at styre varmetilførslen i afhængighed af reguleringsstørrelsen, som her er proportional med den virkelige temperatur, dvs. er -værdien.

Det er derimod ikke nødvendigt at fjerne energi, dvs. varme, fra anlægget, fordi overskudsvarme forsvinder af sig selv, når der ikke tilføres energi. En til/fra-termostatregulator er et typisk eksempel på en sådan regulator, der intermitterende tilfører energi med en mid-

delhastighed, som er tilstrækkelig til at opveje det kontinuerlige varmetab. En høj reguleringsgodhed kræver umiddelbar tilpasning af tilførslen til behovet og derfor en direkte reguleringsindretning, hvor indstillingsstørrelsen er knyttet direkte til reguleringsafvigelsen, og hvor der i idealtilfældet sker en direkte og forsinkelsesfri reaktion på uønskede ændringer i det regulerede anlæg. Lagerelementerne gør det nødvendigt ved udmåling af tilførslen yderligere at tage hensyn

til det ved reguleringsforløbet optrædende dynamiske behov eller lageroverskuddet. I denne forbindelse er forskellen mellem lagrenes tidskonstanter ved opladning (behovet) og afladning (overskuddet) af afgørende betydning. Med tiltagende forskel får nemlig reguleringsstrækningens karakteristisk et degressivt forløb, når reguleringsstørrelsen afsættes som funktion af en impulsbreddemoduleret indstillingsstørrelse, hvilket vil sige, at en aftagende værdi af indstillingsstørrelsen har en mere end proportional indvirkning på reguleringsstørrelsen.

Forskelle mellem opladningstidskonstanterne og afladningstidskonstanterne opstår navnlig, når der skal ske en hurtig udregulering af de værdiformindskende forstyrrelsesstørrelser. Der optræder også forskelle ved sådanne reguleringsstrækninger, hvor forstyrrelsesstørrelserne ændrer afladningstiden.

Til regulering af reguleringsstrækninger med lagerelementer er navnlig reguleringskredse med impulsbreddemoduleret indstillingsstørrelse egnede. De muliggør anvendelse af enkle indstillingselementer med to stillinger og uden vedvarende drift, speciel karakteristisk og frihed for hysteres, som det kræves ved andre reguleringskredse. Den impulsbreddemodulerede indstillingsstørrelse har endvidere de fordele, at den til hurtig udregulering tilslutter reguleringsstrækningen direkte til kilden for reguleringsstørrelsen, og at impulspausen står til rådighed for indstillingsimpulsværdiens indvirkning på reguleringsstørrelsen. Denne indvirkning har allerede indflydelse på den næste indstillingsimpulsværdi, før denne indvirker på reguleringsstrækningen. Gennem lagerelementerne og et rigtigt valgt impulsfrekvensområde opstår der trods en pulserende indstillingsstørrelse en praktisk talt kontinuerlig reguleringsstørrelse.

Indstillingsværdien bestemmes, ved impulsbreddemodulation, af indstillingsimpulsens tidsvarighed. Med hver indstillingsimpuls bliver reguleringsstørrelsens

kilde sluttet direkte til reguleringsstrækningen, og den adskilles igen fra denne ved hver impulspause. Da imidlertid kilden skal være beregnet på det største behov, og der skal ske en hurtig udregulering, er ladetidskonstanten tilsvarende lille. Afladetidskonstanten er derved altid større end ladetidskonstanten, så at reguleringsstrækningens karakteristik får det nævnte degressive forløb. Anvendes der til reguleringen en kendt direkte reguleringskreds med proportional regulering og impulsbreddemoduleret indstillingsstørrelse, kræver den degressive reguleringsstrækningskarakteristik et stort proportionalområde eller en stærk indskrænkning af indstillingsområdet. Resultatet er utilfredsstillende, den blivende reguleringsafvigelse bliver for stor. Det er kendt at afhjælpe denne mangel ved, at reguleringen vælges med et yderligere integralt indstillingsværdiforhold. Efterindstillingstiden for reguleringskredsen afstemmes med reguleringsstrækningens afladetidskonstant. Da imidlertid indstillingsværdien derved forsinkes meget, opnås der en træg regulering. Indstillingsværdien forandrer sig langsomt, og udligningen sker ikke på den hurtigst mulige tid. Vendingen af indstillingsværdien sker forsinket med reguleringsstrækningens forsinkelsestid og fører til oversving. Reguleringskredsen bevirker en stadig ændring af reguleringssignalets faseforskydning og fremmer reguleringskredsens tilbøjelighed til selvsving. Indstillingen af reguleringsparametrene er kritisk og vanskelig. Den nævnte løsning kræver en stor indsats med hensyn til den rigtige konstruktion og justering og de nødvendige indretninger. Fejlmulighederne er tilsvarende store.

Med opfindelsen tilsigtes der tilvejebragt en reguleringsindretning af den indledningsvis nævnte art, ved hvilken ulemperne ved den beskrevne reguleringskreds fjernes, som reagerer særlig hurtigt og ikke har tilbøjelighed til selvsving. Dette er ifølge opfindelsen opnået ved, at der anvendes en direkte reguleringskreds med progressiv karakteristik, idet et omkoblings-

organ, der styres med indstillingsselementet af indstillingsstørrelsens polaritet og/eller en værdi af indstillingsstørrelsens amplitude, varierer ledningsevnen af den statiske del af en reguleringsforstærkers for-
5 sinkede tilbageføring eller værdien af den indførte tilbageføringsstørrelse og dennes virkningsretning i forhold til reguleringsdifferensen.

Ved en progressiv karakteristik, som viser indstillingsstørrelsen som funktion af reguleringsafvigelse-
10 sen, tiltager indstillingsstørrelsen mere end proportionalt ved en tiltagende reguleringsafvigelse.

Opfindelsen går ud fra egenskaberne ved direkte reguleringskredse, f.eks. proportionalreguleringskredse, ved hvilke reguleringsforskellen eller regulerings-
15 afvigelsen står i et direkte forhold til indstillingsstørrelsens indstillingsværdi. Endvidere tages der hensyn til, at de på reguleringsstrækningen indvirkende forstyrrelsesstørrelser ved en lukket reguleringskreds kommer til udtryk i den blivende reguleringsforskel.
20 Reguleringsindretningen ifølge opfindelsen udnytter disse betragtninger og knytter hver værdi af reguleringsforskellen til en bestemt stigning af den progressive karakteristik. Indstillingsværdien af impulsbreddemodulationen stiger progressivt med reguleringsafvigelsen.
25 Da imidlertid indstillingsværdiens indflydelse ved voksende behov indvirker stadigt mere degressivt på reguleringsstørrelsen, opnås der næsten en linearisering af reguleringskredsens karakteristik, hvilket kræves for en stabil regulering.

30 Den med reguleringsindretningen ifølge opfindelsen realiserede progressive reguleringskarakteristik har en adaptiv reguleringskreds' fordelagtige egenskaber. Medens der nemlig ved proportionalreguleringskredse kun er mulighed for en bestemt proportionalområdeindstilling med en bestemt karakteristikstigning, ved hvilken
35 der må tages hensyn til de mest ugunstige reguleringsstrækningsforhold, som ellers ville føre til egensvingninger i reguleringskredsen, finder reguleringsdiffe-

rensen ved den adaptive reguleringskreds' progressive reguleringskarakteristik automatisk karakteristika-fsnittet med den endnu stabile stigning. Ved overregulering forskyder reguleringsforskellen, der herved bliver
5 mindre, reguleringsarbejdspunktet til afsnittet med mindre stigning, og ved for stor reguleringsforskel til et afsnit med større stigning. Reguleringsindstillingen bliver herved ukritisk og tillader valg af væsentligt mindre reguleringsforskelsområder.

10 Ifølge opfindelsen findes der et omkoblingsorgan, der styres med indstillingselementet af indstillingsstørrelsens polaritet og/eller en værdi af indstillingsstørrelsens amplitude. Dette omkoblingsorgan varierer ledningsevnen af den statiske del af en regulerings-
15 forstærkers forsinkede tilbageføring eller værdien af den indførte tilbageføringsstørrelse og dennes virkningsretning i forhold til reguleringsdifferensen.

Som bekendt opnås impulsbreddemodulationen af den diskontinuerlige indstillingsstørrelse ved en propor-
20 tionalreguleringskreds ved hjælp af en forsinket tilbageføring. Den derved opnåede reguleringskarakteristik er i vidt omfang lineær. Realiseringen af den progressive reguleringskarakteristik sker ifølge opfindelsen ved omkoblingen af den forsinkede tilbageføring. Herved op-
25 nås der en ændring af reguleringsforstærkningen, og tidskonstanterne for forsinkelseselementerne bliver forskellige. Alt efter amplitudeværdien af den impulsbreddemodulerede indstillingsstørrelse bliver enten den korte tidskonstant med ringe forstærkning eller den lan-
30 ge tidskonstant med stor forstærkning indkoblet. Med omkoblingen vendes virkningsretningen for reguleringsdifferensen. Tilbageføringerne efterligner det forskellige tidskonstantforhold for reguleringsstrækningen, så at der i stedet for en degressiv reguleringskarakteristik
35 stik opnås en progressiv reguleringskarakteristik. For at opnå dette, er under ladeforløbet for reguleringsstrækningen tilbageføringen med den korte tidskonstant virksom og under ladepausen tilbageføringen med den lan-

ge tidskonstant.

Ved opfindelsen udnyttes det forhold, at indstillingsværdien direkte har indflydelse på reguleringsstrækningen. Ved reguleringsstrækningen ifølge opfindelsen kan der derfor uden videre anvendes et indstillingselement med to stillinger. Dette indstillingselement kan endvidere være behæftet med hysteres.

Ved omkoblingen ifølge opfindelsen af tilbageføringen opnås eliminering af hysterese for indstillings-
10 elementet med to stillinger.

En særlig enkel og sikker omkobling af tilbageføringen opnås ved en fordelagtig udførelsesform for opfindelsen ved, at der til den forsinkede tilbageføring findes flere modstande, af hvilke en del, der set
15 fra forstærkerudgangen ligger foran forsinkelseskondensatoren i en som reguleringsforstærker indsat operationsforstærker, er shuntet med en som omkoblingsorgan tjene-
nende diode, hvis gennemgangsretning er koblet således, at den bliver ledende ved aktivering af indstillings-
20 elementet til føddning af reguleringsstrækningen.

Med denne udførelsesform opnås, at omkoblingen kan gennemføres på enkel måde uden mekaniske kontakter.

Reguleringsindretningen ifølge opfindelsen har på grund af det forhold, at dens arbejds punkt ligger inden
25 for indstillingsområdet, den fordel, at den ved direkte regulering uundgåelige blivende reguleringsafvigelse formindskes yderligere. En foretrukken udførelsesform for opfindelsen består i, at beliggenheden af reguleringsarbejds punktet i indstillingsområdet bestemmes ved gen-
30 nemgangsspændingen for dioden eller gennembrudsspændingen for en zenerdiode.

En yderligere forøgelse af progressiviteten af reguleringskarakteristikken opnås ved, at en yderligere del af tilbageførringsmodstandene, der ligger foran for-
35 sinkelseskondensatoren set fra forstærkerudgangen, er shuntet med en koblingskondensator. Herved forkortes den korte tidskonstant yderligere. Dette er fremfor alt nødvendigt, når reguleringsstrækningen har lange for-

sinkelses- eller dødtider.

Opfindelsen forklares nærmere i det følgende under henvisning til tegningen, hvor

fig. 1 viser et blokdiagram af en reguleringsind-
5 retning ifølge opfindelsen,

fig. 2 principkoblingen af en elektrisk reguleringsindretning ifølge opfindelsen, og

fig. 3 et diagram, der viser indstillingssignalets afhængighed af reguleringsafvigelsen.

10 Den i blokskemaet i fig. 1 viste reguleringsindretning omfatter en forstærker 1, en omskifter 2, et tilbageføringsnetværk 3 med en kanal 4 til realisering af en kort tidskonstant og en kanal 5 til realisering af en lang tidskonstant, et sammenligningssted
15 6 og et indstillingselement 7 med to stillinger. Endvidere viser fig. 1 reguleringsstrækningen med lager-elementer 8, med indstillingsindgangen Y, reguleringsstørrelsen X, forstyrrelsesstørrelsen Z og en energikilde Q.

20 På sammenligningsstedet 6 dannes reguleringssignalet af reguleringsforskellen mellem bør-værdien og er-værdien for reguleringsstørrelsen X samt tilbageføringsspændingen fra kanalen 4 eller kanalen 5. Ved 6 adderes altså tre spændinger algebraisk, nemlig
25 den fra reguleringsstrækningen 8 tilbageførte er-spænding, som har en positiv polaritet og en størrelse, der er proportional med udgangssignalet fra reguleringsstrækningen 8, styrespændingen eller bør-spændingen Soll, som har en negativ polaritet og en størrelse,
30 der kan indstilles på en værdi, som er proportional med den ønskede værdi af reguleringsstrækningen 8's udgangssignal, samt den nævnte tilbageføringsspænding fra kanalen 4 eller kanalen 5.

Forskellen mellem bør-spændingen og er-spændingen
35 udgør fejls্পændingen, som tydeligvis er proportional med den detekterede systemfejl, og den adderes algebraisk med den over netværket 3 tidsforsinket tilbageførte spænding til dannelse af reguleringssignalet.

Forstærkeren 1 forstærker og inverterer regulerings-
signalet til indstillingssignalet, som er et impuls-
breddemoduleret signal, der tilføres indgangen på om-
skifteren 2 samt indstillingselementet 7, der som
5 antydnet med en punkteret linie også styrer den værdi-
afhængigt koblende omskifter 2. Ved en positiv værdi
af indstillingssignalet tilsluttes kanalen 4 til
punktet 6 og samtidigt over indstillingselementet 7
energikilden Q til reguleringsstrækningen 8. Ved en
10 mindre eller en negativ værdi kobles indstillingssigna-
let derimod til tilbageføringskanalen 5, hvor det
mindskes og føres tilbage med en sådan polaritet, jf.
fig. 1, at det modvirker fejlspændingen, dvs. forskel-
len mellem bør-spændingen og er-spændingen, og bliver
15 virksomt i omvendt virkningsretning på sammenlignings-
stedet 6. Samtidig adskilles kilden Q fra regule-
ringsstrækningen 8. Før eller senere bliver det til-
bageførte signal større eller mindre end regulerings-
differensen mellem bør-værdien og er-værdien, så at der
20 over den inverterende forstærker 1 sker et nyt kip-
agtig polaritetsskift af indstillingssignalet.

Det vil ses, at da forstærkeren 1, f.eks. en
operationsforstærker med differentialindgang, har et
tilbageføringsnetværk med tidsforsinkelse, vil ind-
25 stillingssignalet på forstærkeren 1's udgang skifte
frem og tilbage mellem positiv og negativ polaritet el-
ler mellem værdier over og under en forudbestemt refe-
renceværdi, således at indstillingssignalet på forstær-
kerudgangen er et impulstog, som er impulsbreddemodu-
30 leret i afhængighed af den algebraiske sum af bør-spæn-
dingen og er-spændingen. Dette impulsbreddemodulerede
indstillingssignal bliver i det beskrevne eksempel som
vist i fig. 1 tilført indstillingselementet 7, så-
ledes at det som nævnt også styrer netværket 3's tids-
35 konstant.

Den i principkoblingen i fig. 2 viste elektriske
reguleringsindretning omfatter en operationsforstærker
V, additionsmodstande R1 til bør-spændingen Soll og

R2 til er-spændingen Ist for reguleringsstørrelsen, tilbageføringsmodstande R3, R4 og R5, en forsinkelseskondensator C1, en koblingsdiode D, der tjener det samme formål som omskifteren 2 i fig. 1, og eventuelt en tilbageføringskoblingskondensator C2. Et relæ S tjener som indstillingsselement med to stillinger. Endvidere viser fig. 2 reguleringsstrækningen med lagerelementerne 8, med indstillingsindgangen Y, reguleringsstørrelsen X, forstyrrelsesstørrelsen Z og energikilden Q.

Et koblingspunkt A er reguleringskredsens sammenligningssted. Ved ens bør- og er-spænding og ens additionsmodstande R1 og R2 er der i punktet A mod et strømforsyningsmidterpunkt E kun tilbagefø- ringsspændingen, som tilføres gennem tilbageføringsmodstanden R3. Spændingen i punktet A tilføres den in- verterende indgang på operationsforstærkeren V.

Vokser spændingen i punktet A som følge af en forskel mellem bør-værdi og er-værdi i positiv retning, vil forstærkerudgangsspændingen, indstillingssignalet B, stige i negativ retning på tilsvarende måde på grund af den store forstærkning, indtil driftsspændingen U- næsten er nået. Indstillingsrelæet S er forbundet med positiv driftsspænding U+ og aktiveres derfor. Samtidigt ledes indstillingssignalet B over koblingsdioden D ind i tilbageføringsnetværket.

Først betragtes den statiske del af tilbageføringen med tilbageføringsmodstandene R3, R4 og R5: Disse modstande danner en modkobling og bestemmer derfor i praksis forstærkningen af operationsforstærkeren V. Ved indføring af indstillingssignalet B over dioden D shuntes tilbageføringsmodstanden R5. Forstærkningen, og som følge deraf indstillingssignalet B, mindskes herved. Det herved afaktiverede indstillingsrelæ S falder i overensstemmelse med sin koblingshysterese ud allerede efter en til forstærkningsreduktionen svarende spændingstilbagegang i punktet B. Dette er vist i diagrammet i fig. 3. Med denne foran-

staltning kan hysteresen for indstillingsrelæet S fjernes fuldstændigt, og relæet kan endog bringes til selvaktivering, for ved udfaldende relæ går indstillingssignalet B mod 0 eller videre til et positiv potential, 5 så at dioden D spærres, og forstærkningen forøges ved den derved automatisk indtrædende virkning af tilbageføringsmodstanden R5. Genaktiveringen af indstillingsrelæet S kan principielt ske alene som følge af den automatiske forstærkningsforøgelse. (Hidtil kunne 10 man selv ved uendelig stor forstærkning kun opnå en formindskelse af hysteresen). Med dioden D's gennemgangsspænding kan reguleringsarbejdspunktet forskydes inden for indstillingsområdet. Dette betyder, at der ved udligning af reguleringsdifferensen, altså uden 15 reguleringsafvigelse, allerede indstiller sig et bestemt indstillingssignal, som udtrykkes ved et impulsbreddeforhold.

Ved indføjning af forsinkelseskondensatoren C1 får tilbageføringen en dynamisk karakter. Tilbagefø- 20 ringsvirkningen på punktet A forsinkes tidsmæssigt. Forsinkelsen bestemmes af tidskonstanten for tilbageføringen. Den af indstillingssignalet afhængige omkobling af tidskonstanten sker ligeledes med kobledioden D. Ved hjælp af dioden D, der er ledende ved negativ 25 indstillingssignalværdi, hvorved indstillingselementet S tilslutter kilden Q til reguleringsstrækningen 8, bestemmes tidskonstanten ved R4 og C1. Ved en lille eller positiv indstillingssignalværdi, ved hvilken indstillingselementet S adskiller kilden Q fra regule- 30 ringsstrækningen 8, bestemmer derimod R4+R5 og C1 tidskonstanten. Dioden D er ikke mere ledende. Tilbageføringsmodstanden R5 bliver tilkoblet og forlænger dermed tidskonstanten.

Ved den alt efter indstillingssignalværdien eller 35 indstillingssignalpolariteten forskellige tilbageføringstidskonstant er indflydelsen på impulsbredden anderledes end på impulspausen. Den er ikke lineær og bliver progressiv med tilbageføringsmodstandsforholdet

R5 : R4. Ved tilkobling af en koblingskondensator C2 bliver denne funktion endnu mere progressiv. Herved kan der reguleres reguleringsstrækninger med flere lager-elementer og tilsvarende forsinkelse direkte og uden
5 større reguleringsdifferens.

P A T E N T K R A V

1. Reguleringsindretning til reguleringsstrækninger med lagerelementer (8), hvilken indretning omfatter en
10 reguleringskreds med impulsbreddemoduleret indstillingsstørrelse og et indstillingselement (7, S) med to stillinger, hvis indstilling indvirker direkte på reguleringsstrækningen (8) og forsinket på reguleringsstørrelsen, k e n d e t e g n e t ved, at der anvendes
15 en direkte reguleringskreds med progressiv karakteristik, idet et omkoblingsorgan (2, D), der styres med indstillingselementet (7, S) af indstillingsstørrelsens polaritet og/eller en værdi af indstillingsstørrelsens amplitude, varierer ledningsevnen af den statiske del
20 af en reguleringsforstærkers (1, V) forsinkede tilbageføring eller værdien af den indførte tilbageførlingsstørrelse og dennes virkningsretning i forhold til reguleringsdifferensen.

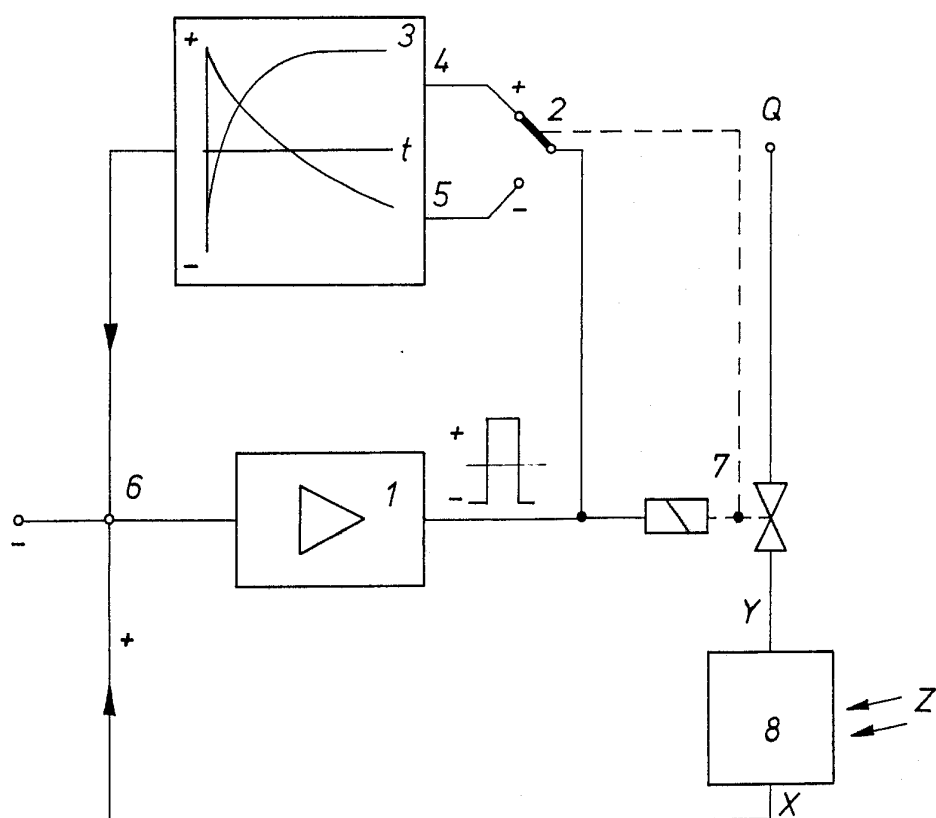
2. Reguleringsindretning ifølge krav 1, k e n d e t e g n e t ved, at der til den forsinkede tilbageføring findes flere modstande (R3 - R5), af hvilke en del (R5), der set fra forstærkerudgangen ligger foran forsinkelseskondensatoren (C1) i en som reguleringsforstærker indsat operationsforstærker (V), er shuntet med
30 en som omkoblingsorgan tjenende diode (D), hvis gennemgangsretning er koblet således, at den bliver ledende ved aktivering af indstillingselementet (S) til fødnings af reguleringsstrækningen (8).

3. Reguleringsindretning ifølge krav 2,
35 k e n d e t e g n e t ved, at beliggenheden af reguleringsarbejdspunktet i indstillingsområdet bestemmes ved gennemgangsspændingen for dioden (D) eller gennembrudsspændingen for en zenerdiode.

4. Reguleringsindretning ifølge krav 2 eller 3,
k e n d e t e g n e t ved, at en yderligere del af til-
bageføringsmodstandene (R4), der ligger foran forsinkel-
seskondensatoren (C1) set fra forstærkerudgangen, er
5 shuntet med en koblingskondensator (C2).

Fremdragne publikationer:

Tyske fremlæggesesskrifter nr. 1223030, 1237827, 1263147
Tysk offentliggørelsesskrift nr. 1673542
USA patent nr. 3131340.

*Fig. 1*

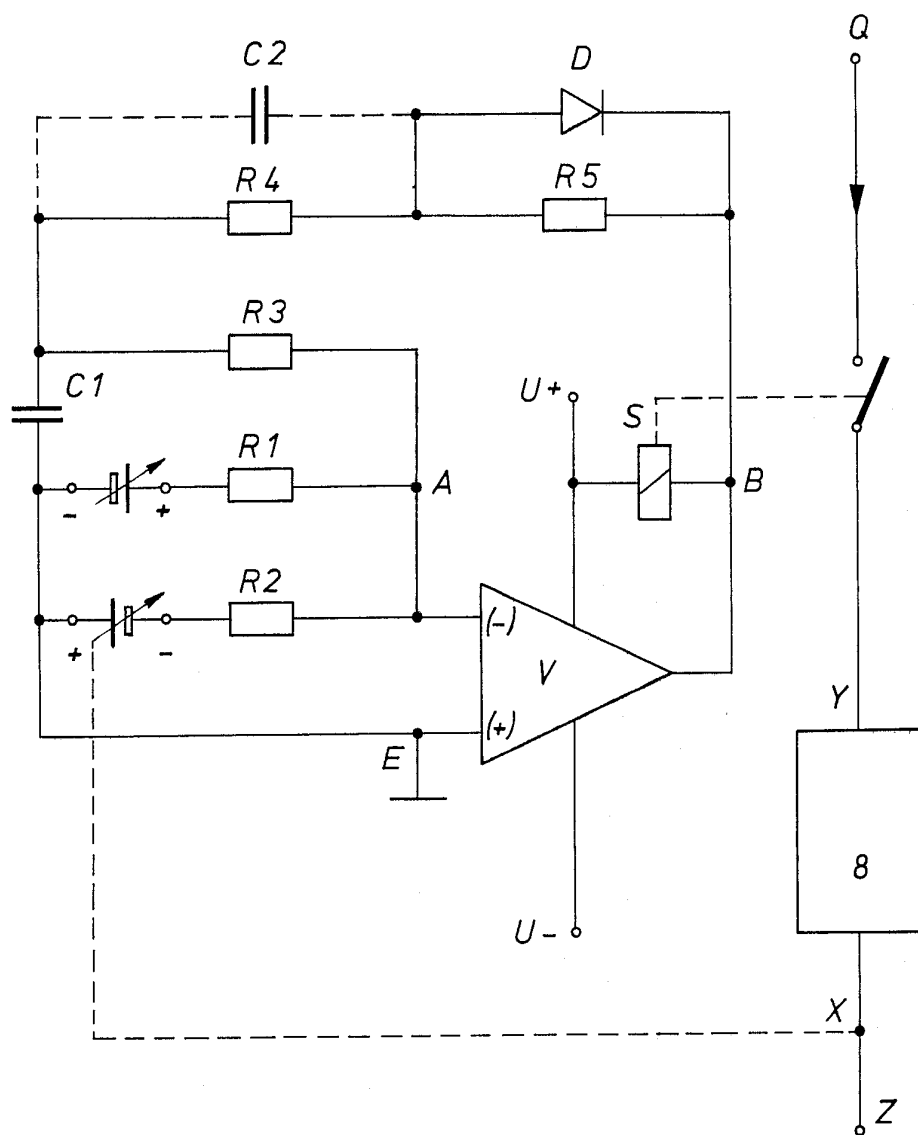


Fig. 2

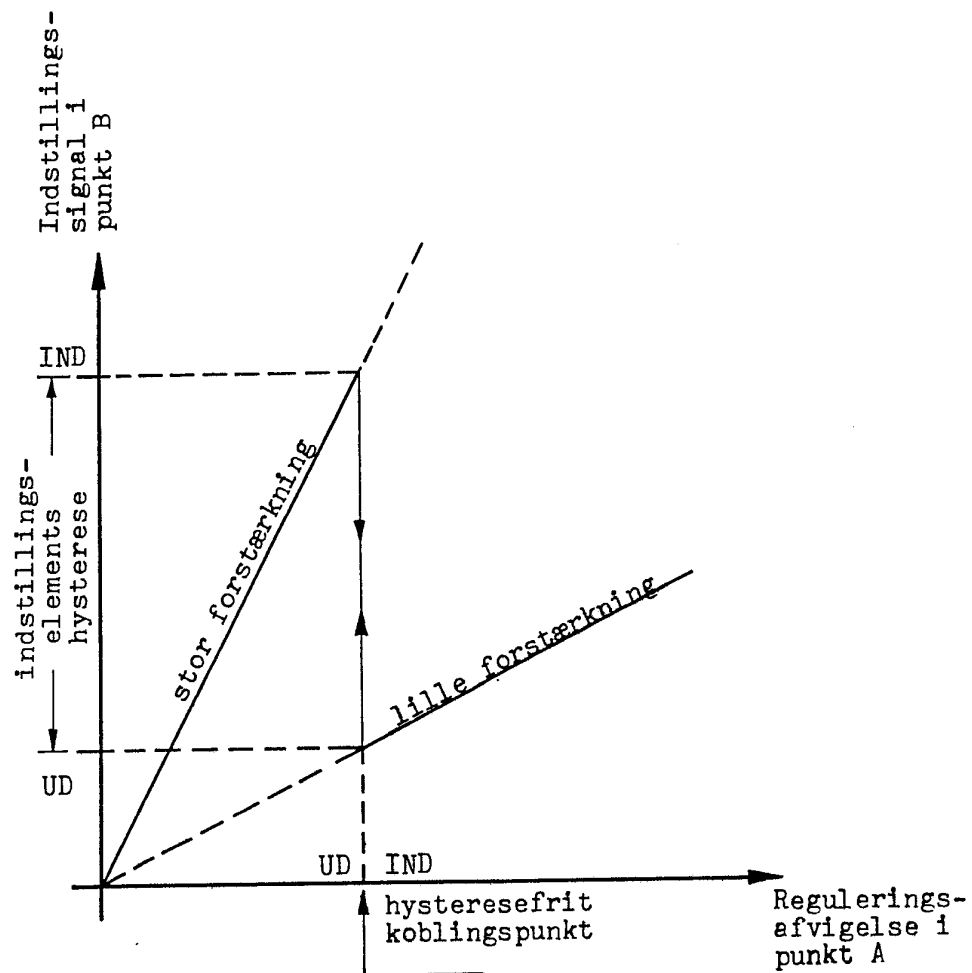


Fig. 3