(19) DANMARK

DIREKTORATET FOR
PATENT- OG VAREMÆRKEVÆSENET

(12) **FREMLÆGGELSESSKRIFT** (11) **146350 B**

(21) Patentansøgning nr.: **2004/75**

(51) Int.Cl.³: **G 05 F 1/66**

(22) Indleveringsdag: **07 maj 1975**

(41) Alm. tilgængelig: **23 nov 1975**

(44) Fremlagt: **12 sep 1983**

(86) International ansøgning nr.: –

(30) Prioritet: **22 maj 1974 DE 2424767**

(71) Ansøger: ***LICENTIA PATENT–VERWALTUNGS–GMBH; 6000 Frankfurt am Main 70, DE.**

(72) Opfinder: **Wolfgang *Keuter; DE.**

(74) Fuldmægtig: **Larsen & Birkeholm A/S Skandinavisk Patentbureau**

(54) **Kobling til kvasikonstant regulering af den aktive effekt til vekselstrømsforbrugere ved hjælp af en tastende statisk vekselstrømsomskifter**

DK 146350 B

Opfindelsen angår en kobling til kvasikonstant regulering af den aktive effekt hos vekselstrømforbrugere ved hjælp af en i afhængighed af en reguleringsspænding tastende statisk vekselstrømkobler med mindst én i hver forbrugerstrømkreds anordnet antiparrallel kobling af to tyristorer, idet tasteforholdet styres som funktion af forbrugerstrømmen og forbrugerspændingen, som er overlejret reguleringsspændingen, og vekselstrømkoblerens tyristorer ved hjælp af en impulsgiver er styret gennem den i et RC-netværk, der bestemmer tasteforholdet og tastefrekvensen, tilførte reguleringsspænding via en synkroniseringsindretning.

Fra det tyske offentliggørelsesskrift DT-OS 2.031.439 kendes et sådant apparat med en indretning, der adskilt fører forbrugerstrømmens og forbrugerspændingens faktiske værdi til den underlejrede regulering, især til temperaturregulering ved opvarmning, ved hvilken indretning tilbageførslen af forbrugerstrømmens faktiske værdi til strømbegrænsningen gøres effektiv ved hjælp af tærskelværdiled. Med dette apparat kan, for så vidt strømbegrænsningen ikke er effektiv, forsyningsspændingens og belastningens svingninger udlignes på tilfredsstillende måde gennem spændingsregulering ved hjælp af ændring af tasteforholdet og/eller tastefrekvensen. En ydelsesregulering er således ikke mulig.

Yderligere er et sådant reguleringsapparat beskrevet i US-PS 34 09 821, med hvilket en udgangsspænding, der også er uafhængig af fasestillingens og frekvensens svingninger, kan opnås gennem fasestyring ved hjælp af et indstillingsled med tyristorer. Herved registreres udgangsspændingen gennem ensretning som en jævnspænding og sammenlignes med en nominel værdi.

Den derved fremkomne reguleringsafvigelse styrer ved hjælp af en savtandsspænding tændimpulsernes fasestilling til indstillingsleddets tyristorer.

Ved dette reguleringsapparat bliver endvidere gennem en strømomformer med efterkoblet ensretning og udglatning og ligeledes ved hjælp af tærskelværdiled forbrugerstrømmens tilbageførsel gjort effektiv som jævnspænding til strømbegrænsningen ved tilstedeværelse af overstrømme, der overskrider en bestemt forudgivet strømstyrke. Dette sker ved, at impulsmodulatoren ved tilstedeværelse af en overstrøm umiddelbart afbrydes af styrekredsløbet. Heller ikke med dette reguleringsapparat er en ydelsesregulering mulig.

Fra tysk offentliggørelsesskrift DE-OS 22 19 229 kendes en fremgangsmåde til bestemmelse af ydelsen, især af korttids vekselstrømme, idet spænding og strøm konstant måles, multipliceres og produktet her integreres over højst nogle få halvperioder. Den herved opnåede integrationsstørrelse føres til en indikatorindretning og kan anvendes som faktisk værdi til ydelsesreguleringen.

Ved de ved industrielle fremgangsmåder forekommende opvarmningsprocesser og varmestyringer optræder variationer i forsyningsspændingen, som fx netspændingsvariationer såvel som belastningsvariationer som forstyrrende påvirkninger. Disse påvirkninger udjævnes ved en temperaturregulering gennem temperaturreguleringens tidskonstant.

Ud fra den erfaring, at sådanne forstyrrende påvirkninger meget hurtigere kan udreguleres gennem en effektregulering end gennem temperaturregulering, der har en vis tidskonstant, er det opfindelsens formål at

anvise en kobling af den angivne art til kvasikonstant regulering af den aktive effekt til vekselstrømsforbrugere, hvor den til forbrugerne tilførte aktive effekt ved indtræffen af forstyrrende påvirkninger ligeledes kan efterreguleres og udlignes ved ændring af tasteforholdet og/eller tastefrekvensen ved hjælp af den statiske vekselstrømsomskifter.

Det opnås ifølge opfindelsen ved, at der er anvendt en modulationskobler, der på kendt måde taster den dobbeltensrettede forbrugerspænding i afhængighed af en strømproportionalt tastemoduleret jævnspænding, der ligeledes er afledet af den dobbeltensrettede forbrugerstrøm og styret ved hjælp af en multivibrator, og at den herved frembragte strømproportionalt tastede ensrettede forbrugerspænding ved hjælp af et filter i RC-netværket, udglattet som forbrugereffektens faktiske værdi, er modkoblet en reguleringsspænding, der repræsenterer forbrugereffektens nominelle værdi, og at den herved fremkomne afvigelse mellem den nominelle og den faktiske værdi er ført til indgangen af en komparator, der er overordnet synkroniseringsindretningen.

En sådan kobling kan udføres med et lille forbrug af komponenter, der fortrinsvis er kommercielle elektroniske småkomponenter, der er udformet som integrerede kredse efter chip-teknikken og sammen med koblingskomponenter anbringes på en monteringsplade. Ifølge opfindelsen kan der som multivibrator anvendes en firdobbelt komparator med en operationsforstærker, hvor den inverterende og den ikke-inverterende indgang hver gennem en tilbagekoblingsmodstand er forbundet med udgangen, og hvor den ikke-inverterende indgang er for-

bundet med delingspunktet på en spændingsdeler, der er koblet til driftsspændingen, og som består af to modstande, og hvor en af den dobbeltensrettede forbrugerstrøm afledede jævnspænding via et RC-led er ført til den inverterende indgang som styrespænding. Ifølge opfindelsen kan der som modulationsomskifter anvendes en af den impulsbreddemodulerede jævnspænding styret koblingstransistor i emitterkobling, hvor den dobbeltensrettede forbrugerspænding føres til kollektor og basis over hver sin modstand.

Med koblingen ifølge opfindelsen opnås, at ved den med det efter tasteprincippet indkoblede svingningstog ved ændring af tasteforholdet foretagne effektregulering vil den ved tastemodulation fremstillede faktiske værdi for den aktive effekt stemme tilstrækkeligt overens med den virkelige aktive effekt ind til en effektfaktor cos φ på 0,7. Dette vil blive forklaret nærmere i slutningen af den følgende beskrivelsen af en udførelsesform for en kobling ifølge opfindelsen.

I det følgende skal opfindelsen forklares nærmere under henvisning til tegningen, hvor

fig. 1 viser en udførelsesform for en kobling ifølge opfindelsen til kvasikonstant regulering af den aktive effekt til en ensfaset vekselstrømsforbruger ved hjælp af en tastende, statisk vekselstrømskobler med en antiparallelkobling af to tyristorer,

fig. 2 viser et diagram for en i afhængighed af forbrugerstrømmen impulsbreddemoduleret jævnspænding, og

fig. 3 viser et diagram for en i afhængighed af forbrugerspændingen i henhold til fig. 2 tastemoduleret, dobbeltensrettet forbrugerspænding.

I fig. 1 er vist en kobling for effektregulatoren adskilt fra forbrugerstrømkredsen. Den er sammensat af en seriekobling af en vekselstrømskilde N, en antiparallelkobling af to tyristorer Th_1 og Th_2 og en forbruger V. De væsentlige bestanddele af effektregulatoren er en i en multivibratorkobling M anvendt operationsforstærker O_1, et som modulationsomskifter MS udformet koblingsled med en koblingstransistor p og en komparator K med en operationsforstærker O_2. Effektregulatoren har en temperaturreguleringskreds, bestående af et regulatororgan R, komparatoren K, et synkroniseringsorgan S, den statiske vekselstrømsomskifter med tyristorerne Th_1 og Th_2 og en temperaturføler F ved forbrugeren V, i hvilken reguleringskreds effektreguleringen overlejres af temperaturreguleringen. Herved dannes der af en reguleringsspænding U_R fra temperaturreguleringen ved udgangen af regulatoren R nominalværdien P_{skal} for forbrugereffekten, hvilken størrelse ved indgangen til komparatoren K modkobles den faktiske værdi P_{er} for forbrugereffekten, der dannes ved udgangen for modulationsomskifteren MS i effektregulatoren. Sammenligningen mellem den nominelle og den faktiske værdi i effektreguleringen gennemføres ved hjælp af komparatoren K.

Den faktiske værdi P_{er} for forbrugereffekten fremstilles efter den såkaldte tids-multipleks metode, d.v.s. ved tastemodulation af den dobbeltensrettede forbrugerspænding U_v proportionalt med den ensrettede værdi I_v af forbrugerstrømmen. Til dette formål indeholder

koblingen med effektregulatoren organer til måling af forbrugerstrømmen og forbrugerspændingen bestående af en transformatorisk strømomformer W, en broensretter G_1 og en strømbelastning B_1 til dannelse af en jævnspænding U_y, der er proportional med den dobbeltensrettede forbrugerstrøm I_v, endvidere af en broensretter G_2 og en belastning B_2 til dannelse af den dobbeltensrettede forbrugerspænding U_v. Jævnspændingen U_y føres til den inverterende indgang til den i multivibratorkoblingen M anvendte operationsforstærker O_1. Denne har en tilbagekoblingsmodstand R_2, og den ikke-inverterende indgang "+" er forbundet med delepunktet for en til forstærkerudgangen koblet spændingsdeler med to modstande, en modstand R_1 og en modstand R_2, samt endvidere med en til driftsspændingen U_B koblet spændingsdeler med modstanden R_1 og en modstand R_4, så at der under driften af operationsforstærkeren O_1 ved tilføring af indgangsspændingen U_y over et RC-led R', C' til den inverterende indgang "÷" ved indgangen "+" dannes et svingende potential, hvis svingningsbredde giver multivibratorkoblingens hysteresespænding U_H. Ved udgangen for operationsforstærkeren O_1 opstår der en tastemoduleret positiv jævnspænding U_A med et tasteforhold, der er proportionalt med amplituden for den øjeblikkelige værdi af indgangsspændingen $\div U_y$. Over modstanden R_2 og en modstand R_3 er indgangene "+" og "÷" koblet til udgangen for forstærkeren O_1. I det i fig. 2 viste diagram udgøres tastemodulationen af multivibratorens indkoblings-pause-tidsforhold $\frac{t}{t}1$. Tasteforholdet for denne modulation er $\frac{t}{t_2}$ defineret som $\frac{t_1}{t_1+t_2}$, idet t_1 er indkoblingstiden, også kaldet tastetiden, og t_2 er pausetiden og T er summen af t_1 og t_2.

Ved konstant tasteforhold består der følgende relationer mellem tærskelværdien U_S og hysteresespændingen U_H for multivibratoren:

$$\frac{t_2}{T} = \frac{2\,U_H}{-2\,U_y} = \frac{U_H}{U_{Am}}$$

$$U_H = U_s \cdot \frac{2\,R_1}{R_1 + R_2} \cdot \frac{t_1}{T} = \frac{2\,U_H}{U_s + 2\,U_y} = \frac{2\,U_H}{U_s - 2\,U_{Am}}$$

hvor U_{Am} betyder den tidsmæssige middelværdi af U_A.

Heraf følger $U_y(t) = \div U_s \cdot \frac{t_1}{2\,T}(t)$

Den tastemodulerede spænding U_A tilføres over en diode D_1 og en modstand R_5 til basis i den som modulationsomskifter MS anvendte koblingstransistor p, der er koblet i emitterkobling. Den over belastningen B_2 dannede forbrugerspænding U_v tilføres over en modstand R_6 til kollektoren og over en modstand R_7 til basis i transistoren p. Parallelt over dennes styrestrækning er der koblet en beskyttelsesdiode D_2. Ved styring af koblingstransistoren p ved hjælp af den tastemodulerede spænding U_A dannes der ved udgangen A for modulationsomskifteren MS for den dobbeltensrettede forbrugerspænding U_v en i takt med tastemodulationen aftastet spænding U_m, hvis diagram er vist i fig. 3. Diagrammerne i fig. 2 og fig. 3 er vist tidsmæssigt under hinanden og har abscisser med samme tidsmålestok. Forbrugerspændingen U_v er moduleret med samme tasteforhold som driftsspændingen U_B for operationsforstærkeren O_1, således at

den tidsmæssige middelværdi $\overline{U}_m$ af den tastemodulerede spænding U_m, der er vist med punkterede linier i fig. 3 er proportional med den faktiske aktive effekt P_v til forbrugeren. Ved hjælp af et med udgangen for modulationsomskifteren MS paralleltkoblet filterled, et RC-serieled med en kondensator C_1 og en modstand R_8, hvilken bestanddel udgør et netværk, der bestemmer tasteforholdet og tastefrekvensen for den statiske vekselstrømsomskifter Th_1, Th_2, udglattes den tastemodulerede spænding U_m. Filterledskondensatoren C_1 får herved en jævnspænding, hvis tidsmæssige middelværdi $\overline{U}_m$ fremstiller den tastemodulerede forbrugerspænding U_m. Netværket indeholder endvidere et filterled med en modstand R_9 og en kondensator C_2, der er koblet foran den inverterende indgang "÷" til en som komparator K anvendt operationsforstærker O_2, hvis ikke-inverterende indgang "+" er forbundet med et referencepotential for den beskrevne kobling som helhed. Endelig indeholder netværket endnu et RC-led R_{10},C_2, der er koblet parallelt med udgangen for temperaturreguleringens regulator R, og hvoraf kondensatoren C_2 er forbundet parallelt med den inverterende indgang "÷" til komparatoren K.

I RC-netværket er jævnspændingen $\overline{U}_m$, der fremstiller den faktiske værdi for forbrugereffekten P_v, modkoblet reguleringsspændingen U_R, der fremstiller effektreguleringens nominelle værdi P_{skal}, så at der til komparatoren K tilføres spændingsdifferensen $U_R \div \overline{U}_m$ som styreværdi til effektreguleringen. Størrelsen og polariteten for denne spændingsdifferens bestemmer tasteforholdet og tastefrekvensen for vekselstrømsomskifteren.

Opfindelsens idé bygger på den forudsætning, at tastemodulationen af den ensrettede forbrugerspænding U_v

kan gennemføres strømproportionalt, så at den tidsmæssige middelværdi $\overline{U}_m$ af den tastemodulerede forbrugerspænding U_m bliver proportional med forbrugereffekten P_v ($\overline{U}_m \sim P_v$). Under denne forudsætning udgør effektregulatoren i den beskrevne kobling et system G med lineære overføringsegenskaber, d.v.s. der består en lineær sammenhæng mellem den ved effektreguleringen tidsmæssigt foranderlige, faktiske effektværdi P_v (t) og reguleringsspændingen U_R (t). Denne sammenhæng kan, da overføringssystemet G har en foranderlig egentid t', nedskrives som en speciel løsning til en lineær differentialligning med konstante koefficienter, (sammenlign fx Baule, Die Mathematik des Naturforschers und Ingenieurs, Band VI, Partielle Differentialligninger, 3. udgave 1950, §11, side 32 og 33).

$$P_v(t) \sim \overline{U}_m(t) = \int_{-\infty}^{\infty} U_R(t) \cdot G(t-t')\,dt'$$

Integralformen af den specielle løsning P_v (t) fremstiller en af størrelserne U_R og G dannet korrelationsfunktion af tiden t (se Wehrmann in Siemens Norma-Tech. Informationen 9 (1972), H.2, side 1 og 2), hvor det er sagt, at ved effektregulering ændres tasteforholdet og/eller tastefrekvensen for den statiske vekselstrømsomskifter i afhængighed af variationer af vekselstrømskilden N og forbrugerbelastningen V. Den ovenfor angivne integralform for løsningen P_v (t) kan også i henhold til Baule (se den angivne litteratur side 42, afsnit 6) omformes til et produkt af den Laplace-transformermerede L af størrelserne U_R (t) og G (t, t').

$$L[P_v(t)] = L[U_R(t)] \cdot L[G(t-t')]$$

$$= \int_0^{\infty} U_R(t) \cdot e^{-\omega t}\,dt \cdot \int_0^{\infty} G(t-t') \cdot e^{-\omega t'}\,dt'$$

Dette produkt viser effektspektret som funktion af vinkelfrekvensen ω af de harmoniske af P_v (t).

Anvendelsen af den ovenfor nævnte strømproportionale tastemodulation af en ensrettet spænding (tids-multipleks modulation) som multiplikationsmetode til fremstilling af en effekt har betydelige fordele frem for multiplikation ved hjælp af en spændingsafhængig forstærker. Anvendelsen af en såkaldt firkvadrant multiplikator kræver fx et vist forbrug til den tilhørende multiplikationskobling, og en yderligere forstærker. Anvendelse af tastemodulation bliver i forhold hertil enklere, da fremstilling af effekten i et kvadrant er tilstrækkelig, og der derfor tilføres ensrettede værdier til multiplikationen.

For til sidst at klargøre, hvor langt i afhængighed af effektfaktoren cos φ den gennem tastemodulationen frembragte størrelse U_m (t) stemmer overens med den aktive del af P_v (t), dannes de dobbeltensrettede størrelser U_v (t) og $B_1 \cdot I_v$ (t) af forbrugerspændingen U_v (t) og belastningsspændingen af forbrugerstrømmen I_v (t) tilnærmelsesvis ved afbrudte Fourierrækker.

$$U_v(t) \cong \frac{2}{\pi} \hat{u}_v \left(1 - \frac{2}{3} \cos 2\omega t\right)$$

$$B_1 \cdot I_v(t) \cong \frac{2}{\pi} B_1 \hat{i}_v \left[1 - \frac{2}{3} \cos (2\omega t + 2\varphi)\right]$$

Den ovenfor definerede jævnspænding U_y er i henhold til fig. 2 identisk med belastningsspændingen $B_1 \cdot I_v$ (t), så at $|U_y(t)|$ kan sættes lig med højre side af udtrykket for $B_1 \cdot I_v$ (t). Den tastemodulerede forbrugerspænding U_m (t) fås ved multiplikation af den ensrettede forbrugerspænding U_v (t) med tasteforholdet

$\frac{t_1}{T}$ (t).

$$U_m(t) = \frac{t_1}{T}(t) \cdot U_v(t) = 2\frac{|U_y(t)|}{U_s} \cdot \frac{2}{\pi} \cdot \hat{U}_v(1-\frac{2}{3}\cos 2\omega t)$$

$$= \frac{8}{\pi^2}\frac{B_1}{U_s}\hat{i}_v\hat{u}_v \cdot \left[1-\frac{2}{3}\cos(2\omega t + 2\varphi)\right]\left[1-\frac{2}{3}\cos 2\omega t\right]$$

Ved integration efter tiden t fås herved den tidsmæssige middelværdi U_m af den tastemodulerede forbrugerspænding U_m (t)

$$\overline{U}_m = \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} U_m(t)d\omega t = \frac{8}{\pi^2}\frac{B_1}{U_s} \cdot \hat{i}_v\hat{u}_v\,(1 + \frac{2}{9}\cos 2\varphi)$$

Til sammenligning af dette resultat med den tidsmæssige middelværdi $\overline{p} = \frac{1}{2}u_v i_v \cos\varphi$ af den aktive effekt til en forbruger med effektfaktoren $\cos\varphi$, der over en med tasteforholdet 1, d.v.s. konstant sluttet vekselstrømsomskifter, får tilført en sinusformet strøm i (t), skal størrelsen U_m ved ren aktiv belastning ($\cos\varphi = 1$) sættes lig den med en sammenligningsfaktor multiplicerede størrelse $\overline{p}$, $U_m = x\overline{p}$. Der findes en relation mellem de konstante størrelser, $\frac{8}{\pi^2} \cdot \frac{B_1}{U_s}\,(1+\frac{2}{9}) = \frac{x}{2}$, hvor begyndelsesværdien $\overline{p}_o$ ved $\varphi = 0$ af den til effektenheden reducerede størrelse $\overline{p}$ (φ) kan erstattes af venstre side. De reducerede effektværdier $\overline{U}$ og $\overline{p}$ som funktioner af φ kan herved sammenstilles på følgende måde,

$$\frac{8}{\pi^2}\frac{B1}{U_s}(1+\frac{2}{9}\cos 2\varphi) \geq \frac{8}{\pi^2}\frac{B_1}{U_s}(1+\frac{2}{9})\cos\varphi$$

Disse vil, som det ses, afvige mere og mere indbyrdes

fra nul med voksende faseforskydning φ .

Ved en ændring i grænseområderne af multivibratoren M og modulationsomskifteren MS kan der opnås en ændring af brøkfaktoren $\frac{2}{9}$, og det har vist sig, at ved en forhøjelse til 0,4 bliver overensstemmelsen af størrelserne $\overline{U}$ og $\overline{p}$ som funktioner af φ optimal. Det kan let eftervises, at overensstemmelsen så vil være tilstrækkelig god indtil en faseforskydning på ca. $\varphi = 45^{o}$.

P A T E N T K R A V

1. Kobling til kvasikonstant regulering af den aktive effekt hos vekselstrømforbrugere (V) ved hjælp af en i afhængighed af en reguleringsspænding tastende statisk vekselstrømkobler med mindst én i hver forbrugerstrømkreds anordnet antiparallel kobling af to tyristorer (Th_1,Th_2), idet tasteforholdet styres som funktion af forbrugerstrømmen og forbrugerspændingen, som er overlejret reguleringsspændingen, og vekselstrømkoblerens tyristorer er styret ved hjælp af en impulsgiver gennem den i et RC-netværk, der bestemmer tasteforholdet og tastefrekvensen, tilførte reguleringsspænding via en synkroniseringsindretning (S) k e n d e t e g n e t ved, at der er anvendt en modulationskobler (MS), der på kendt måde taster den dobbeltensrettede forbrugerspænding (U_v) i afhængighed af en strømproportionalt tastemoduleret jævnspænding (U_A), der ligeledes er afledet af den dobbeltensrettede forbrugerstrøm (I_v) og styret ved hjælp af en multivibrator (M), og at den herved frembragte strømproportionalt tastede ensrettede forbrugerspænding ved hjælp af et filter i RC-netværket (R_8, C_1; R_9, C_2), udglattet som forbrugereffektens (P_v) faktiske værdi, er modkoblet en reguleringsspænding (U_R), der repræsenterer forbrugereffektens nominelle værdi, og at den herved fremkomne afvigelse mellem den nominelle og den faktiske værdi er ført til indgangen af en komparator (K), der er koblet foran synkroniseringsindretningen (S).

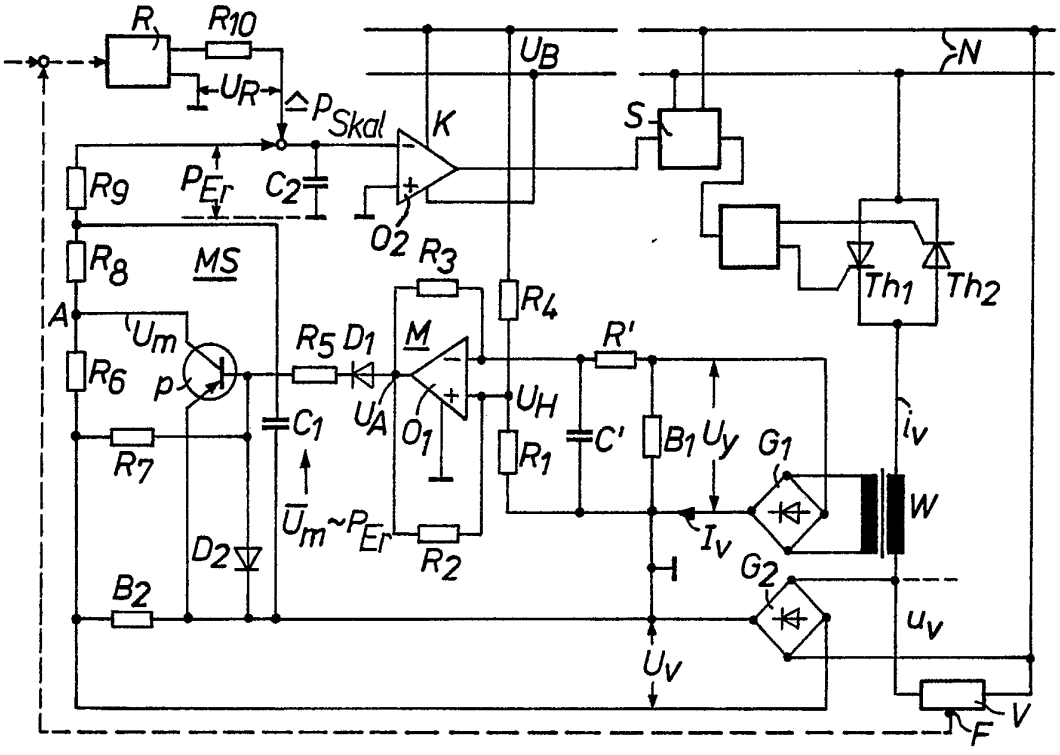
2. Kobling ifølge krav 1, k e n d e t e g n e t ved, at der som multivibrator (M) er anvendt en firdobbelt komparator med en operationsforstærker (O_1), hvor den

inverterende og den ikke-inverterende indgang hver gennem en tilbagekoblingsmodstand (R_3, R_2) er forbundet med udgangen, og hvor den ikke-inverterende indgang er forbundet med delingspunktet på en spændingsdeler, der er koblet til driftsspændingen (U_B), og som består af to modstande (R_1, R_4), og hvor en af den dobbeltensrettede forbrugerstrøm (I_v) afledet jævnspænding (U_y) via et RC-led (R'C') er ført til den inverterende indgang som styrespænding.

3. Kobling ifølge krav 1, k e n d e t e g n e t ved, at der som modulationskobler (MS) er anvendt en gennem den impulsbreddemodulerede jævnspænding (U_A) styret koblingstransistor (p) i emitterkobling, hvor den dobbeltensrettede forbrugerspænding (U_v) er koblet til kollektor og basis via hver sin modstand (R_6, R_7).

Fremdragne publikationer:

FIG.1



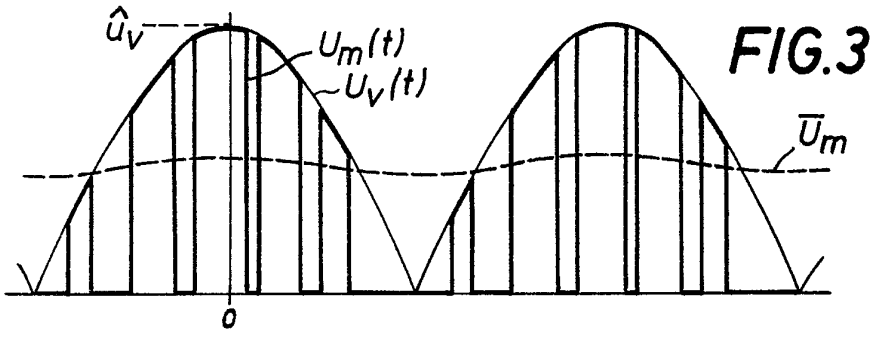


FIG.3

FIG.2

