



MINISTERO DELLO SVILUPPO ECONOMICO
DIREZIONE GENERALE PER LA TUTELA DELLA PROPRIETÀ INDUSTRIALE
UFFICIO ITALIANO BREVETTI E MARCHI

UIBM

DOMANDA NUMERO	101990900153680
Data Deposito	04/12/1990
Data Pubblicazione	04/06/1992

Priorità	P3940569.9
Nazione Priorità	DE
Data Deposito Priorità	

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
H	02	P		

Titolo

DISPOSIZIONE CIRCUITALE PER IL FUNZIONAMENTO DI UN MOTORE SINCRONO POLIFASE SU UNA RETE A TENSIONE CONTINUA.

2046/90/B

BOLOGNA - P.zza Castello 23

Ditta : ROBERT BOSCH GMBH

4 DIC. 1990

con sede a : STOCCARDA (Rep. Fed. di Germania)

-o-o-o-

22285A/90

Stato della tecnica

L'invenzione parte da una disposizione circuitale per il funzionamento di un motore sincrono, presentante un avvolgimento di indotto plurifase, su una rete a tensione continua del genere definito nella definizione introduttiva della rivendicazione 1.

In una nota disposizione circuitale di questo genere per un motore sincrono quadrifase (DE-30 42 819A1) degli inrerruttori del dispositivo di manovra, eseguiti come transistori di potenza, rispettivamente uno è inserito in serie con la fase dell'avvolgimento di indotto qui disposto nello statore del motore sincrono ed è situato fra un terminale della fase dell'avvolgimento ed il potenziale zero. Gli altri terminali della fase dell'avvolgimento dell'indotto sono riuniti a formare un centro-stella, che tramite un interruttore di rete può essere connesso al potenziale positivo della tensione continua di rete.

Il circuito logico di commutazione per comandare con l'esatta sequenza il circuito in cor-

rispondenza con la posizione di rotazione del rotore, preferibilmente eccitato con magneti permanenti, è realizzato mediante comparatori di tensione, organi di correlazione logica e mediante un contatore anulare, le cui uscite parallele di conteggio sono collegate con le entrate di comando dei transistori. Nei comparatori di tensione di volta in volta vengono raffrontate fra di loro le fasi di avvolgimento, ciclicamente consecutive in seguito a transistori bloccati, di tensioni indotte, e di volta in volta viene fornito un segnale di uscita quando la tensione indotta nelle fasi di avvolgimento seguenti ciclicamente è superiore alla tensione indotta nella fase dell'avvolgimento ciclicamente precedente. Questi segnali di uscita dei comparatori di tensione sono correlati logicamente "AND" con segnali di uscita del contatore anulare, e precisamente in modo tale che un segnale di manovra arriva ad un monoflop quando e soltanto quando la fase dell'avvolgimento, seguente ciclicamente la fase dell'avvolgimento con la più alta tensione indotta, è percorsa da corrente mediante apertura dell'associato transistore. L'uscita del contatore anulare, che è collegata con l'entrata di comando di questa valvola di corrente, porta a tale scopo potenziale H. Con il fianco positivo dell'impul-

so di uscita del monoflop viene fatto avanzare il conteggio del contatore anulare, cosicchè a questo punto potenziale H è applicato alla successiva uscita del contatore e il transistor momentaneamente aperto viene bloccato mentre viene aperto il transistor ciclicamente seguente.

In una disposizione circuitale, pure nota, del genere menzionato all'inizio per un motore sincrono trifase (P 37 09 168.9) il circuito logico di commutazione presenta un generatore di segnali di manovra con un convertitore tensione-frequenza, con un organo di avviamento preinserito a questo e con una unità di riavviamento, agente dopo che il motore sincrono si è portato a regime, ed un contatore anulare con tre uscite parallele, che sono collegate con le entrate di comando dei transistori, che sono inseriti nelle fasi dell'avvolgimento di indotto inserite a stella. Gli impulsi rettangolari prodotti dal generatore di segnali di manovra sono presenti come impulsi di conteggio sull'entrata di conteggio o di ritmazione del contatore anulare. Con ogni impulso di conteggio il contatore anulare avanza di un passo, laddove successivamente i potenziali di uscita sulle singole uscite del contatore anulare commutano da L logico ad H e viceversa. Sempre soltanto una uscita di conteg-

gio porta potenziale H.

In entrambe le disposizioni circuitali gli interruttori elettronici vengono comandati con impulsi rettangolari, laddove il fianco (ascendente) positivo dell'impulso di manivra per l'interruttore da commutare verso l'alto coincide con il fianco (discendente) negativo del segnale di manovra per l'interruttore da commutare verso il basso. Una tale disposizione circuitale nel motore sincrono, in combinazione con la disposizione circuitale, chiamata anche motore EC, con la commutazione della corrente, ossia nel passaggio della conduzione di corrente da una fase dell'avvolgimento momentaneamente conduttiva (fase dell'avvolgimento da commutare verso il basso) alla fase dell'avvolgimento successivamente conduttiva (fase dell'avvolgimento da commutare verso l'alto) provoca rumori rilevanti ed è anche causa di radiodisturbi.

Vantaggi dell'invenzione

La disposizione circuitale secondo la invenzione con le caratteristiche della rivendicazione 1 presenta invece il vantaggio che per effetto della sovrapposizione dei segnali di manovra e per effetto della ritmazione dei segnali di manivra nella zona di sovrapposizione, si producono senza perdite

e con andamento preassegnabile, fianchi di commutazione continuamente decrescenti rispettivamente crescenti delle correnti di fase nelle fasi dell'avvolgimento da commutare di volta in volta. Conseguentemente con modesta potenza dissipata di manovra si ottiene una sostanziale riduzione del rumore e si riduce considerevolmente anche la presenza di radio-disturbi. La riduzione del rumore risulta dal fatto che per effetto del fianco della corrente di commutazione, crescente durante l'operazione di commutazione nella fase dell'avvolgimento da commutare verso l'alto, rispettivamente decrescente nella fase dell'avvolgimento da commutare verso il basso, la coppia media non viene commutata ma lentamente comandata, e per il fatto che le azioni dinamiche, provocate dalla corrente crescente in modo rallentato, non si verificano di colpo ma in maniera smorzata. Per effetto di questa "delicata" commutazione si evitano massimi di corrente di commutazione e si sopprimono pertanto radiodisturbi.

Durante l'operazione di commutazione si possono comandare ritmicamente o il segnale di manovra per l'interruttore associato alla fase dell'avvolgimento da commutare verso l'alto, oppure il segnale di manovra per l'interruttore associato alla

fase dell'avvolgimento da commutare verso il basso. Durante il comando ritmico di un interruttore è completamente aperto l'altro interruttore partecipante alla commutazione. Il comando ritmico di un interruttore fa sì che tanto la corrente di fase nella fase dell'avvolgimento da commutare verso il basso diminuisce mediante, quanto anche cresce mediante; preferibilmente linearmente o esponenzialmente, la corrente nella fase da commutare verso l'alto.

La disposizione circuitale secondo la invenzione può essere impiegata senza modifica sia per motori sincroni comandati, sia anche per quelli non comandati, rispettivamente motori EC. L'avvolgimento dell'indotto in tal caso può essere inserito a stella con oppure senza centro-stella portato fuori. Nel primo caso il dispositivo di manovra presenta treointerruttori elettronici inseriti rispettivamente in una delle tre fasi dell'avvolgimento. Nel secondo caso il dispositivo di manovra presenta sei interruttori elettronici riuniti in un ponte, laddove rispettivamente una fase dell'avvolgimento è connessa fra due interruttori consecutivi di uno di tre paralleli circuiti in serie degli interruttori.

Con gli accorgimenti illustrati nelle ulteriori rivendicazioni sono possibili vantaggiosi.

ulteriori sviluppi e perfezionamenti della disposizione circuitale indicata nella rivendicazione 1.

In una forma di realizzazione preferita dell'invenzione il comando ritmico del segnale di manovra viene ricavato raffrontando un segnale di valore effettivo, corrispondente all'andamento di valore effettivo della corrente di fase in almeno una delle fasi dell'avvolgimento da commutare, con un segnale di valore prescritto corrispondente al desiderato andamento di valore prescritto della corrente di fase. Ciò presenta il vantaggio che la necessaria operazione di comando ritmico con solo modesti mezzi tecnico-circuitali può essere ricavata assai semplicemente da un segnale di valore prescritto, ricavabile pure semplicemente, e che senza problemi si può preassegnare un desiderato andamento della corrente di fase durante l'operazione di commutazione.

Il segnale di valore descritto conformemente ad una forma di realizzazione preferita della invenzione viene ricavato mediante carica o scarica di un condensatore, laddove la tensione di carica per il condensatore può essere portata a seguire la corrente di carico del motore sincrono.

Il segnale di valore effettivo viene ricavato dalle correnti di fase delle fasi dell'avvolgi-

mento da commutare di volta in volta. Se ciò conformemente ad una opportuna forma di realizzazione della invenzione avviene per mezzo di resistenze di misurazione nelle fasi dell'avvolgimento di indotto, laddove la tensione misurata prelevata rappresenta il segnale di valore effettivo, allora per il raffronto valore prescritto-valore effettivo si può impiegare una delle tensioni misurate dalle due fasi dell'avvolgimento da commutare. Se conformemente ad un'ulteriore forma di realizzazione dell'invenzione come segnale di valore effettivo si impiega la caduta di tensione sugli interruttori elettrici, eseguiti ad esempio come MOSFET oppure SENSEFET e da commutare di volta in volta, allora per il raffronto valore prescritto-valore effettivo si utilizza la caduta di tensione su quello dei due interruttori di commutazione che non viene comandato ritmicamente durante l'operazione di commutazione. A seconda del fatto che il segnale di valore effettivo è prelevato dalla corrente di fase della fase dell'avvolgimento da commutare verso l'alto oppure da quella da commutare verso il basso, si dovrà adattare corrispondentemente il segnale di valore prescritto e ciò viene realizzato mediante scarica o scarica del condensatore.

Il raffronto valore prescritto-valore ef-

effettivo conformemente ad un'ulteriore forma di realizzazione dell'invenzione avviene per mezzo di un comparatore che fornisce un impulso di manovra quando il segnale di valore prescritto supera il segnale di valore effettivo. Se durante l'operazione di commutazione viene comandato ritmicamente l'interruttore associato alla fase dell'avvolgimento da commutare verso il basso, allora conformemente ad un'ulteriore forma di realizzazione dell'invenzione gli impulsi di comando tramite un circuito logico "OR" vengono forniti all'entrata di comando dell'interruttore. L'altra entrata del circuito logico OR è occupata con il segnale di manovra rettangolare, prodotto dal circuito logico di commutazione ed associato all'interruttore. Con gli impulsi di manovra del comparatore quindi il comando dell'interruttore da commutare verso il basso viene prolungato temporalmente oltre il segnale di manovra prodotto dal circuito logico di commutazione. Durante questo prolungamento del tempo l'interruttore associato alla fase dell'avvolgimento da commutare verso l'alto, è completamente aperto per effetto dell'associato segnale di manovra del circuito logico di commutazione.

Il segnale di attivazione per il comparatore conformemente ad una forma di realizza-

zione dell'invenzione viene ricavato dal fianco
positivo del segnale di manovra per il comando di
commutazione dell'associato interruttore elettronico.

Nello stesso modo si può impiegare anche il fianco
negativo, sincrono, del segnale di manovra. Gli stes-
si fianchi dei segnali di manovra vengono impiegati
anche per attivare la carica rispettivamente la sca-
rica del condensatore produttore il segnale di valo-
re prescritto, poichè la generazione del segnale di
valore prescritto dovrà essere necessariamente sin-
cronizzata con l'operazione di commutazione.

Disegno

L'invenzione è illustrata dettagliatamen-
te in base ad un esempio di realizzazione, rappresen-
tato nel disegno, nella seguente descrizione.

In particolare:

la figura 1 mostra uno schema di una di-
sposizione circuitale per il funzionamento di un mo-
tore sincrono trifase con commutazione elettronica
su una rete a tensione continua (motore EC),

la figura 2 mostra una rappresentazione
dettagliata del dettaglio II nello schema secondo
la figura 1,

la figura 3 mostra un riepilogo tabellare
dell'andamento della commutazione con abbinamento dei

segnali di manovra e dei segnali di valore effettivo,

la figura 4 mostra un diagramma dei segnali di manovra prodotti da un circuito logico di commutazione nella disposizione circuitale in figura 1.

Descrizione dell'esempio di realizzazione

Nello schema rappresentato in figura 1 con 10 è indicato l'avvolgimento trifase dell'indotto del motore sincrono, che con i suoi rami o fasi di avvolgimento u, v, w è sistemato nello statore del motore sincrono. Si è fatto a meno della rappresentazione di un rotore ad esempio a due poli, preferibilmente equipaggiato di magneti permanenti, che ruota nel oppure attorno allo statore del motore sincrono. Le fasi u, v, w dell'avvolgimento sono riunite ad un terminale dell'avvolgimento in un centro-stella e con l'altro terminale dell'avvolgimento sono connesse ad un dispositivo di manovra 11. Il dispositivo di manovra 11 è costituito di sei transistori interruttori T1-T6, che sono riuniti a formare un circuito trifase a ponte di raddrizzatori a due vie. Rispettivamente due transistori T1, T4 rispettivamente T2, T5 rispettivamente T3, T6 sono inseriti in serie. Il circuito-parallelo formato dai tre circuiti-serie dei transistori T1-T6 tramite un interruttore di rete 12 può essere connesso alla tensione continua, indicata

con "+" di una rete di tensione continua. I terminali liberi degli avvolgimenti delle fasi u, v, w sono connessi rispettivamente ad uno dei rami paralleli dei transistori T2-T6, e precisamente alle linee di collegamento che collegano fra di loro i transistori rispettivamente consecutivi T1, T4 rispettivamente T2, T5 rispettivamente T3, T6.

Le entrate di controllo dei transistori T1-T6 tramite amplificatori V1-V6 sono connesse alle uscite di un circuito logico di commutazione 13. Il circuito logico di commutazione 13, che può essere eseguito ad esempio come nel DE-30 42 819A1 oppure DE-A1, in corrispondenza con la posizione di rotazione del rotore in corrispondenza delle sue sei uscite produce segnali di manovra S1-S6, che di volta in volta aprono i transistori T1-T6 durante il periodo in cui essi stanno davanti alla loro entrata di comando, cosicchè nell'associata fase dell'avvolgimento u, v, w compare una corrispondente corrente di fase. L'andamento temporale dei segnali di manovra S1-S6 sulle uscite del circuito logico di commutazione 13 è rappresentato in figura 4 con linea continua. E' riconoscibile che il fianco discendente del segnale di manovra per il transistore momentaneamente sotto corrente ed il fianco crescente del segnale

di manovra per il transistor che immediatamente dopo è sottocorrente, coincidono sincronicamente.

Per ottenere una "delicata" commutazione del motore EC con i vantaggi della riduzione del rumore e dell'eliminazione di massimi di corrente di commutazione, i segnali di manovra S₁-S₆ del circuito logico di commutazione 13 vengono variati per mezzo di un circuito di comando 14, in modo che i due segnali di manovra per i transistori T₁, T₂ rispettivamente T₂, T₃ rispettivamente T₃, T₁, associati alle due fasi di avvolgimento u, v rispettivamente v, w rispettivamente w, u, da commutare di volta in volta, e corrispondentemente per i transistori T₄, T₅ rispettivamente T₅, T₆ rispettivamente T₆, T₄, si sovrappongono fra di loro temporalmente e uno dei due segnali di manovra nell'intervallo di sovrapposizione Δt è comandato ritmicamente, in modo tale che la media della corrente I_u rispettivamente I_v rispettivamente I_w nella fase u, v, w dell'avvolgimento da commutare verso l'alto aumenta, mentre diminuisce nella fase dell'avvolgimento v, w, u da commutare verso il basso, e precisamente qui corrispondentemente all'andamento di una funzione e. La sovrapposizione dei segnali di manovra S₁-S₆ ed il comando ritmico di rispettivamente un segnale di manovra nell'intervallo di so-

14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99
100

vrapposizione temporale Δt sono rappresentati a tratto e punto nella figura 4. Qui la sovrapposizione viene ottenuta mediante prolungamento temporale del segnale di manovra per il transistor T_1-T_6 associato alla fase dell'avvolgimenti u, v, w che di volta in volta va commutata verso il basso. Il comando ritmico del rispettivo segnale di manovra viene ricavato in maniera semplice dal raffronto di un segnale di valore effettivo, corrispondente all'andamento del valore effettivo della corrente di fase I_u, I_v, I_w in almeno una delle fasi da commutare u, v, w dell'avvolgimento, con un segnale di valore prescritto corrispondente al desiderato andamento di valore prescritto della corrente di fase. La fine della sovrapposizione si ottiene quando il segnale di valore prescritto raggiunge un valore preassegnato, indicato in seguito come tensione oreassegnata.

In particolare il circuito di comando 14 presenta sei comparatori K_1-K_6 , le cui uscite tramite rispettivamente un circuito logico "OR" OR_1-OR_6 sono inserite nella linea di collegamento fra le uscite del circuito logico di commutazione 13 e le entrate degli amplificatori V_1-V_6 . In particolare le une entrate dei circuiti logici "O" OR_1-OR_6 sono collegate con rispettivamente una uscita del

circuito logico di commutazione 13, mentre le altre entrate dei circuiti logici "OR" OR1-OR6 sono collegate con rispettivamente una uscita dei comparatori K1-K6. Le uscite dei circuiti logici "OR" OR1-OR6 fanno capo rispettivamente alle entrate degli amplificatori V1-V6, le cui uscite sono connesse alle basi degli associati transistori T1-T6. In ogni comparatore K1-K6 viene effettuato un raffronto fra il segnale di valore effettivo, ricavato dalla corrente di fasi I_u , I_v , I_w di una delle fasi dell'avvolgimento u, v, w, partecipanti all'operazione di commutazione, e il segnale di valore prescritto. Se il segnale di valore prescritto supera il segnale di valore effettivo allora all'uscita del comparatore K1-K6 compare un impulso di manovra, che tramite il circuito logico "OR" OR1-OR6 e l'amplificatore V1-V6 fa capo al corrispondente transistor T1-T6. Questi impulsi di manovra portano ad un prolungamento cadenzato della durata di inserimento del rispettivo transistor T1-T6.

Per ricavare i segnali di valore effettivo in ogni fase u, v, w dell'avvolgimento 10 dell'indotto è inserita una resistenza di misurazione 15, sulla quale compare una tensione misurata U_u , U_v ed U_w , quando la rispettiva fase dell'avvolgi-

u; v, w è conduttiva. La tensione misurata U_u è in primo luogo portata sull'amplificatore di tensione MV1 e-invertita- sull'amplificatore di tensione MV4. Corrispondentemente la tensione misurata U_v è portata sugli amplificatori di misurazione MV2 e MV5 e la tensione misurata U_w è portata sugli amplificatori di misurazione MV3 e MV6. Le uscite degli amplificatori di misurazione MV1-MV6 tramite una unità di abbinamento 16 in esatto abbinamento sono applicate alle une entrate dei comparatori K1-K6. L'unità di abbinamento 16 e il loro collegamento, sequenzialmente corretto, con gli amplificatori di misurazione MV1-MV6 e con i comparatori K1-K6 è rappresentata in dettaglio dalla figura 2.

Il segnale di valore prescritto dei comparatori K1-K6 viene prelevato da un condensatore 17, che con l'inizio di ogni operazione di commutazione subisce cambiamento di carica. La tensione di carica per il condensatore 17 viene in particolare portata a seguire la corrente di carico nell'avvolgimento di indotto 10, ossia la corrente somma delle correnti di fase I_u , I_v , I_w di volta in volta circolanti, per cui fra le uscite dei transistori T4-T6 ed il potenziale nullo della tensione continua è disposta una resistenza 18, la cui caduta di tensione è

applicata su un amplificatore 19. La tensione di uscita dell'amplificatore 19 forma la corrente di carica per il condensatore 17, per cui l'uscita dell'amplificatore 19 tramite un transistor di carica 20 ed una resistenza 21 è connessa al condensatore 17. Un circuito-serie formato da una resistenza 22 e da un transistor di scarica 23, inserito in parallelo al condensatore 17, provvede per la rapida scarica del condensatore 17 al termine della operazione di carica. La tensione preassegnata viene prelevata su un partitore di tensione, che è costituito delle resistenze 24 e 25 ed è inserito in parallelo all'uscita dell'amplificatore 19. Un comparatore 26 raffronta la tensione sul condensatore 17 con la tensione preassegnata e produce un segnale di uscita non appena la tensione del condensatore raggiunge o supera la tensione preassegnata.

Il comando dell'operazione di carica e di scarica del condensatore 17 avviene con un flip-flop RS 27 con comando del fronte. L'uscita Q del flip-flop 27 è collegata con la base del transistor di carica 20, mentre l'uscita $\bar{Q}$ è collegata con la base del transistor di scarica 23, e l'entrata RESET R è connessa alla uscita del comparatore 24. Le uscite del circuito logico di commutazione 13 tramite raddriz-

L'unità di abbinamento 16, che effettua l'esatta scelta di uno dei comparatori K1-K6 corrispondentemente alle fasi u, v, w dell'avvolgimento da commutare di volta in volta ed è rappresentata simbolicamente nella figura 2 per mezzo di sei interruttori doppi, viene comandata dai segnali di manovra S1-S6. Durante il rispettivo segnale di comando

L'unità di abbinamento 16, che effettua l'esatta scelta di uno dei comparatori K1-K6 corrispondentemente alle fasi u, v, w dell'avvolgimento da commutare di volta in volta ed è rappresentata simbolicamente nella figura 2 per mezzo di sei interruttori doppi, viene comandata dai segnali di manovra S1-S6. Durante il rispettivo segnale di comando

S1-S6 che compare, è chiuso il rispettivo interruttore doppio e l'associato comparatore K1-K6 è occupato con il segnale di valore prescritto e con il segnale di valore effettivo. L'abbinamento dei comparatori K1-K6 ai transistori T1-T6 in particolare è combinato in modo che durante la commutazione di volta in volta viene prolungata la durata dell'apertura di quel transistor. T1-6, mediante gli impulsi di manovra dell'associato comparatore K1-K6, che è associato alla fase dell'avvolgimento u,v,w che di volta in volta va commutata verso il basso. Il segnale di valore effettivo addotto a questo comparatore K1-K6 dall'unità di abbinamento 16 è prelevato dalla corrente di fase I_u , I_v , I_w dell'altra fase di avvolgimento u, v, w che partecipa all'operazione di commutazione. L'abbinamento dei segnali di manovra S1-S6 ai transistori da commutare T1-T6 ed i segnali di valore effettivo impiegati U_u , U_v , U_w sono elencati in tabella in figura 6.

Se ad esempio sono momentaneamente elettroconduttivi i transistori T3 e T5, cosicchè le correnti di fasi I_w e $-I_v$ circolano attraverso le fasi w, v dell'avvolgimento, allora con il fianco ascendente del segnale di manovra S1 viene comandata l'apertura del transistor T1 ed il comparatore K3 viene

collegato con l'amplificatore MV1 della tensione misurata. L'amplificatore MV1 della tensione misurata fornisce un segnale di valore effettivo, che è ricavato dalla tensione misurata U_u e rappresenta una misura per la corrente di fase I_u circolante nella fase u dell'avvolgimento associata al transistor T1. Con fianco ascendente del segnale di manovra S1 viene impostato il flip-flop 27, per cui il transistor di carica 20 apre e viene caricato il condensatore 17. La tensione del condensatore crescente secondo una funzione $(1 - e^{-t/T})$ tramite l'interruttore doppio chiuso è applicata al comparatore K3. Se il segnale di valore effettivo supera il segnale di valore prescritto, allora tramite il circuito logico "OR" OR3 un impulso di manovra arriva al transistor T3, per cui questo viene aperto per la durata dell'impulso di manovra nonostante l'eliminazione del segnale di manovra S3. In conseguenza dell'apertura del transistor T3 il segnale di valore effettivo scenderà di nuovo al disotto del segnale di valore prescritto e si elimina l'impulso di manovra sul transistor T3. Questa operazione si ripete fino a quando la corrente di fase I_u nella fase di avvolgimento u da commutare verso l'alto ha raggiunto il suo valore finale e la corrente di fase I_w nel-

la fase w dell'avvolgimento da commutare verso il basso è scesa a zero. Poichè il segnale di valore effettivo è portato a seguire il segnale di valore prescritto, l'aumento della corrente di fase I_u nella fase u dell'avvolgimento da commutare verso l'alto e la caduta della corrente di fase I_w nella fase w dell'avvolgimento da commutare verso il basso, avvengono mediamente seguendo una funzione e, come quella preassegnata dall'operazione di carica del condensatore 17. Alla fine del processo di commutazione risultano ora conduttive le fasi u e w dell'avvolgimento, laddove circolano le correnti di fase I_u ed $-I_v$. L'operazione di commutazione è cessata non appena la tensione sul condensatore 17 supera la tensione preassegnata dal partitore di tensione 24 e 25. L'impulso di manovra in tal modo prodotto dal comparatore 26 imposta a ristroso il flip-flop 27, per cui tramite l'uscita Q del flip-flop 27 viene comandata l'apertura del transistor di scarica 23. Il condensatore 17 viene completamente scaricato ancor prima che il successivo segnale di manovra S6 compaia all'uscita del circuito logico di commutazione 13.

La successiva operazione di commutazione avviene con la comparsa del fianco ascendente del

segnale di manovra S6. A questa operazione di commutazione partecipano i transistori T5 e T6 e corrispondentemente le fasi v e w dell'avvolgimento. Con la comparsa del fianco positivo del segnale di manovra S6 il comparatore K5 viene collegato con l'amplificatore di misurazione MV6. Contemporaneamente di nuovo tramite il flip-flop 27 viene avviata la operazione di carica del condensatore 17. Con gli impulsi di manovra, che compaiono, nello stesso modo precedentemente descritto, sull'uscita del comparatore K5, il transistore T5 nonostante l'eliminazione del suo segnale di manovra S5 viene aperto in modo ca-denzato, per cui la corrente di fase $-I_v$ nella fase dell'avvolgimento scende a zero seguendo la funzione e e la corrente di fase $-I_w$ nella fase w dell'avvolgimento aumenta secondo una funzione e da zero al suo valore finale. L'operazione di commutazione è di nuovo cessata quando è raggiunta la tensione finale preassegnata del condensatore 17. Le fasi sotto corren-te dell'avvolgimento sono ora le fasi u e w dell'avvolgimento con le correnti di fasi I_u ed $-I_w$. Gli ulteriori processi di commutazione vanno facilmente completati in base alla tabella riassuntiva in figura 3.

Per un motore EC comandato è possibile comandare il numero di giri variando la corrente di ca-

rico. A tale scopo la corrente di fase viene variata mediante comando ritmico dei transistori T1, T2, T3 oppure dei transistori T4, T5 e T6 durante la loro fase di comando. Nella disposizione circuitale qui descritta è a tale scopo disposto, fra i circuiti logici "OR" OR4-OR6 e l'amplificatore V4-V6 rispettivamente un circuito logico AND 31 che viene comandato con impulsi di comando di frequenza preassegnata. Variando la durata di inserimento relativa di questo segnale di frequenza è possibile influenzare la corrente di carico. Alternativamente i circuiti logici "AND" 31 possono essere disposti anche fra i circuiti logici "OR" OR1 e OR3 e gli amplificatori V1-V3.

L'invenzione non è limitata all'esempio di realizzazione precedentemente descritto. Così nella disposizione circuitale secondo la figura 1 i sei comparatori K1-K6 possono essere sostituiti con un unico comparatore, che rispettivamente mediante adatti multiplatori viene collegato con l'esatto circuito "OR" OR1-OR6 e con l'esatto amplificatore di misurazione MV1 e MV6. Il segnale di valore prescritto può avere un andamento a piacere, ad esempio anche un aumento lineare o caduta lineare. Il segnale di valore effettivo -quando viene rilevato

con una resistenza di misurazione nelle fasi u, w, v dell'avvolgimento, può essere prelevato anche nelle altre delle due fasi di avvolgimento partecipanti all'operazione di commutazione, ossia sulla fase u, v, w dell'avvolgimento che è associata al transistor T1-T6 comandato ritmicamente. Nell'esempio delle figure 1 e 2 ad esempio sul comparatore K1 potrebbe essere applicata anche la tensione misurata U_w , sul comparatore K2 e la tensione misurata U_u e sul comparatore K3 la tensione misurata U_v ecc.

La tensione misurata può essere prelevata anche sulla caduta di tensione degli interruttori di potenza T1-T6 da eseguire quindi ad esempio come transistori bipolari oppure come transistori MOSFET oppure SENSEFET. In questo caso viene utilizzata la caduta di tensione su quel transistor che non viene comandato ritmicamente durante l'operazione di commutazione.

Al posto di produrre gli impulsi di manovra mediante raffronto di un segnale di valore prescritto e di un segnale di valore effettivo per mezzo di un comparatore, per le zone di sovrapposizione si possono preassegnare anche impulsi di manovra di frequenza di ritmazione fissa e durata di inserimento variabile. Questa frequenza di ritmazione viene

sincronizzata preferibilmente con la frequenza di ritmazione per il comando del numero di giri del motore EC.

Alternativamente al comando ritmico del segnale di comando, che avviene nella disposizione circuitale secondo la figura 1, per il transistor da commutare verso il basso, nella zona di sovrapposizione temporale Δt dei segnali di comando, si può comandare ritmicamente anche il segnale di comando per il transistor da commutare verso l'alto. In questo caso il segnale di manovra del transistor da commutare verso il basso dovrà essere prolungato in ragione della zona di sovrapposizione Δt . E' anche possibile comandare ritmicamente entrambi i transistori partecipanti alla commutazione.

Se il centro-stella del dispositivo 10 dell'indotto viene portato fuori e tramite la resistenza 18 viene connesso al potenziale nullo, allora si può fare a meno dei transistori T4-T6.

Il circuito di comando per il comando ritmico di commutazione può essere riunito con il circuito logico di commutazione in modo da formare una unità integrabile. Il circuito di comando 14 opera indipendentemente dal tipo di produzione dei segnali di manovra mediante il circuito logico di commutazione 13.

Il segnale di valore prescritto può essere ricavato anche dall'operazione di scarica del condensatore 17. In questo caso l'uscita Q del flip-flop 27 viene collegata con la base del transistor di scarica 23 e l'uscita $\bar{Q}$ viene collegata con la base del transistor di carica 20. Con i fianchi dei segnali di comando S1-S6 viene quindi aperto il transistor di scarica 23. Il segnale di valore prescritto prelevato dalla tensione del condensatore ha quindi l'andamento di una funzione $e^{-t/T}$. Il transistor di scarica 23 viene bloccato ed in tal modo viene bloccata la operazione di scarica del condensatore 17, quando la tensione del condensatore scende al disotto della tensione preassegnata.

L'invenzione può essere impiegata anche per motori con altro numero di fasi o altra connessione di fasi, ad esempio connessione a triangolo.

RIVENDICAZIONI

1. Disposizione circuitale per il funzionamento di un motore sincrono, presentante un avvolgimento di indotto polifase, su una rete di tensione continua, con un dispositivo di manovra per connettere successivamente le fasi dell'avvolgimento di indotto alla tensione continua di rete, la quale presenta una pluralità di interruttori elettronici associati

Il segnale di valore prescritto può essere ricavato anche dall'operazione di scarica del condensatore 17. In questo caso l'uscita Q del flip-flop 27 viene collegata con la base del transistor di scarica 23 e l'uscita $\bar{Q}$ viene collegata con la base del transistor di carica 20. Con i fianchi dei segnali di comando S1-S6 viene quindi aperto il transistor di scarica 23. Il segnale di valore prescritto prelevato dalla tensione del condensatore ha quindi l'andamento di una funzione $e^{-t/T}$. Il transistor di scarica 23 viene bloccato ed in tal modo viene bloccata la operazione di scarica del condensatore 17, quando la tensione del condensatore scende al disotto della tensione preassegnata.

L'invenzione può essere impiegata anche per motori con altro numero di fasi o altra connessione di fasi, ad esempio connessione a triangolo.

RIVENDICAZIONI

1. Disposizione circuitale per il funzionamento di un motore sincrono, presentante un avvolgimento di indotto polifase, su una rete di tensione continua, con un dispositivo di manovra per connettere successivamente le fasi dell'avvolgimento di indotto alla tensione continua di rete, la quale presenta una pluralità di interruttori elettronici associati

alle singoli fasi dell'avvolgimento, e con un circuito logico di commutazione per comandare con esatta sequenza gli interruttori con segnali di manovra in coincidenza con la posizione di rotazione rotorica del motore sincrono, caratterizzata dal fatto che per commutare fasi dell'avvolgimento (u, v, w), sotto corrente, consecutive, i due segnali di manovra (S_1-S_6) per gli interruttori (T_1-T_6), associati alle fasi di avvolgimento da commutare, si sovrappongono fra di loro temporalmente, nonché dal fatto che almeno uno dei segnali di manovra (S_1-S_6) nella éona di sovrapposizione (Δt) viene comandato ritmicamente in modo tale che il valore medio della corrente (I_u, I_v, I_w) nella fase di avvolgimento da commutare verso l'alto aumenta, mentre diminuisce nella fase di avvolgimento da commutare verso il basso, preferibilmente linearmente oppure secondo una funzione (e).

2. Disposizione circuitale secondo la rivendicazione 1, caratterizzata dal fatto che il comando ritmico del segnale di manovra (S_1-S_6) viene ricavato dal raffronto fra un segnale di valore effettivo, corrispondente all'andamento effettivo della corrente di fase (I_u, I_v, I_w) in almeno una delle fasi da commutare (u, v, w) dell'avvolgimento, ed un segnale di valore prescritto corrispondente al desiderato

andamento prescritto della corrente di fase (I_u , I_v , I_w).

3. Disposizione circuitale secondo la rivendicazione 2, caratterizzata dal fatto che la ampiezza del segnale di valore prescritto è portata a seguire la corrente di carico del motore sincrono.

4. Disposizione circuitale secondo la rivendicazione 2 oppure 3, caratterizzata dal fatto che come segnale di valore prescritto si impiega la tensione di un condensatore (17) durante la sua operazione di carica o di scarica.

5. Disposizione circuitale secondo le rivendicazioni 3 oppure 4, caratterizzata dal fatto che una caduta di tensione, prelevata su una resistenza (18) percorsa dalla corrente somma delle fasi definisce la tensione di carica del condensatore (17).

6. Disposizione circuitale secondo la rivendicazione 5, caratterizzata dal fatto che la tensione del condensatore viene raffrontata con una tensione preassegnata nel rapporto fisso con la tensione di carica, nonché dal fatto che il raggiungimento della tensione preassegnata da parte della tensione del condensatore stabilisce la fine della zona di sovrapposizione (Δt) dei segnali di manovra (S1-S6).

7. Disposizione circuitale secondo le rivendicazioni da 2 fino a 6, caratterizzata dal fatto che il segnale di valore effettivo, formato da una tensione misurata (U_u, U_v, U_w), è prelevata su una resistenza di misurazione (15) in serie alla fase (u, w) dell'avvolgimento.

8. Disposizione circuitale secondo le rivendicazioni da 2 fino a 6, caratterizzata dal fatto che il segnale di valore effettivo è formato dalla caduta di tensione su quello non comandato ritmicamente dei due interruttori elettronici (T1-T6) associati alle fasi di avvolgimento (u, v, w) che di volta in volta vanno commutate.

9. Disposizione circuitale secondo le rivendicazioni da 2 fino a 8, caratterizzata dal fatto che il segnale di valore effettivo e il segnale di valore prescritto possono essere applicati alle entrate di un comparatore (K1-K6), i cui segnali di uscita come segnali di manovra vengono addotti alla entrata di comando dell'interruttore (T1-T6) da comandare ritmicamente.

10. Disposizione circuitale secondo la rivendicazione 9, caratterizzata dal fatto che dal fianco ascendente o dal fianco decrescente del segnale di manovra (S1-S6), prodotto rispettivamente

dal circuito logico di commutazione (13), è ricavato un segnale di comando per l'abbinamento dell'uscita del comparatore all'entrata di comando dell'interruttore (T1-T6) da comandare ritmicamente di volta in volta.

11. Disposizione circuitale secondo la rivendicazione 9, caratterizzata dal fatto che è previsto un numero di comparatori (K1-K6), che corrisponde al numero degli interruttori (T1-T6) e le cui uscite sono collegate indirettamente o direttamente di volta in volta con una delle entrate di comando degli interruttori (T1-T6), mentre le loro entrate sono occupate di volta in volta con il segnale di valore prescritto e con uno dei segnali di valore effettivo di volta in volta ricavati dalle correnti di fase (I_u , I_v , I_w), nonché dal fatto che dal fianco ascendente o discendente del segnale di manovra (S1-S6), prodotto di volta in volta dal circuito logico di commutazione (13), è ricavato un segnale di attivazione per il comparatore (K1-K6) connesso dal lato di uscita allo interruttore (T1-T6) da comandare di volta in volta ritmicamente.

12. Disposizione circuitale secondo la rivendicazione 11, caratterizzata dal fatto che il collegamento delle uscite dei comparatori con le entrate di comando degli interruttori (T1-T6) è attuato

tramite rispettivamente un circuito logico "OR" (OR1-OR6), l'altra cui entrata è connessa a rispettivamente quell'uscita del circuito logico di commutazione (13) sulla quale viene prodotto il segnale di manovra associato all'interruttore (T1-T6).

13. Disposizione circuitale secondo la rivendicazione da 6 fino a 12, caratterizzata dal fatto che la tensione di carica del condensatore (17) tramite un transistor di carica (20) è portata sul condensatore (17), nonché dal fatto che il transistor di carica (20) è comandabile in apertura dal fianco ascendente o discendente del segnale di manovra (S1-S6) di volta in volta prodotto dal circuito logico di commutazione (13), ed è bloccabile mediante la tensione del condensatore al superamento della tensione preassegnata.

14. Disposizione circuitale secondo la rivendicazione 13, caratterizzata dal fatto che in parallelo al condensatore (17) è inserito un transistor di scarica (23) che viene aperto al superamento della tensione preassegnata mediante la tensione del condensatore.

15. Disposizione circuitale secondo la rivendicazione 14, caratterizzata dal fatto che il flip-flop (27) comandato tramite il fianco tramite

la sua entrata è collegato con ognuna delle uscite dei segnali di manovra del circuito logico di commutazione (13), con la sua uscita (Q) è collegato con la base del transistor di carica (20) e con la sua uscita ($\bar{Q}$) è collegato con la base del transistor di scarica (23), nonché dal fatto che un comparatore (26) dal lato di uscita è connesso all'entrata Reset (R) del flip-flop (27) e dal lato di entrata è occupato dalla tensione del condensatore e dalla tensione preassegnata e genera un segnale di uscita, quando la tensione del condensatore raggiunge rispettivamente supera la tensione preassegnata.

16. Disposizione circuitale secondo una delle rivendicazioni da 6 fino a 12, caratterizzata dal fatto che in parallelo al condensatore è inserito un transistor di scarica che è apribile dal fianco ascendente o discendente del segnale di manovra prodotto dal circuito logico di commutazione.

17. Disposizione circuitale secondo la rivendicazione 16, caratterizzata dal fatto che la tensione di carica del condensatore tramite un transistor di carica è portata sul condensatore, che quando si scende al disotto della tensione preassegnata è apribile mediante la tensione del condensatore ed è sbarrabile dal fianco ascendente oppure di-

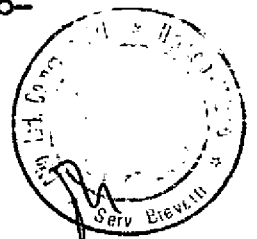
scendente del segnale di manovra (S1-S6) di volta in volta prodotto dal circuito logico di commutazione (13).

18. Disposizione circuitale secondo la rivendicazione 17, caratterizzata dal fatto che un flip-flop con comando sul fianco tramite una sua entrata è collegato con ognuna delle uscite dei segnali di manovra del circuito logico di commutazione, con la sua uscita (Q) è collegato con la base del transistor di scarica e con la sua uscita ($\bar{Q}$) è collegato con la base del transistor di carica, nonché dal fatto che un comparatore dal lato di uscita è connesso all'entrata Reset del flip-flop e dal lato di entrata è occupato dalla tensione del condensatore e dalla tensione preassegnata e genera un segnale di uscita quando la tensione del condensatore scende al disotto della tensione preassegnata.

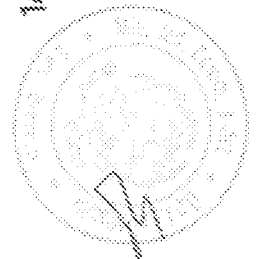
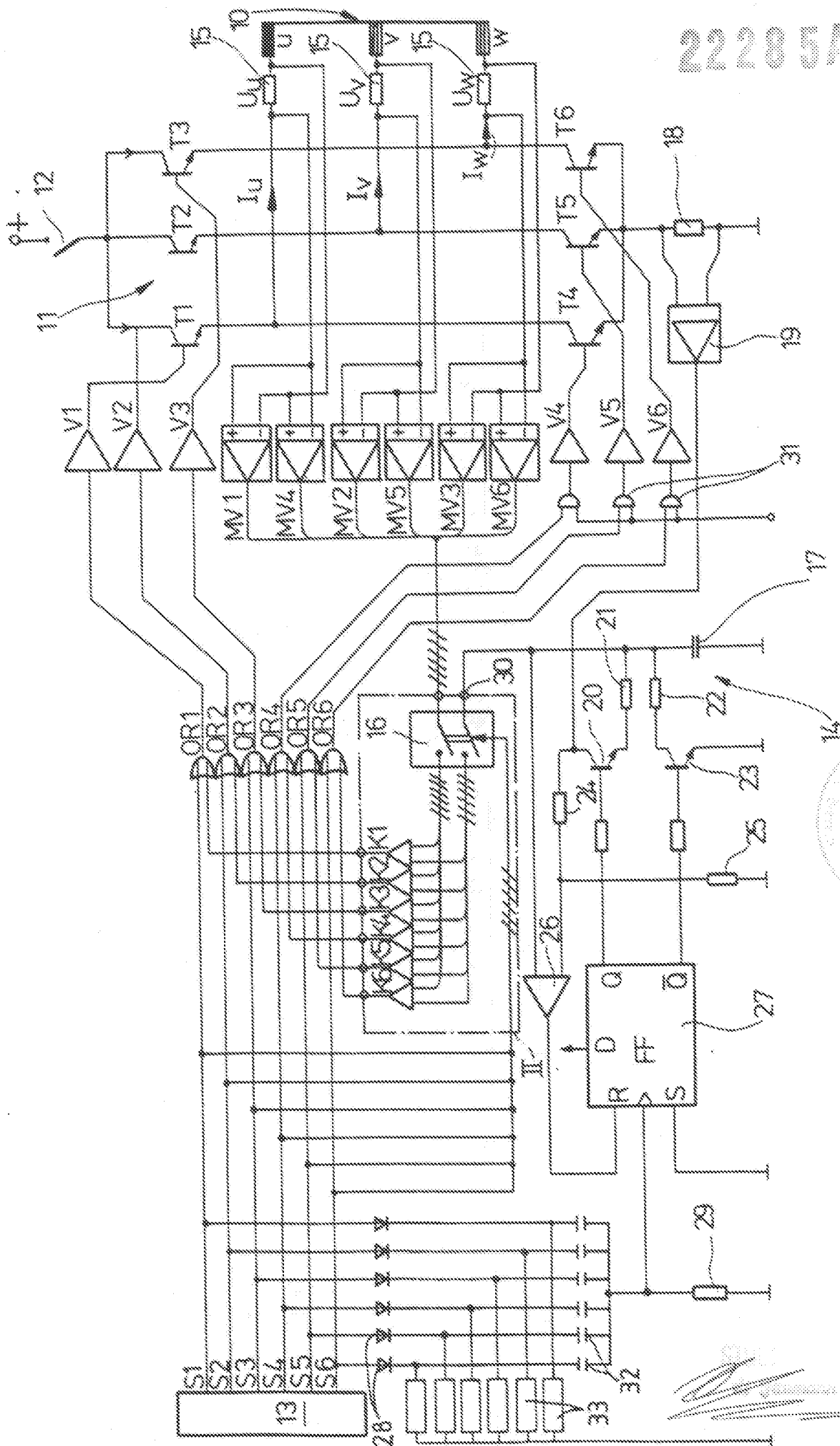
19. Disposizione circuitale secondo una delle rivendicazioni da 8 fino a 18, caratterizzata dal fatto che gli interruttori elettronici (T1-T6) sono eseguiti nella forma di transistori bipolari, Mosfet oppure Sensefet.

Il Mandatario (Paolo Jaumann)
dello

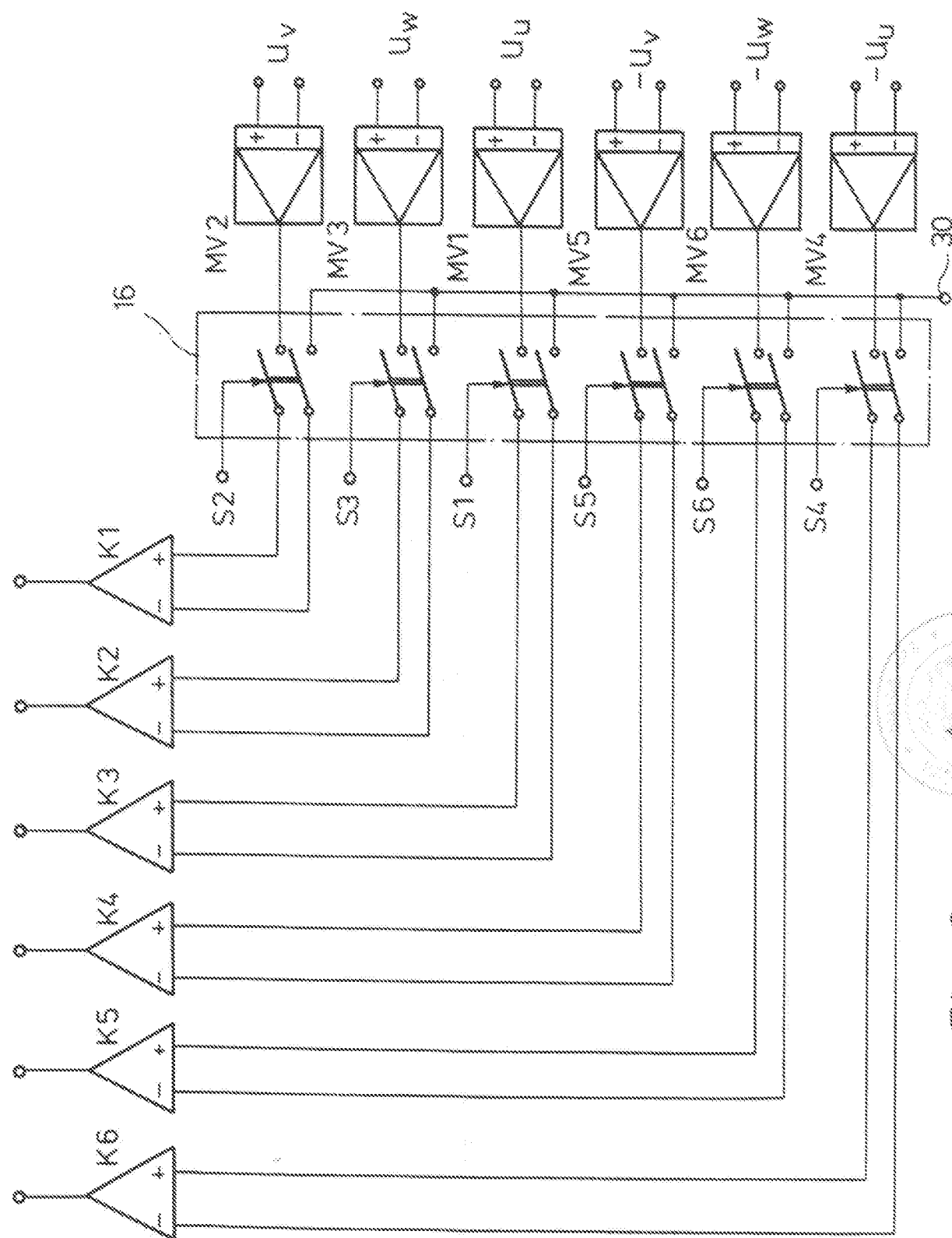
S. C. P. JAUMANN
P. & L. 1988



22285A/90



22285A/90



~~SECRET~~ ~~CONFIDENTIAL~~

22285A/90

Transistori sotto corrente	Correnti di fase	Fianco ascendente del segnale di manovra	Transistore commutante verso l'alto	Transistore commutante verso il basso	Segnale di valore effettivo impiegato
T3/T5	$I_W / -I_V$	S1	T1	T3	U_U
T1/T5	$I_U / -I_V$	S6	T6	T5	$-U_W$
T1/T6	$I_U / -I_W$	S2	T2	T1	U_V
T2/T6	$I_V / -I_W$	S4	T4	T6	$-U_U$
T2/T4	$I_V / -I_U$	S3	T3	T2	U_W
T3/T4	$I_W / -I_U$	S5	T5	T4	$-U_V$
T3/T5	$I_W / -I_V$				

Fig. 3

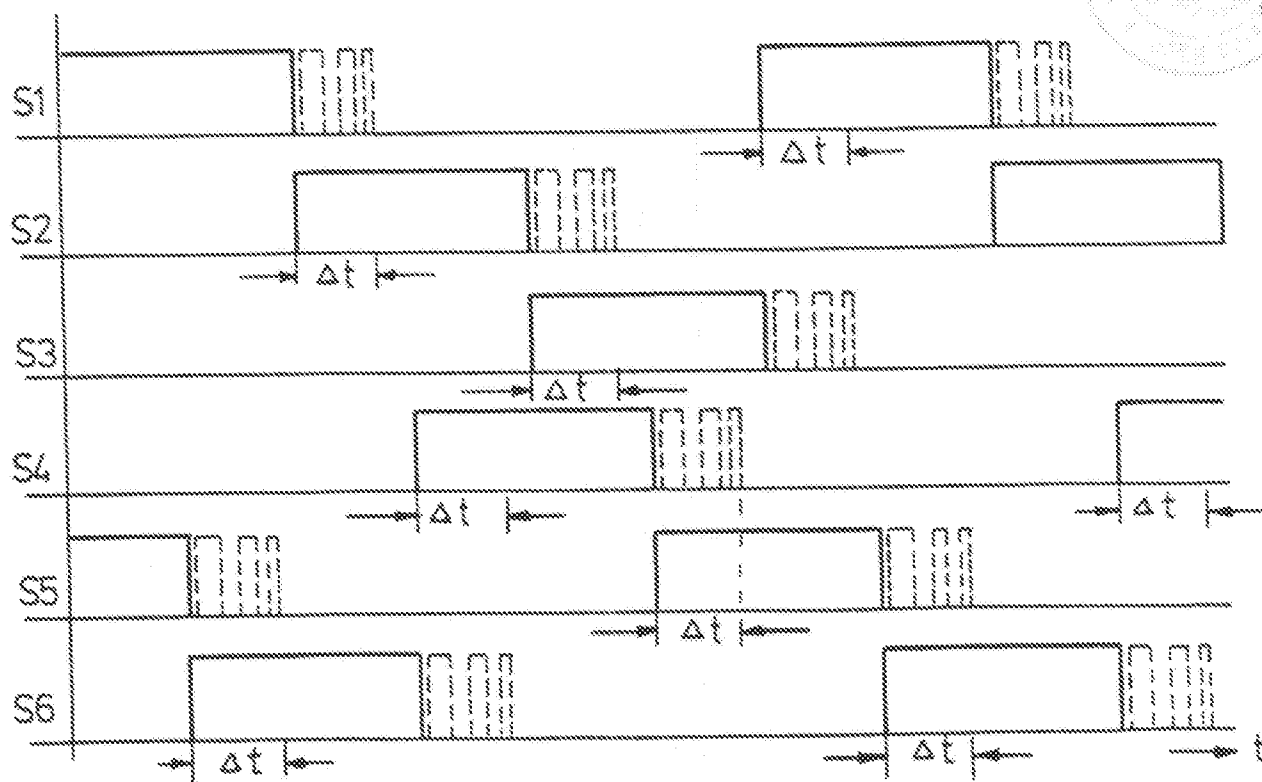


Fig. 4