



Wirtschaftspatent

Erteilt gemäß § 17 Absatz 1 Patentgesetz

ISSN 0433-6461

(11)

208 438

Int.Cl.³

3(51) H 02 P 7/62

AMT FÜR ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21) WP H 02 P/ 2363 043

(22) 28.12.81

(44) 02.05.84

(71) KOMBINAT VEB LOKOMOTIVBAU-ELEKTROTECHN. WERKE "HANS BEIMLER", HENNIGSDORF, DD
(72) BERGER, GOTTHARD, DIPL.-ING.; KORNHAAS, INGOLF, DIPL.-ING.; DD;

(54) VERFAHREN UND SCHALTUNGSANORDNUNG VARIABLER STRUKTUR ZUR STEUERUNG EINER DREHFELDMASCHINE

(57) Die erfindungsgemäße Lösung soll die Realisierung eines hochwertigsten drehzahlgeregelten Drehfeldmaschinenantriebs, zum Zwecke der optimalen Ausnutzung der Maschine ermöglichen. Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Schaltungsanordnung variabler Struktur zur Steuerung einer Drehfeldmaschine zu schaffen, bei der die für die Steuerung der Schaltzustände des Stromrichters erforderlichen Größen über an sich bekannte Modellschaltungen so gewonnen werden, daß systematische Amplituden- und Winkelfehler auf ein Minimum eingeschränkt werden können. Das wird dadurch erreicht, daß die variable Struktur der passiven Netzwerke bei jeder Modellschaltung in Abhängigkeit vom Betrag der augenblicklichen Läuferdrehzahl gebildet wird und daß bei einer Drehzahl oberhalb eines festgelegten Schwellwertes die erste Modellschaltung und bei einer Drehzahl kleiner eines festgelegten Schwellwertes die zweite Modellschaltung die Steuergrößen für den Stromrichter bildet und daß eine gegenseitige Nachführung der passiven Netzwerke der jeweils inaktiven Modellschaltung während des Betriebes vorgenommen wird. Zum besseren Verständnis ist die Schaltungsanordnung gemäß Fig. 1 zur Durchführung des Verfahrens zugrunde zu legen. Fig. 1

Titel der Erfindung

Verfahren und Schaltungsanordnung variabler Struktur zur Steuerung einer Drehfeldmaschine

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Schaltungsanordnung variabler Struktur zur Steuerung einer Drehfeldmaschine, die über einen Stromrichter gesteuert wird, wobei die Stromrichtersteuerung über eine indirekte Erfassung der Komponenten der drei Flußverkettungen der Drehfeldmaschine mittels zweier Modellschaltungen erfolgt.

Charakteristik der bekannten technischen Lösungen

Es ist allgemeiner Stand der Technik, die indirekte Flußerfassung auf der Basis von außerhalb der Drehfeldmaschine meßbaren Größen, wie Statorstrom, Statorspannung, Rotorwinkel und Rotordrehzahl durchzuführen. Dabei wird nach folgenden vier prinzipiellen Varianten für Modellschaltungen unterschieden

(vgl. IFAC Symposium Düsseldorf vom 7.10. - 9.10.1974, Band 1, Seite 635-649):

1. Erfassung der Statorflußverkettung über Statorstrom und Statorspannung;
2. Erfassung der Rotorflußverkettung über Statorstrom und Rotordrehzahl;

3. Erfassung der Statorflußverkettung über Statorstrom, Statorspannung und Rotordrehzahl;
4. Erfassung der Rotorflußverkettung über Statorstrom und Rotordrehwinkel.

Aus der aufgezeigten Literaturstelle geht weiterhin hervor, daß sich die Modellschaltungen 2 und 4 für den unteren und die Modellschaltungen 1 und 3 für den oberen Drehzahlbereich eignen. Außer Modellschaltung 3 wirken die übrigen integrierend, d. h. sie dämpfen Oberschwingungen. Der prinzipielle Nachteil der indirekten Erfassung besteht in der Parameterabhängigkeit der Modellschaltungen. Sie wird hauptsächlich durch die Temperaturabhängigkeit der ohmschen Wicklungswiderstände der Maschine verursacht.

Die nachfolgend beschriebenen Lösungen (DE-AS 26 35 965; 28 33 542; 28 19 789) zeigen Schaltungsvarianten zur Realisierung der Modellschaltungen.

In der DE-AS 26 35 965 wird eine Schaltungsvariante der Modellschaltung 1 beschrieben (unter Verwendung von Statorstrom und Statorspannung). Diese Modellschaltung beinhaltet zwei Integratoren und zwei Nullpunktregler, die während des Anlaufens der Drehfeldmaschine abgeschaltet werden. Die Aufgabe der Nullpunktregler besteht dabei darin, die Drift der Integratoren zu kompensieren. Mit der DE-AS 28 33 542 wurden teilweise folgende Vorteile gegenüber der v. g. Anordnung erreicht:

- Vergrößerung des Drehzahlbereiches, d. h. Drehzahl kleiner als 5 % der Nenndrehzahl;
- Vermeidung von Einschwingvorgängen in der Drehfeldmaschine beim plötzlichen Zuschalten der Nullpunktregler;
- Vermeidung von drehzahlabhängigen Amplituden- und Winkel Fehlern des Flußverkettungsvektors.

Die Erzielung dieser Vorteile erfolgt dabei durch den Einsatz von adaptiven Nullpunktreglern, deren Übertragungsfaktoren proportional der Drehzahl verändert werden. Durch

diese adaptiven Regler ist eine ausreichende Dämpfung von Schwebeerscheinungen, die ausschließlich bei höheren Ständerfrequenzen auftreten, ohne Einschränkung des Drehzahlbereiches gegeben. Die Anwendung der beschriebenen Modellschaltung ist durch folgende Fakten begrenzt:

- Eine Integration von Meßgrößen sehr kleiner Ständerfrequenz, insbesondere von Gleichsignalen, d. h. Ständerfrequenz gleich Null, ist nicht möglich.
- Die zusätzlichen Amplituden- und Winkelfehler, die infolge von temperaturabhängigen Änderungen des Statorwiderstandes der Drehfeldmaschine zustandekommen, beschränken den Betriebsbereich in Richtung kleinerer Drehzahlen, da sie mit kleiner werdender Statorfrequenz zunehmen.

Die DE-AS 28 19 789 zeigt ein Verfahren und eine Schaltungsanordnung zur Steuerung von Asynchronmaschinen, bei dem eine schnelle und unabhängige Steuerung des magnetischen Flusses, des Drehmomentes oder der Winkelbeschleunigung, der Winkelgeschwindigkeit und der Winkelstellung des Maschinenrotors möglich ist.

Zur Realisierung des Verfahrens werden entsprechend abhängige Steuersignale zur Ansteuerung des Umrichters gebildet.

Die zur optimalen Steuerung erforderlichen Signale werden dabei über zwei gleichartige Modellschaltungen gewonnen. Verwendet werden die in der erstgenannten Literaturstelle aufgezeigten Modellschaltungen 1 und 2, wobei der Modellschaltung 2 als Eingangsgröße der Statorstrom und die Rotordrehzahl und zur Vermeidung einer Drehzahlmeßeinrichtung mit Hilfe einer Modellschaltung der Variante 1 eine drehzahlproportionale Größe errechnet wird. Die Ermittlung der Flußverkettung erfolgt hierbei bei gleichzeitigem Betrieb beider Modellschaltungen.

Bei dieser Lösung ist aber ebenfalls von Nachteil, daß bei der Schaltungsvariante der Einbeziehung beider Modellschaltungen die vorher erwähnten zusätzlichen Amplituden- und Winkelfehler der Modellschaltung 1 ebenfalls mit kleiner

werdender Statorfrequenz auftreten. Bei der Beschränkung auf die Motorschaltung 2 zur indirekten Erfassung der Flußverkettung ist zur Realisierung des gesamten Drehzahlbereiches eine sehr genaue Erfassung des Istwertes der Drehzahl erforderlich, wobei der relative Drehzahlfehler zur Vermeidung zusätzlicher Amplituden- und Winkelfehler im Flußsignal mit steigender Drehzahl abnehmen muß.

Ziel der Erfindung

Ziel der Erfindung ist es, die Nachteile der bekannten Lösungen zu vermeiden und die Realisierung eines hochwertigen drehzahlgeregelten Drehfeldmaschinenantriebs zum Zwecke der optimalen Ausnutzung der Maschine zu ermöglichen.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Schaltungsanordnung variabler Struktur zur Steuerung einer Drehfeldmaschine zu schaffen, bei der die für die Steuerung der Schaltzustände des Stromrichters erforderlichen Größen über die Modellschaltungen so gewonnen werden, daß systematische Amplituden- und Winkelfehler auf ein Minimum (auch bei der Drehzahl Null) eingeschränkt werden können.

Die Merkmale der Erfindung bestehen darin, daß die variable Struktur der passiven Netzwerke bei jeder Modellschaltung in Abhängigkeit vom Betrag der augenblicklichen Läuferdrehzahl unter Verwendung derselben aktiven Elemente gebildet wird, wobei die inaktiven passiven Netzwerke von den Eingängen der aktiven Elemente getrennt und auf Nullpotential liegen und daß bei einer Drehzahl oberhalb eines festgelegten Schwellwertes die erste Modellschaltung und bei einer Drehzahl kleiner eines festgelegten Schwellwertes die zweite Modellschaltung die Steuergrößen für den Stromrichter bildet, wobei die Umschaltung hysteresesebenhaftet ausgeführt wird und

daß eine gegenseitige Nachführung der passiven Netzwerke der jeweils inaktiven Modellschaltung während des Betriebes vorgenommen wird. Zum weiteren kann beim Vorliegen eines Drehzahlwertes in Form von Impulsen, deren Frequenz proportional der Drehzahl ist, eine Filterung durch Rückführnetze vorgenommen werden.

Die Schaltungsanordnung zur Durchführung des Verfahrens besteht erfindungsgemäß darin, daß für die Erfassung und Bildung der Komponenten des komplexen Raumvektors der Ständerflußverkettung oder der Luftspaltverkettung oder der Rotorflußverkettung der Aufbau der Eingangsnetzwerke der ersten und der zweiten Modellschaltung den Anfangsbedingungen entsprechend aufgebaut sind und über einen entsprechend aufgebauten Kopplungsblock, beispielsweise einer analogen Vierquadrantenmultipliziereinrichtung, in Verbindung stehen, wobei die Erfassung der einzelnen Komponenten der jeweiligen Flußverkettung über entsprechend ausgebildete Anordnungen angepaßter Netzwerke und Kopplungsblöcke erfolgt.

In weiterer Ausbildung der erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung kann beim Vorliegen eines Drehzahlwertes in Form von Impulsfolgen, deren Frequenz proportional der Drehzahl ist, der Kopplungsblock aus einer Pulsbreitenmultipliziereinrichtung gebildet werden, bei der die erforderliche Filterung durch die Rückführnetzwerke vorgenommen wird. Erfindungsgemäß kann die Pulsbreitenmultipliziereinrichtung weiterhin aus der Information der Drehrichtung und einem drehzahlproportionalen Taktsignal gebildeter Schaltsignale betätigt werden, wobei diese Schaltsignale durch eine logische Verknüpfung der Information über die Drehrichtung mit dem Ausgangssignal eines Monoflops mit konstanter Haltezeit, das mit dem drehzahlproportionalen Taktsignal gesteuert ist, gewonnen werden.

Die erfindungsgemäße Lösung ermöglicht eine genau definierte Ansteuerung des den Verbraucher steuernden Stromrichters, so daß zu jedem Zeitpunkt optimale Betriebsbedingungen der

Drehfeldmaschine gegeben sind. Das wird dadurch erreicht, daß systematische Amplituden- und Winkelfehler im gesamten Drehzahlbereich auf ein Minimum beschränkt werden können, wobei durch die Möglichkeit der gegenseitigen Nachführung der passiven Netzwerke der jeweils inaktiven Modellschaltung Einschwingvorgänge bei der Modellumschaltung unterdrückt werden.

Ausführungsbeispiel

In den zugehörigen Zeichnungen zeigen:

Fig. 1: eine Schaltungsanordnung zur Durchführung erfindungsgemäßen Verfahrens mittels zweier Modellschaltungen und einem Kopplungsblock;

Fig. 2: eine konkrete Schaltungsanordnung zur Bildung der Eingangsnetzwerke für die Erfassung der Ständerflußverkettung;

Fig. 3: eine konkrete Schaltungsanordnung zur Bildung der Eingangsnetzwerke für die Erfassung der Luftspaltflußverkettung;

Fig. 4: eine konkrete Schaltungsanordnung zur Bildung der Eingangsnetzwerke für die Erfassung der Rotorflußverkettung;

Fig. 5: eine konkrete Schaltungsanordnung zur Bildung der Rückführnetzwerke;

Fig. 6: ein als Pulsbreitenmultipliziereinrichtung ausgebildeter Kopplungsblock;

Fig. 7: eine Schaltungsanordnung zur Bildung der Schaltsignale für die Pulsbreitenmultipliziereinrichtung.

Gemäß Fig. 1 werden in den für den entsprechenden Drehzahlbereich bestimmten Modellschaltungen (Schalterstellung 1 und 2; 1. Modellschaltung entspricht Schalterstellung 1 und ist für eine Drehzahl oberhalb eines bestimmten Schwellwertes bestimmt, die 2. Modellschaltung entspricht Schalter-

stellung 2 und ist für eine Drehzahl kleiner des bestimmten Schwellwertes bestimmt) die Steuergrößen für den die Drehfeldmaschine steuernden Stromrichter gebildet. Die Eingänge der Modellschaltung 1 bzw. 2 werden dabei mit den ins α/β -System umgewandelten Größen $-u_{S\alpha}$; $i_{S\alpha}$; $-i_{S\alpha}$ bzw. $-u_{S\beta}$; $i_{S\beta}$; $-i_{S\beta}$ belegt. Jede Teilschaltung wird dabei aus einem mit RC-Netzwerken beschalteten Operationsverstärker gebildet. Die RC-Netzwerke werden dabei aus Eingangsnetzwerken ZE_1 ; ZE_2 und Rückführnetzwerken ZR_1 ; ZR_2 gebildet, wobei innerhalb jeder Teilschaltung mittels gekoppelter Schaltelemente die inaktiven passiven Netzwerke von den Eingängen der aktiven Elemente getrennt sind und auf Nullpotential geschaltet sind. Die Ausgangsgrößen φ_{α} ; φ_{β} bilden die ebenfalls im α/β -System gewandelten Flußverkettungen. Die drehzahlabhängige Kopplung beider Teilschaltungen erfolgt in Schaltstellung 2 dabei über ein Kopplungselement 3 mit seinen Eingangs- bzw. Ausgangsgrößen a bis f und n_{ist} , wobei n_{ist} die Rotordrehzahl darstellt. Die Umschaltung erfolgt dabei hysteresenbehaftet, wobei während des Betriebes eine gegenseitige Nachführung der passiven Netzwerke der jeweils inaktiven Modellschaltung ermöglicht wird.

Figur 2; 3; 4 zeigt den detaillierten Aufbau eines Blockes SFV;LFV; RFV zur Erfassung und Bildung der Komponenten der

- Ständerflußverkettung SFV (Fig. 2);
- Luftspaltflußverkettung LFV (Fig. 3) und
- Rotorflußverkettung RFV (Fig. 4),

wobei die Eingangsnetzwerke ZE_1 ; ZE_2 durch die Gleichung zur Bestimmung der Parameter gekennzeichnet sind und jeder Block weiterhin das Strukturdiagramm des entsprechenden Kopplungsblockes 3 enthält, der als Vierquadrantenmultiplizierer in Form einer Pulsbreitenmultipliziereinrichtung gemäß Fig. 6 Verwendung findet, in der die Rückführnetzwerke ZR_2 gemäß Fig. 5 die erforderliche Filterung vornehmen. Die Pulsbreitenmultipliziereinrichtung gemäß Fig. 6 erhält dabei als Schaltsignale die Ausgangssignale u; v aus einer Einrichtung gemäß Fig. 7.

Gemäß Fig. 7 werden durch eine logische Verknüpfung (Baustein 6) der Information über die Drehrichtung (Drehrichtungsbilder 4) mit dem Ausgangssignal eines Monoflops 5 mit konstanter Haltezeit, das mit dem drehzahlproportionalen Taktsignal gesteuert ist, die Schaltsignale gebildet.

Erfindungsansprüche

1. Verfahren und Schaltungsanordnung variabler Struktur zur Steuerung einer Drehfeldmaschine, ausgehend von den Beschreibungsgleichungen der Drehfeldmaschine mit komplexen Raumvektoren auf der Basis außerhalb der Drehfeldmaschine meßbarer Größen mittels zweier aus Netzwerken aufgebauten Modellschaltungen, wobei die Steuerung unter anderem über die Erfassung der Komponenten des komplexen Raumvektors der Ständerflußverkettung oder der Luftspaltflußverkettung oder der Rotorflußverkettung in der ersten Modellschaltung mittels Statorstrom und Statorspannung und in der zweiten Modellschaltung mittels Statorstrom und Rotordrehzahl erfolgt, um den Schaltzustand des steuernden Stromrichters in einem folgenden Zeitintervall zu bestimmen, gekennzeichnet dadurch, daß die variable Struktur der passiven Netzwerke bei jeder Modellschaltung in Abhängigkeit vom Betrag der augenblicklichen Läuferdrehzahl unter Verwendung derselben aktiven Elemente gebildet wird, wobei die inaktiven passiven Netzwerke von den Eingängen der aktiven Elemente getrennt und auf Nullpotential liegen und daß bei einer Drehzahl oberhalb eines festgelegten Schwellwertes die erste Modellschaltung und bei einer Drehzahl kleiner des festgelegten Schwellwertes die zweite Modellschaltung die Steuergrößen für den Stromrichter bildet, wobei die Umschaltung hysteresesebehaftet ausgeführt wird und daß eine gegenseitige Nachführung der passiven Netzwerke der jeweils inaktiven Modellschaltung während des Betriebes vorgenommen wird.
2. Verfahren und Schaltungsanordnung variabler Struktur zur indirekten Erfassung der Komponenten der drei Flußverkettungen einer Drehfeldmaschine nach Punkt 1, gekennzeichnet dadurch, daß bei Vorliegen eines Drehzahl-

istwertes in Form von Impulsen, deren Frequenz proportional der Drehzahl ist, eine Filterung durch Rückführnetzwerke vorgenommen wird.

3. Schaltungsanordnung zur Durchführung des Verfahrens nach den Punkten 1 und 2 zur indirekten Erfassung der drei Komponenten der Flußverkettungen mittels zweier aus Netzwerken aufgebauter identischer Teilschaltungen von Modellschaltungen, unter Verwendung einer bekannten Struktur eines Kopplungsblockes, gekennzeichnet dadurch, daß für die Erfassung der Komponenten des komplexen Raumvektors der Ständerflußverkettung oder der Luftspaltverkettung oder der Rotorflußverkettung die Eingangsnetzwerke (ZE_1 ; ZE_2) der ersten und der zweiten Modellschaltung (Schalterstellung 1 und 2) den Anfangsbedingungen entsprechend aufgebaut sind und über einen entsprechend aufgebauten Kopplungsblock (3), der als eine analoge Vierquadrantenmultipliziereinrichtung ausgebildet ist, in Verbindung stehen, wobei die Erfassung und Bildung der Komponenten der
 - Ständerflußverkettung mittels einer Anordnung SFV (Fig. 2);
 - Luftspaltflußverkettung mittels einer Anordnung LFV (Fig. 3);
 - Rotorflußverkettung mittels einer Anordnung RFV (Fig. 4)erfolgt.
4. Schaltungsanordnung nach Punkt 3, gekennzeichnet dadurch, daß beim Vorliegen eines Drehzahlwertes in Form von Impulsfolgen, deren Frequenz proportional der Drehzahl ist, der Kopplungsblock (3) aus einer Pulsbreitenmultipliziereinrichtung gebildet wird, bei der die erforderliche Filterung durch die Rückführnetzwerke (ZR_2) vorgenommen wird.

5. Schaltungsanordnung nach Punkt 3 und 4, gekennzeichnet dadurch, daß bei Ausbildung des Kopplungsblockes (3) als Pulsbreitenmultipliziereinrichtung diese aus der Information der Drehrichtung und einen drehzahlproportionalen Taktsignal gebildeter Schaltsignale (u; v) betätigt wird, wobei die Schaltsignale (u; v) durch eine logische Verknüpfung (6) der Information über die Drehrichtungsbildung (4) mit dem Ausgangssignal eines Monoflops (5) mit konstanter Haltezeit, das mit dem drehzahlproportionalen Taktsignal gesteuert ist, gewonnen werden.
6. Schaltungsanordnung nach den Punkten 3 bis 5, gekennzeichnet dadurch, daß nur während des Betriebes bei Schalterstellung für den unteren Drehzahlbereich mittels des Kopplungsblockes (3) eine kreuzweise drehzahlabhängige Kopplung beider Teilschaltungen erfolgt.

Hierzu 4 Blatt Zeichnungen

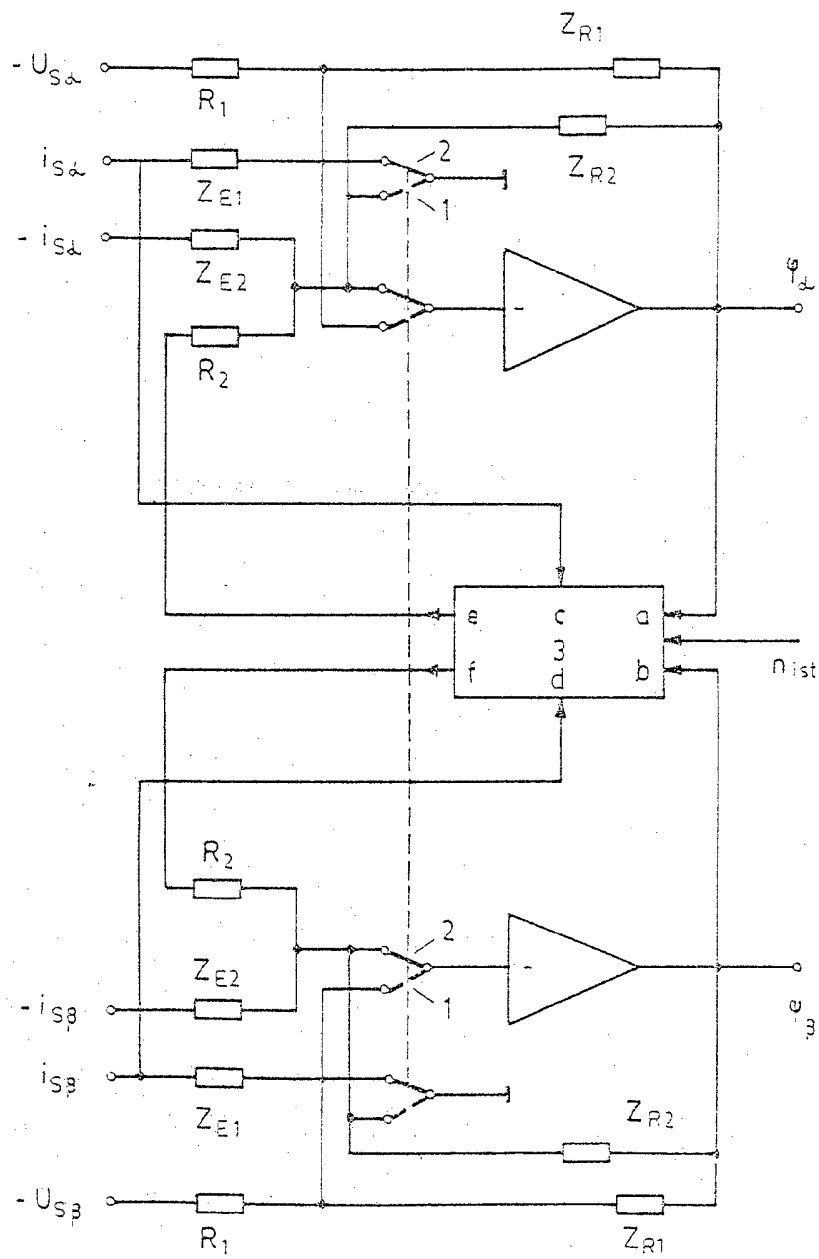


Fig. 1

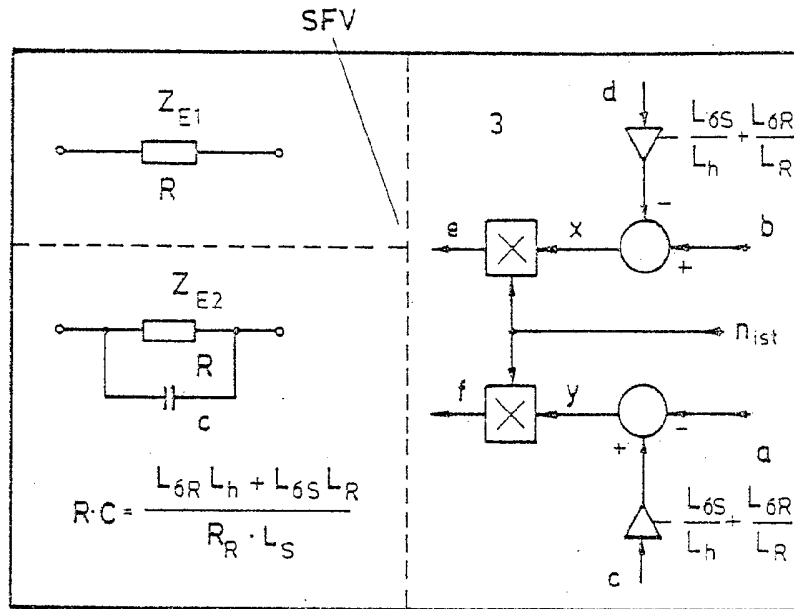


Fig. 2

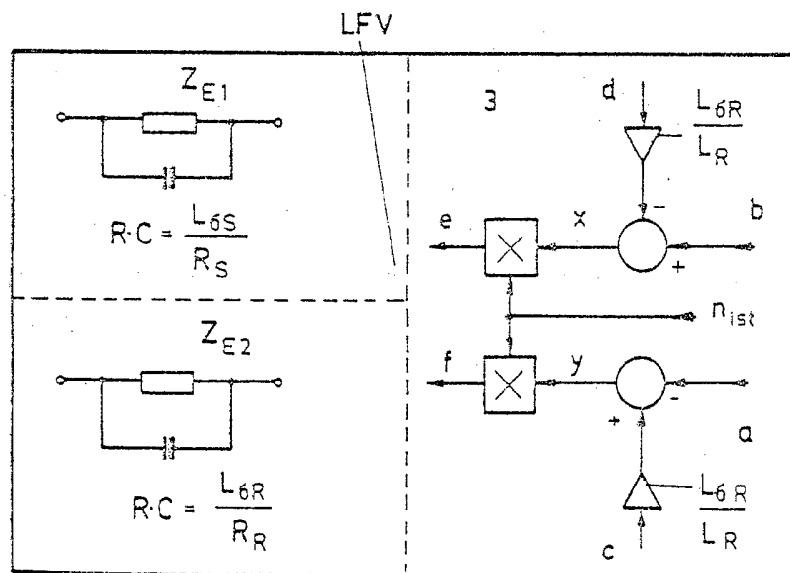


Fig. 3

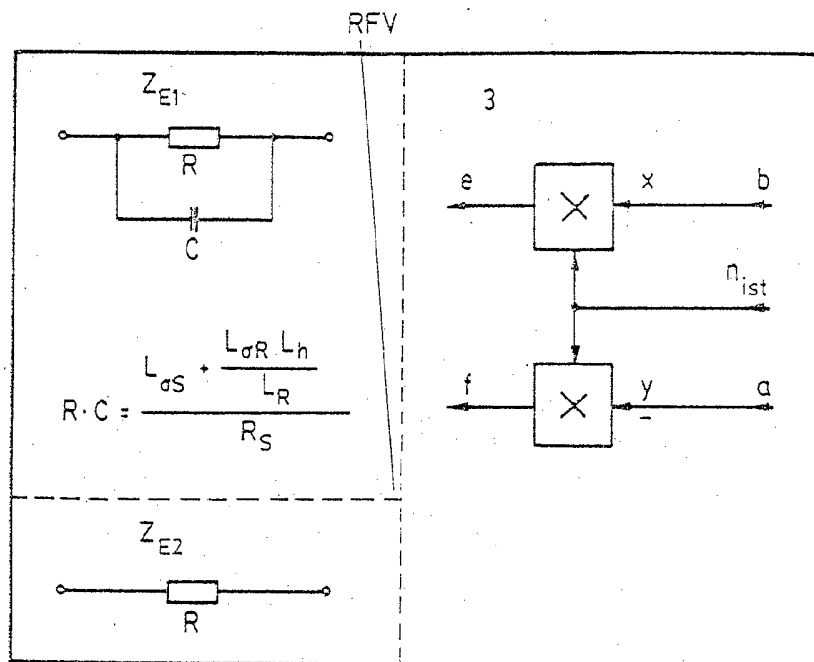


Fig. 4

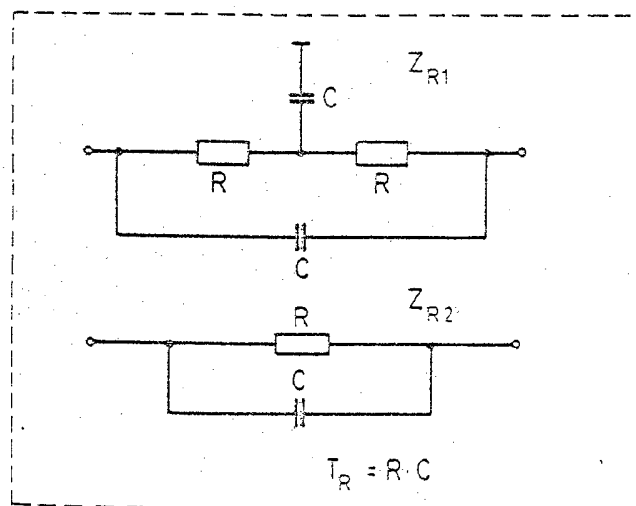


Fig. 5

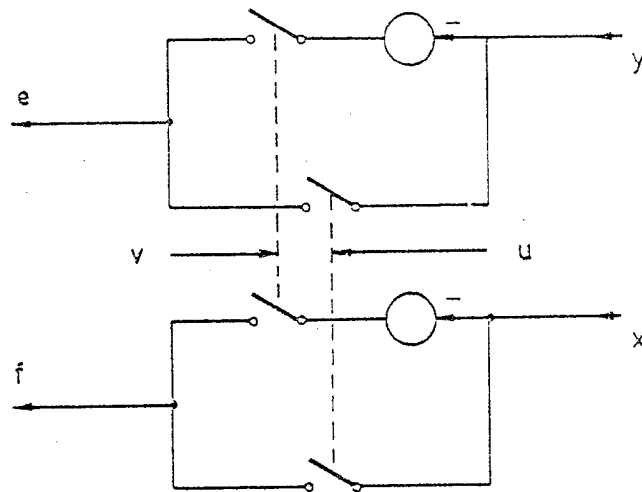


Fig. 6

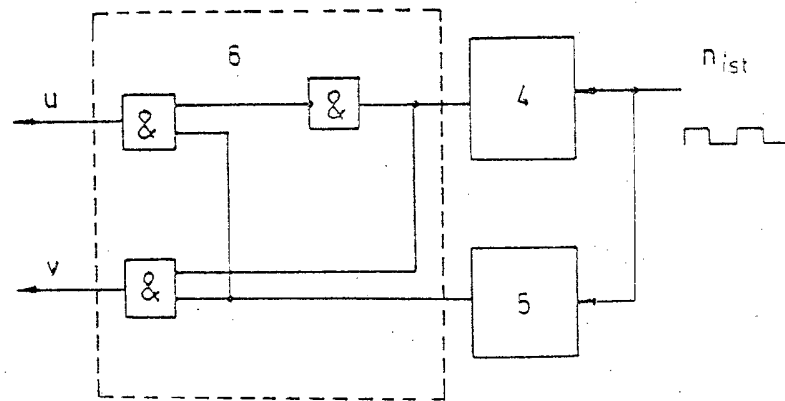


Fig. 7