



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 600 24 487 T2** 2006.07.20

(12)

Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 1 240 709 B1**

(51) Int Cl.⁸: **H02P 1/42** (2006.01)

(21) Deutsches Aktenzeichen: **600 24 487.3**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US00/16104**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **00 941 365.9**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2000/077920**

(86) PCT-Anmeldetag: **13.06.2000**

(87) Veröffentlichungstag

der PCT-Anmeldung: **21.12.2000**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **18.09.2002**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **30.11.2005**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **20.07.2006**

(30) Unionspriorität:

332405 14.06.1999 US

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT,
LI, LU, MC, NL, PT, SE**

(73) Patentinhaber:

**International Controls and Measurements Corp.,
Cicero, N.Y., US**

(72) Erfinder:

**International Controls and Measureme, Cicero NY
13039, US**

(74) Vertreter:

LEINWEBER & ZIMMERMANN, 80331 München

(54) Bezeichnung: **MOTOR-STARTSCHALTUNG UNTER VERWENDUNG DER ZEITLICHEN ÄNDERUNGSRATE EINER BEZUGSGROSSE**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft Einphasen-Wechselstrom-Induktionsmotoren und im Besonderen einen Halbleiter-Motorstartschaltkreis, der beim Starten des Motors den Wechselstromfluss zur Hilfs- oder Startwicklung des Motors regelt.

[0002] Beim Starten benötigen Einphasen-Wechselstrom-Induktionsmotoren das Magnetfeld der Feldwicklungen, um eine zur Erzeugung eines Anlaufmoments ausreichende Drehzahl zu erreichen. Dadurch kann der Rotor die mit der Beschleunigung des Rotors in Zusammenhang stehenden statischen Kräfte und die mit diesen einhergehende Last überwinden. Verschiedene Motoren benötigen beim Starten ein unterschiedlich großes zusätzliches Drehmoment. Auch die notwendige Menge an Hilfsstrom hängt von den Anfangslastbedingungen und der Qualität der Wechselstromleistung ab.

[0003] Der Anker eines typische Einphasen-Wechselstrom-Induktionsmotors ist mit zwei Sätzen an Wicklungen ausgestattet, nämlich mit einer oder mehreren Haupt- oder Betriebswicklungen zum Antrieb des Motors bei normaler Betriebsgeschwindigkeit und eine Hilfs- oder Startwicklung zur Erzeugung des benötigten Anlaufmoments beim Start. Um das notwendige magnetische Drehfeld zum Starten zu erzeugen, ist eine Phasenverschiebungsvorrichtung, wie etwa ein Kondensator, mit der Startwicklung in Serie geschaltet. Während des Startvorgangs werden sowohl die Betriebswicklung(en) als auch die Hilfs- oder Startwicklung(en) erregt, um den Motor auf eine ausreichend hohe Betriebsgeschwindigkeit zu bringen. Zu diesem Zeitpunkt wird entweder die Start- oder Hilfswicklung aus dem Schaltkreis weggeschaltet, sodass der Motor ausschließlich über die Betriebswicklungen läuft, oder mit einem Betriebskondensator verbunden, jedoch vom Startkondensator elektrisch getrennt. Sollte eine starke Last auftreten und die Drehzahl des Motors unter die Nennbetriebsgeschwindigkeit abfallen oder dieser stehen bleiben, so kann die Hilfswicklung wieder zwischengeschaltet werden, um das Drehmoment des Motors zu erhöhen und die erhöhte Last zu überwinden.

[0004] Bei den meisten Einphasen-Wechselstrom-Induktionsmotoren ist die Hilfswicklung so aufgebaut, dass eine aufrechterhaltene Verbindung mit der Netz-Wechselspannung eine Überhitzung oder Beschädigung verursachen kann. Deshalb muss die Startwicklung die Verbindung zu den richtigen Zeitpunkten beim Start und danach herstellen und wieder unterbrechen.

[0005] Aufgrund der relativ kurzen Lebensdauer von Fliehkraftschaltern und anderen elektromechanischen Vorrichtungen verwenden zahlreiche Startschaltkreise Strom- und Spannungsabfühlschaltun-

gen. Diese können Reed-Schalter-/Triac-Kombinationen, wie im US-Patent Nr. 3.766.457 von Fink et al. beschrieben ist, oder eine Stromabsensorwiderstand-basierte Schaltung, wie sie im US-Patent Nr. 3.916.275 von Lewus beschrieben ist, umfassen. Eine weiterer Halbleiter-Motorstartschaltkreis ist im US-Patent Nr. 4.820.964 von Kadah beschrieben, in welchem ein Halbleiterschalter, etwa ein Triac, den Startstrom regelt und der Schalter von einem lichtempfindlichen Element torgesteuert ist. Im US-Patent Nr. 5.589.753 von Kadah verwendet ein Startschaltkreis für einen Einphasen-Wechselstrom-Induktionsmotor einen mit der Hilfswicklung in Serie geschalteten Triac, der als Antwort auf einen Anstieg der zeitlichen Änderungsrate der Hilfsspannung eingeschaltet wird.

[0006] Das US-Patent Nr. 4.843.295 beschreibt ein Halbleiter-Startsystem für Elektromotoren, bei dem das System einen Wert, der dem Rotoranlaufwert des Hauptwicklungsstroms oder der Startwicklungs-spannung entspricht, kalibriert und dann den laufenden Strom oder Spannung mit dem Kalibrierungswert vergleicht. Das US-Patent Nr. 5.296.795 beschreibt ein anderes Halbleiter-Startsystem, das den Triac abschaltet, wenn die Hilfsspannung eine kalibrierbare Ausschaltspannung erreicht hat. Diese Startschaltkreise basieren auf einem Kalibrierungswert und berücksichtigen nicht, dass die Anforderungen an die Erregung der Hilfswicklungen infolge von Änderungen der Motorlast oder Änderungen der Qualität der angelegten Wechselstromleistung variieren kann. Das US-Patent Nr. 5.622.506 beschreibt ein geschwindigkeitsempfindliches, lastempfindliches und gegenüber Schwankungen der Wechselstrom-Netzspannung unempfindliches Motorstartsystem. Das System des US-Patents Nr. 5.622.506 muss sowohl die Netzspannung an der Haupt- oder Betriebswicklung als auch die Hilfsspannung an der Startwicklung messen und schaltet seinen Triac aus, wenn der Spitzenwert der Hilfsspannung den Spitzenwert der Haupt- oder Betriebsspannung überschneidet.

[0007] Es wurden einige vereinfachte Startschaltkreise vorgeschlagen, aber diese müssen alle an den jeweiligen Motor angepasst werden. Typischerweise dienen diese dazu, den Startstrom abzuschalten, sobald die angelegte Spannung, die bei Einschalt- oder Stoßbedingungen während des Startens niedrig ist, einen festgelegten Spannungswert erreicht hat. In einer Variante wird die am Startkondensator auftretende Spannung integriert, was das Gate eines Triac oder einen ähnlichen Schalter abschaltet, wenn die Spannung einen vorbestimmten Pegel erreicht. Ein Taktgeber kann mit dieser Schaltung verwendet werden, um die Startschaltung nach Ablauf einer vorbestimmten Zeitdauer, beispielsweise 300 Millisekunden, abzuschalten. Allerdings kann die Qualität der Eingangsleistung in zahlreichen Situationen schwach sein, d.h. in Situationen der Unterspannung, bei de-

nen die Eingangsspannung den Motor nur äußerst langsam beschleunigt. Auch die Lastbedingungen, die auf denselben Motor einwirken, können sich von Situation zu Situation verändern. Da diese Startschaltungen aber zur Arbeit unter den schlechtest möglichen Bedingungen konstruiert sein müssen, bedeutet dies, dass in den meisten anderen Situationen mehr Startstrom als eigentlich notwendig an die Hilfswicklung angelegt wird, was den Motor beansprucht.

ZIELE UND ZUSAMMENFASSUNG DER ERFIN- DUNG

[0008] Es ist ein Ziel der Erfindung, einen Motorstartschaltkreis für einen Einphasen-Wechselstrom-Induktionsmotor bereitzustellen, der nicht einfach nur darauf beruht, dass eine angelegte Leistung einen vorbestimmten Spannungs- oder Strompegel erreicht, und der für eine große Bandbreite an Motoren, Bedingungen der Leistungsqualität und Lastbedingungen geeignet ist.

[0009] Ein weiteres Ziel der Erfindung besteht in der Bereitstellung eines Motorstartschaltkreises, der einfach und kostengünstig ist und der als Zusatzteil in einen bestehenden Motor eingebaut werden kann.

[0010] Die Aspekte der Erfindung sind in den Ansprüchen 1 und 3 dargelegt. Im Besonderen verwendet ein Motorstartschaltkreis für einen Einphasen-Wechselstrom-Induktionsmotor einen Triac oder ein gleichwertiges Schaltermittel, das mit der Hilfswicklung in Serie geschaltet ist, sodass zum Starten des Motors ein Wechselstrom durch die Hilfswicklung fließen kann. Der Triac schaltet den durch die Hilfswicklung fließenden Wechselstrom ab, sobald der Motor den Betrieb aufgenommen hat. Eine Sensornordnung fühlt entweder den Motorstrom an der Haupt-, der Hilfswicklung oder an beiden oder die Spannung an der Hilfswicklung ab. Der Sensor stellt dann, je nachdem, ein Motorstromsignal oder ein Motorspannungssignal bereit. Eine Torschaltungsanordnung empfängt das Signal und ist mit einem Gate des Triac-Schalters oder Schaltermittels verbunden, um das Hilfsstrommittel abzuschalten, wenn das Signal anzeigt, dass der Motorstrom auf einen vorbestimmten Bruchteil (d.h. 50%) des Anfangsmotorstroms I_{init} oder darunter abgefallen ist, oder alternativ dazu, wenn das Signal anzeigt, dass die Spannung auf einen Bruchteil über die Anfangs- oder Einschaltspannung V_{init} , z.B. auf 150% V_{init} , angestiegen ist. Die hierin verwendete Bezeichnung "vorbestimmt" ist nicht auf einen Fabrikseinstellungswert eingeschränkt sondern kann, je nach Schaltungsaufbau, benutzereingestellt oder automatisch eingestellt werden. Die Bezeichnung "vorbestimmt" kann sich innerhalb des Schutzzumfangs der Erfindung auch auf einen Proportionalwert beziehen.

[0011] Weitere Aspekte der Erfindung sind in den

Ansprüchen 5 und 7 dargelegt. Im Besonderen verwendet ein Motorstartschaltkreis für einen Einphasen-Wechselstrom-Induktionsmotor ein mit der Hilfswicklung in Serie geschaltetes Schaltermittel, damit zum Starten des Motors ein Start-Wechselstrom durch die Hilfswicklung fließen kann, das dann den durch die Hilfswicklung fließenden Wechselstrom abschaltet, sobald der Motor den Betrieb aufgenommen hat. Ein Sensormittel fühlt entweder den Motorstrom oder die Motorspannung ab und stellt dann ein Signal bereit, das die Größe des abgefühlten Motorstroms bzw. der Motorspannung darstellt. Dieses Signal wird einem Differentiator zugeführt, der ein dI/dt -Signal, welches die Zeitrates der Änderung des Motorstroms darstellt, oder ein dV/dt -Signal, welches die Zeitrates der Änderung der Motorspannung darstellt, erzeugt. Ein Torschaltmittel ist bereitgestellt, um das Signal der Änderung der Zeitrates, dI/dt oder dV/dt , zu empfangen, und ist mit einem Gate des Schaltermittels verbunden, um das Schaltermittel auszuschalten, wenn das dI/dt - oder dV/dt -Signal auf einen vorbestimmten Wert oder darunter abfällt (oder alternativ dazu auf einen solchen oder darüber ansteigt). Vorzugsweise wird ein voreingestellter Zeitgeber verwendet, der das Schaltermittel nach einer vorbestimmten Zeitdauer, z.B. 300 Millisekunden bis 1 Sekunde, ab dem Beginn des Fließens des Motorstroms ausschaltet.

[0012] Der Startschaltkreis dieser Erfindung kann mit analogen Standardelementen, d.h. Transistoren, Kondensatoren, Dioden und Widerständen, ausgeführt werden oder aber digital, d.h. in einem Mikroprozessor, umgesetzt werden.

[0013] Die obigen und weitere Ziele, Merkmale und Vorteile dieser Erfindung gehen für Fachleute auf dem Gebiet der Erfindung aus der folgenden detaillierten Beschreibung einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung hervor, wenn diese unter Zuhilfenahme der beigefügten Zeichnungen gelesen wird.

KURZBESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0014] [Fig. 1](#) ist ein Blockdiagramm eines Motorstartschaltkreises, der auf dem Abfallen des Motorstroms auf einen vorbestimmten Bruchteil des Einschaltmotorstroms oder darunter basiert.

[0015] [Fig. 2](#) ist ein Blockdiagramm eines Motorstartschaltkreises, der auf dem Anstieg der Motor(hilfs)spegnung auf einen Pegel, der um einen vorbestimmten Bruchteil über der Einschaltmotorspannung liegt, basiert.

[0016] [Fig. 3](#) ist ein Blockdiagramm eines Motorstartschaltkreises, der auf dem Anstieg der Zeitrates der Änderung der Motorspannung auf oder über eine vorbestimmte Schwelle basiert.

[0017] **Fig. 4** ist ein Blockdiagramm eines Motorstartschaltkreises, der auf dem Abfall der Zeitrates der Änderung des Motorstroms auf oder unter eine vorbestimmte Schwelle basiert.

[0018] **Fig. 5** ist eine graphische Darstellung der Motorstromgröße über der Zeit, die den Anfangseinschaltstrom und den Dauerbetriebsstrom zeigt.

[0019] **Fig. 6** ist eine graphische Darstellung der Motor(hilfs)spannungsgröße über der Zeit, die die Anfangseinschaltspannung und die Dauerbetriebsspannung zeigt.

[0020] **Fig. 7** ist ein Schaltplan einer Ausführungsform dieser Erfindung.

[0021] **Fig. 8** ist ein Schaltplan einer weiteren Ausführungsform dieser Erfindung.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG DER ERFINDUNG

[0022] Mit Bezug auf die Zeichnungen zeigt **Fig. 1** schematisch eine Motorstartschaltung gemäß einer möglichen Ausführungsform dieser Erfindung. Hier ist ein Einphasen-Wechselstrom-Induktionsmotor **10** mit einer Betriebswicklung **12**, die zwischen einem Paar an Wechselstrom-Eingangsleitern angeschlossen ist, und einem Startschaltkreis, in dem eine Hilfs- oder Startwicklung **14** mit einem Startkondensator **16** und einer Schaltervorrichtung **18**, z.B. einem Triac, zwischen den Wechselstromleitern in Serie geschaltet ist, abgebildet. Wie hier dargestellt ist, nimmt eine Aufnehmerspule **20**, d.h. eine Ringspule oder dergleichen, ein Signal auf, das proportional zum Pegel des durch die Betriebs- und Hilfswicklung **12**, **14** fließenden Motorwechselstroms ist, und übermittelt dieses an eine Detektorschaltung **22**, die ein Signal I_M ausgibt, welches die Größe des Motorstroms repräsentiert. Eine Abtast- und Halteschaltung **24** für Abtastwerte wird zum Beginn des Fließens des Stroms betätigt und hält einen Pegel I_{init} , der den Anfangs- oder Stoßstrompegel darstellt. Ein Komparator **26** prüft und bestimmt, ob das Motorstromsignal I_M vom Anfangspegel auf einen Bruchteil dessen, d.h. 50% des Anfangspegels I_{init} , abgefallen ist. Ist dies eingetreten, überträgt eine Abschaltschaltung **28** ein Torsteuerungssignal, um den Triac oder die andere Schaltervorrichtung auszuschalten und den Strom zur Hilfswicklung abzuschalten. Es versteht sich, dass die Elemente **22**, **24**, **26** und **28** entweder mit linearen Bauelementen oder auch digital umgesetzt werden können.

[0023] **Fig. 2** veranschaulicht eine weitere mögliche Ausführungsform, die aber auf einen vorbestimmten Anstieg der Motorhilfsspannung vom Anfangs- oder Stoßspannungspegel reagiert. Hier ist ein Einphasen-Wechselstrom-Induktionsmotor **10** mit einer Be-

triebswicklung **12**, einer Hilfs- oder Startwicklung **14**, einem Startkondensator **16** und einer Schaltervorrichtung **18** (z.B. einem Triac), die zwischen den Wechselstromleitern geschaltet ist, so wie oben beschrieben abgebildet. Wie hier dargestellt ist, wird der Pegel der Wechselstrom-Motorspannung an einem der Bauelemente, d.h. dem Start- oder Betriebskondensator oder den Hilfswicklungen **12**, **14**, über einen Leiter in eine Spannungsdetektorschaltung **30** eingespeist, die ein Signal V_M erzeugt, welches die Größe der Motorspannung repräsentiert. Eine Abtast- und Halteschaltung **32** wird zum Beginn des Fließens des Stroms betätigt und hält einen Pegel V_{init} , der den Anfangs- oder Stoßspannungspegel darstellt. Ein Komparator **34** prüft und bestimmt, ob das Motorstromsignal V_M um zumindest einen Bruchteil vom Anfangspegel auf einen höheren Pegel, d.h. auf 150% des Anfangspegels V_{init} , angestiegen ist. Ist dies eingetreten, überträgt eine Abschaltschaltung **36** ein Torsteuerungssignal, um den Triac oder die andere Schaltervorrichtung auszuschalten und den Strom zur Hilfswicklung **14** abzuschalten.

[0024] Die **Fig. 3** und **Fig. 4** zeigen Ausführungsformen, bei denen eine Zeitrates der Änderung der Spannungsgröße V oder der Stromgröße I verwendet wird, um den Stromfluss durch die Hilfswicklung zu regeln. In diesen Ausführungsformen sind die Motorbetriebswicklung **12**, die Hilfswicklung **14**, der Kondensator **16** und der Triac **18** generell so wie oben beschrieben verbunden. In **Fig. 3** differenziert eine Differentiatorschaltung **40** die Motorspannungsgröße V , die von einem niedrigen Anfangsstoßpegel V_{init} auf einen Dauerbetriebspegel ansteigt, wenn der Motor **10** mit einer gewissen Geschwindigkeit läuft. Diese Schaltung stellt ein Differenzsignal dV/dt bereit, das mit zunehmender Geschwindigkeit des Motors ansteigt. Eine Komparatorschaltung **42** benachrichtigt eine Abschaltschaltung **44**, wenn das Differenzsignal über eine im Vorhinein festgelegte Konstante K_V angestiegen ist, d.h. $(dV/dt) \geq K_V$. Wenn dies eintritt, schaltet die Abschaltschaltung den Triac **18** ab.

[0025] In **Fig. 4** speist die Stromaufnahmespule **20** einen Motorstromdifferentiator **46**, der ein Differential dI/dt erzeugt, welches für die Zeitrates der Änderung der Motorstromgröße I_M steht. Der Motorstrom I_M beginnt mit einem hohen Stoßpegel I_{init} und fällt auf einen niedrigen Dauerbetriebspegel ab, wenn der Motor an Geschwindigkeit zulegt, wobei zu diesem Zeitpunkt die Differenz dI/dt gegen null geht. Eine Differentiatorschaltung **48** benachrichtigt eine Abschaltschaltung **50**, den Triac **18** abzuschalten, sobald die Rate der Motorstromänderung unter ein im Vorhinein festgelegtes konstantes Niveau K_I abgefallen ist, d.h. $(dI/dt) \leq K_I$.

[0026] Das Verhalten der stromgeregelten Ausführungsformen (**Fig. 1** und **Fig. 4**) kann unter Bezugnahme auf das Motorstromdiagramm aus **Fig. 5** er-

läutert werden, während die spannungsgeregelten Ausführungsformen ([Fig. 2](#) und [Fig. 3](#)) anhand des Motorspannungsdiagramms aus [Fig. 6](#) erklärt werden können.

[0027] Wie in [Fig. 5](#) dargestellt ist, fließt sofort nach dem Anlegen eines Wechselstroms ein Anfangsstoßstrom durch die Spulen **12** und **14**, da der Rotor keine Gegenspannung erzeugt. Nach einem Spitzenpegel I_{init} fällt der Strompegel, sobald der Motor **10** sich zu drehen beginnt, und erreicht dann einen Dauerbetriebspegel, d.h. $(dI/dt) = 0$. Die tatsächliche Form dieser Kurve hängt von variablen Bedingungen, wie etwa der Qualität der Eingangs-Wechselstromleistung und der Motorlast, ab. Die Ausführungsform aus [Fig. 1](#) weist einen Abschaltpunkt A zum Ausschalten des Startstroms auf, an dem der Strom auf einen festgelegten Prozentsatz (hier 50%) von I_{init} abgefallen ist. Die Ausführungsform aus [Fig. 4](#) weist einen Abschaltpunkt B auf, bei dem die Neigung der Kurve der Stromgröße ein wenig, d.h. auf $(dI/dt) = K_I$, abflacht.

[0028] Wie in [Fig. 6](#) sehen ist, liegt gleich nach Anlegen eines Wechselstroms eine reduzierte Spannung V_{init} durch die Spule **14** an, die dem hohen Stoßstrom aus [Fig. 5](#) entspricht. Nach dem Mindest- oder Tiefpunktpegel V_{init} steigt die Spannungsgröße mit Beginn der Drehung des Motors **10** und erreicht schließlich einen Dauerbetriebspegel, d.h. $(dV/dt) = 0$. Wie auch in [Fig. 5](#) hängt die tatsächliche Form dieser Kurve von variablen Bedingungen, wie etwa der Qualität der Eingangs-Wechselstromleistung und der Motorlast, ab. Die Ausführungsform aus [Fig. 6](#) weist einen Abschaltpunkt C zum Ausschalten des Startstroms auf, an dem der Strom auf einen festgelegten Prozentsatz (hier 150%) über der Anfangsspannung I_{init} angestiegen ist. Die Ausführungsform aus [Fig. 6](#) weist einen Abschaltpunkt D auf, bei dem die Steigung der Kurve der Spannungsgröße ein wenig, d.h. auf $(dV/dt) = K_V$, abflacht.

[0029] Jede dieser Ausführungsformen kann auch einen voreingestellten Zeitgeber (nicht dargestellt) umfassen, der den Triac **18** nach Ablauf einer im vorhinein bestimmten Dauer, z.B. 300 Millisekunden bis 1 Sekunde, ausschaltet. Jeder der Motoren kann weiters eine Wärmeschutzeinrichtung umfassen, die den Motor im Falle einer Blockierung oder Überhitzung abschaltet.

[0030] Ein Beispiel für einen Startschaltkreis basierend auf der Motorstrom-Zeitrateänderung ist in [Fig. 7](#) dargestellt. Hier nimmt eine Sensorringspule **52** ein Motorstromsignal I_M auf, welches als Größe des Motorstroms über eine Diode **54** an eine Seite eines Kondensators **56** übermittelt wird. Ein Differentiator **58** erzeugt daraufhin ein Signal dI/dt , das für die Zeitrate der Änderung des Motorstroms steht und in einen Eingang eines Komparators **60** eingespeist wird. Dem anderen Eingang des Komparators **60**

wird ein proportionaler Referenzpegel, in diesem Fall von einem Teiler **62**, zugeführt. Fällt das Differenzsignal dI/dt unter den Pegel der Referenzspannung des Teilers ab, geht der Ausgang des Komparators auf LOW, was den Triac **18** ausschaltet.

[0031] Eine weitere Ausführungsform dieser Erfindung ist in [Fig. 8](#) in ihren Einzelheiten dargestellt. Links im Bild sind die Hilfswicklung **14**, der Startkondensator **16** und der Schalter oder Triac **18** zu sehen, die zwischen den beiden Wechselstrom-Spannungsebenen in Serie geschaltet sind. Am Verbindungspunkt zwischen der Hilfswicklung **14** und dem Kondensator **16** oder an der Oberseite des Kondensators **16** wird ein Spannungssignal abgeleitet und durch einen Gleichrichter **62** sowie einen zweiten Gleichrichter **64** hindurchgeleitet. Aus praktischen Gesichtspunkten wird die Schaltung als aus Modulen oder Schaltungsabschnitten bestehend betrachtet, die in gestrichelten Linien angedeutet sind, nämlich aus einer Schaltung für die Rate der Spannungsänderung oder dV/dt -Schaltung **66**; einer Notfallszeitgeberschaltung **68** und einer Zündschaltung, die für das Ausschalten des Triac **18** zuständig ist. Die dV/dt -Schaltung **66** umfasst eine Serienschaltung aus einer Diode **72**, einem Kondensator **74** und einem Widerstand **76**, die zwischen der Anode des Gleichrichters **62** und der unteren Wechselstromleiterschiene angeschlossen ist. Der Verbindungspunkt des Kondensators **74** mit dem Widerstand **76** versorgt einen Emitterbasistransistor **78** mit Basisstrom. Die Notfallszeitgeberschaltung **68** umfasst einen programmierbaren Unijunction-Transistor oder PUT **80**, dessen Anode mit einem Verbindungspunkt eines Zeitgabewiderstands **82** und eines Zeitgabekondensators **84** verbunden ist. Deren Werte sind so gewählt, dass der PUT **80** nach etwa 1.000 Millisekunden eingeschaltet wird. Die Torelektrode des PUT ist mit einem Widerstandsspannungsteiler **85** und dem Kollektor des Transistors **78** verbunden. Die Kathode des PUT **80** versorgt die Basis eines Transistors **86** in der Zündschaltung **70**. Der Kollektor dieses Transistors **86** ist mit der Anode eines weiteren PUT **88** verbunden, dessen Kathodenanschluss einen Ausgangs-Emitterfolger-Transistor **90** speist. Das Gate des PUT **88** ist an ein fixes Potential gebunden, in diesem Fall an eine Zener-Diode **92**. Der Emitter des Transistors **90** geht auf LOW, um den Triac abzuschalten.

[0032] Ist der Motor nun schaltverbunden und werden die Dioden **62** und **64** mit Energie beaufschlagt, geht das Gate des Triac **18** auf HIGH, schaltet die Wechselstromspannung zur Hilfswicklung **14** durch und startet den Kondensator **16**. Der Strom beginnt ebenfalls zu fließen, um den Zeitgabekondensator **84** aufzuladen, sodass die Spannung an der Anode des PUT **80** zu steigen beginnt. Auch fließt Strom durch den Kondensator **74** zur Basis des Transistors **78**, und zwar proportional zur Rate der Änderung der Mo-

torspannung, d.h. $I_{base} = C(dV/dt)$. Der Transistor **78** leitet so lange, bis der Basisstrom auf einen niedrigen Wert abgefallen ist. Ab dem Start wird die Gate-Spannung am PUT **80** vom Spannungsteiler **85** bestimmt, der hier aus einem 4,7-M Ω -Widerstand und einem 2-M Ω -Widerstand besteht. Sobald der Kondensator **74** anfangs geladen wurde, schaltet sich der Transistor **78** aus. Die Gate-Spannung am PUT **80** wird durch das Verhältnis des Spannungsteilers **85** bestimmt. Jeder nun folgende dV/dt-Anstieg im Kondensator **74** spannt den Transistor **78** in den Ein-Zustand vor und ändert das Spannungsteilungsverhältnis am Gate des PUT **80** auf einen LOW-Wert (z.B. $300\text{ K} = \div [4,7\text{ M} + 300\text{ K}]$). Dadurch wird der PUT **80** sofort ausgeschaltet. Wenn schwere Lastbedingungen vorliegen und der Transistor **78** länger als die Zeitkonstante des PUT **80** ausgeschaltet bleibt, so wird nach etwa einer Sekunde der Notfallszeitgeber ausgelöst, um die Zündschaltung **70** zu betätigen und den Triac **18** auszuschalten.

[0033] Hier ist die Schaltung mit verschiedensten Transistoren, Widerständen, Kondensatoren und anderen diskreten Bauelementen umgesetzt. Allerdings kann die hier dargestellte Schaltung auch unter Verwendung eines Mikroprozessors ausgeführt werden, der diese Funktionen übernimmt. Beispielsweise kann ein Mikroprozessor verwendet werden, um einige der Detektions- und Zeitgabefunktionen in der Ausführungsform aus [Fig. 8](#) zu übernehmen.

[0034] Auch würde es sich nicht als schwierig gestalten, die oben beschriebenen Schaltungen mit einer Neustartfunktion auszustatten. Beispielsweise könnte in den Ausführungsformen der [Fig. 1](#) und [Fig. 4](#) ein Neustart eingeleitet werden, wenn eine deutliche Änderung in dV/dt oder dI/dt vorliegt. Im Falle einer Umsetzung mit Mikroprozessor könnte diese Funktion mit einer oder zwei zusätzlichen Befehlszeilen bereitgestellt werden.

Patentansprüche

1. Motorstartschaltkreis für einen Einphasen-Wechselstrom-Induktionsmotor mit einer Betriebshauptwicklung (**12**) und einer Starthilfswicklung (**14**); worin ein mit der Hilfswicklung (**14**) in Serie geschalteter Schalter (**18**) es dem Wechselstrom ermöglicht, durch die Hilfswicklung zu fließen, um den Motor zu starten, und danach den durch die Hilfswicklung fließenden Wechselstrom abschaltet, sobald der Motor den Betrieb aufgenommen hat; worin ein Stromsensor (**20**) einen durch eine oder beide der Haupt- und Hilfswicklung fließenden Motorstrom abfühlt und ein die Größe (I_M) des abgefühlten Motorstroms darstellendes Motorstromsignal bereitstellt; und worin eine Torschaltung (**22, 24, 26, 28**), die mit einem Gate des Schalters (**18**) verbunden ist, das Motorstromsignal (I_M) empfängt und den Schalter (**18**) ausschaltet, wenn das Signal anzeigt, dass sich

der Motorstrom auf einen Wert aus einem vorbestimmten Koeffizienten mal dem Anfangsmotorstrom (I_{init}) oder darüber geändert hat; **dadurch gekennzeichnet**, dass der Stromsensor (**20**) mit einem Wechselstrom-Hauptleiter gekoppelt ist, um den durch die Haupt- und die Hilfswicklung fließenden kombinierten Gesamtmotorstrom abzufühlen; und dass die Torschaltung (**22, 24, 26, 28**) das Gesamtmotorstromsignal empfängt und einen Wert des Anfangsmotorstroms (I_{init}) beim Hochfahren abfühlt und speichert, und damit fortfährt, den Gesamtmotorstrom (I_M) abzufühlen und den Schalter (**18**) abschaltet, sobald der Motorstrom (I_M) auf einen vorbestimmten Bruchteil des Anfangsmotorstroms (I_{init}) abgefallen ist.

2. Motorstartschaltkreis nach Anspruch 1, weiters dadurch gekennzeichnet, dass ein Halteschaltkreis (**24**) einen Wert des den Anfangsmotorstrom (I_{init}) darstellenden Signals abfühlt und hält, der am Anfang des durch den Motor fließenden Gesamtstroms entnommen wurde.

3. Motorstartschaltkreis für einen Einphasen-Wechselstrom-Induktionsmotor mit einer Betriebshauptwicklung (**12**) und einer Starthilfswicklung (**14**); worin ein Schalter (**18**) mit der Hilfswicklung (**14**) in Serie geschaltet ist und diese es dem Wechselstrom ermöglichen, durch die Hilfswicklung (**14**) zu fließen, um den Motor zu starten, und danach den durch die Hilfswicklung (**14**) fließenden Wechselstrom abzuschalten, sobald der Motor den Betrieb aufgenommen hat; worin ein Spannungssensor die Spannung an der Hilfswicklung (**14**) abfühlt und ein die Größe der abgefühlten Hilfswicklungsspannung darstellendes Motorspannungssignal (V_M) bereitstellt; und worin eine Torschaltung (**30, 32, 34, 36**), die mit einem Gate des Schalters (**18**) verbunden ist, das Motorspannungssignal (V_M) empfängt und den Schalter (**18**) ausschaltet, wenn das Signal anzeigt, dass die Motorsspannung relativ zur Anfangsmotorspannung (V_{init}) auf einen Pegel oder darüber angestiegen ist; dadurch gekennzeichnet, dass die Torschaltung (**30, 32, 34, 36**) das Motorspannungssignal empfängt und einen der Anfangshilfswicklungsspannung (V_{init}) bei jedem Beginn des Fließens des Motorstromes entsprechenden Wert abfühlt und speichert, und damit fortfährt; die Hilfswicklungsspannung (V_M) abzufühlen und den Schalter (**18**) abschaltet, sobald die Hilfswicklungsspannung (V_M) auf den vorbestimmten Bruchteil über der Anfangshilfswicklungsspannung (V_{init}) angestiegen ist.

4. Motorstartschaltkreis nach Anspruch 3, weiters dadurch gekennzeichnet, dass eine Abtast- und Halteschaltung (**32**) einen Wert des die Anfangsmotorspannung (V_{init}) darstellenden Signals abfühlt und hält.

5. Motorstartschaltkreis für einen Einpha-

sen-Wechselstrom-Induktionsmotor mit einer Betriebshauptwicklung (12) und einer Starthilfswicklung (14); worin ein mit der Hilfswicklung (14) in Serie geschalteter Schalter (18) es dem Wechselstrom ermöglicht, durch die Hilfswicklung (14) zu fließen, um den Motor zu starten, und danach den durch die Hilfswicklung (14) fließenden Wechselstrom abschaltet, sobald der Motor den Betrieb aufgenommen hat; worin ein Stromsensor (20) den durch die Hilfswicklung (14) oder den durch die Haupt- und die Hilfswicklung (12, 14) fließenden Motorstrom abfühlt und ein die Größe des abgefühlten Motorstroms darstellendes Motorstromsignal (I_M) bereitstellt; und worin eine Torschaltung mit einem Gate des Schalters (18) verbunden ist, um den Schalter auszuschalten, dadurch gekennzeichnet, dass ein Differentiator (46), dem das Motorstromsignal zugeführt wird, ein dI/dt -Signal erzeugt, welches die Zeitrates der Änderung des Motorstromsignals darstellt; und dass die Torschaltung (48, 50) das dI/dt -Signal vom Differentiator empfängt und den Schalter ausschaltet, wenn sich das dI/dt -Signal auf einen vorbestimmten Wert (K_I) oder darüber hinaus gehend ändert.

6. Motorstartschaltkreis nach Anspruch 5, weiters dadurch gekennzeichnet, dass ein voreingestellter Zeitgeber (68) den Schalter (18) nach Ablauf einer vorbestimmten Zeitdauer ab dem Beginn des Fließens des Motorstroms ausschaltet.

7. Motorstartschaltkreis für einen Einphasen-Wechselstrom-Induktionsmotor mit einer Betriebshauptwicklung (12) und einer Starthilfswicklung (14); worin ein mit der Hilfswicklung (14) in Serie geschalteter Schalter (18) es dem Wechselstrom ermöglicht, durch die Hilfswicklung (14) zu fließen; um den Motor zu starten; und danach den durch die Hilfswicklung (14) fließenden Wechselstrom abschaltet, sobald der Motor den Betrieb aufgenommen hat; worin ein Spannungssensor die Motorspannung an der Hilfswicklung (14) oder an der Haupt- und der Hilfswicklung (12, 14) abfühlt und ein die Größe der abgefühlten Motorspannung darstellendes Motorspannungssignal (V_M) bereitstellt; dadurch gekennzeichnet, dass ein Differentiator (40), dem das Motorspannungssignal (V_M) zugeführt wird, ein dV/dt -Signal erzeugt, welches die Zeitrates der Änderung des Motorspannungssignals (V_M) darstellt; und dass eine Torschaltung (42, 44), die mit einem Gate des Schalters (18) verbunden ist, das dV/dt -Signal empfängt und den Schalter ausschaltet, wenn sich das dV/dt -Signal auf einen vorbestimmten Wert (K_V) oder darüber hinaus gehend ändert.

8. Motorstartschaltkreis nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Torschaltung (42, 44) den Schalter ausschaltet, wenn das dV/dt -Signal auf einen vorbestimmten Wert oder darunter abfällt.

9. Motorstartschaltkreis nach Anspruch 7, da-

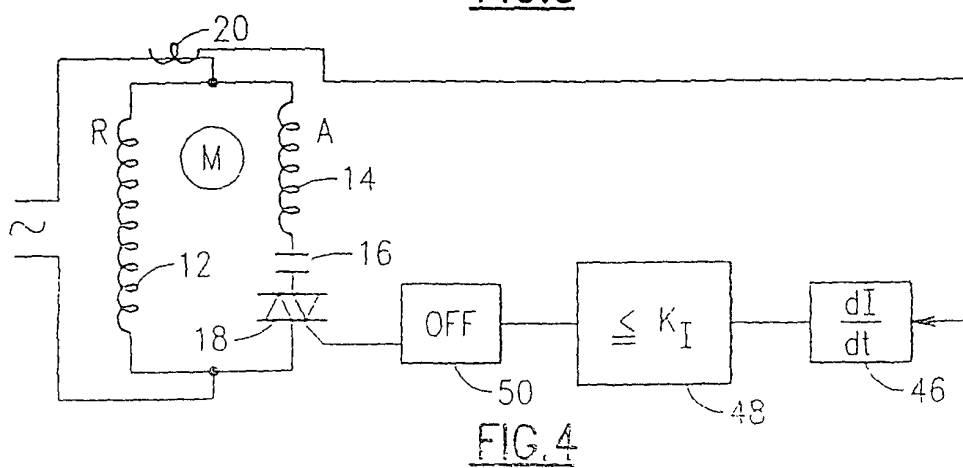
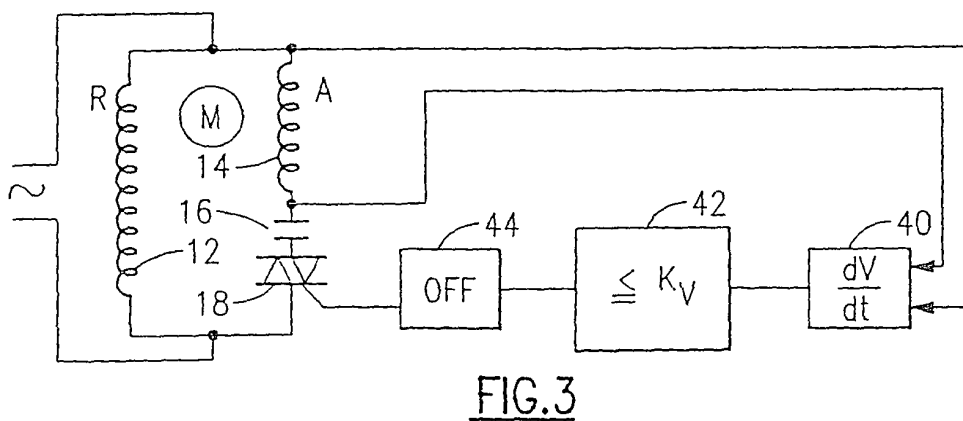
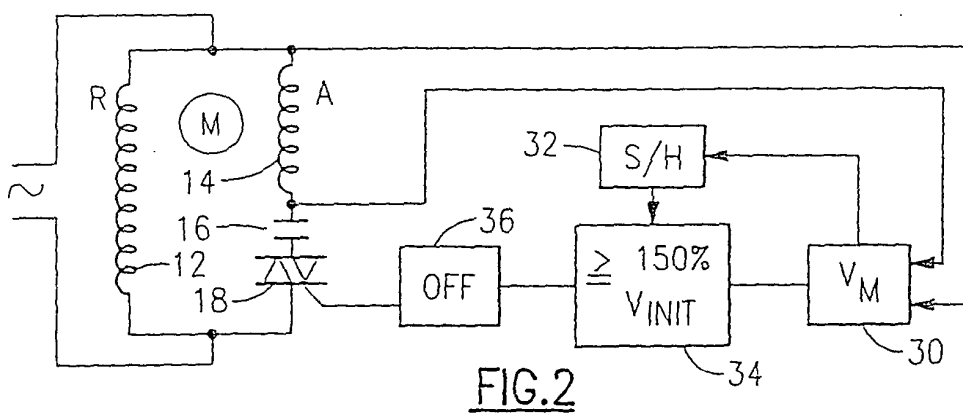
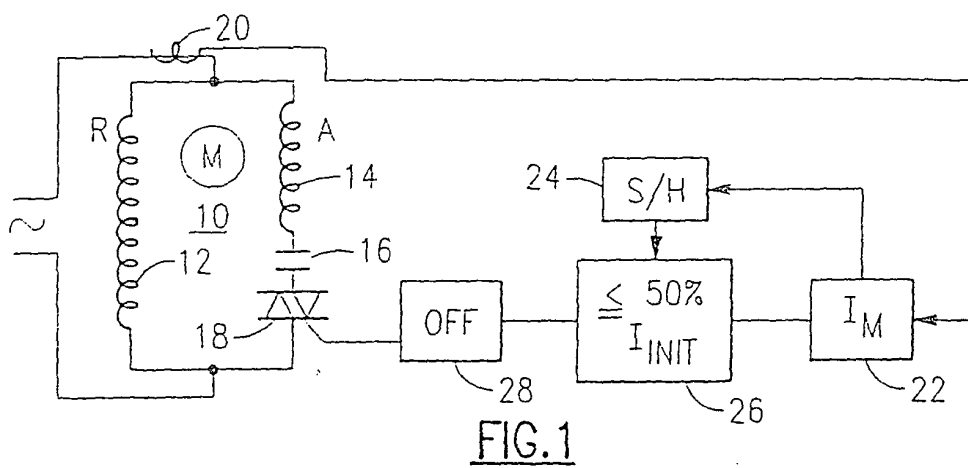
durch gekennzeichnet, dass die Torschaltung (42, 44) den Schalter ausschaltet, wenn das dV/dt -Signal auf einen vorbestimmten Wert oder darüber ansteigt.

10. Motorstartschaltkreis nach Anspruch 7, weiters dadurch gekennzeichnet, dass ein voreingestellter Zeitgeber (68) den Schalter nach Ablauf einer vorbestimmten Zeitdauer ab dem Beginn des Fließens des Motorstroms ausschaltet.

11. Motorstartschaltkreis nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass das Differentiatormittel (66) einen mit einem Gate eines Transistors (78) in Serie geschalteten Kondensator (74) mit einer Kapazität C umfasst, sodass der zum Transistor (78) fließende Gate-Strom i proportional zur Rate der Änderung der Motorspannung ist, $i = C(dV/dt)$, und der Transistor (78) einen Ausgangspegel zur Steuerung der Betätigung der Torschaltung (70) aufweist.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen



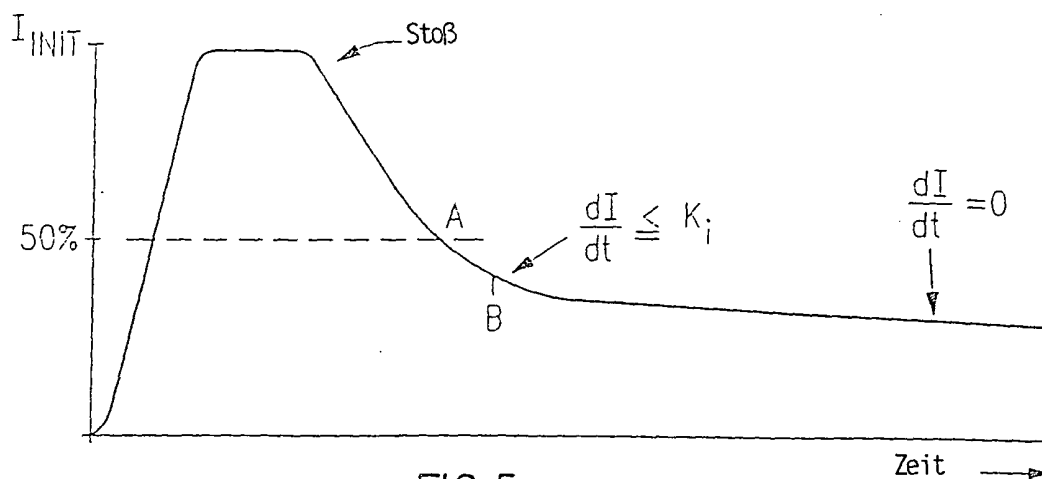


FIG.5

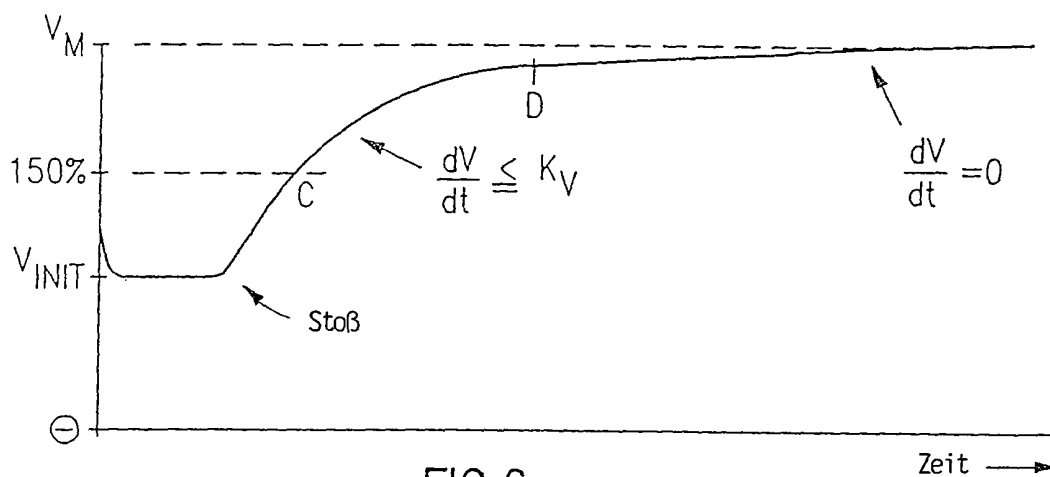


FIG.6

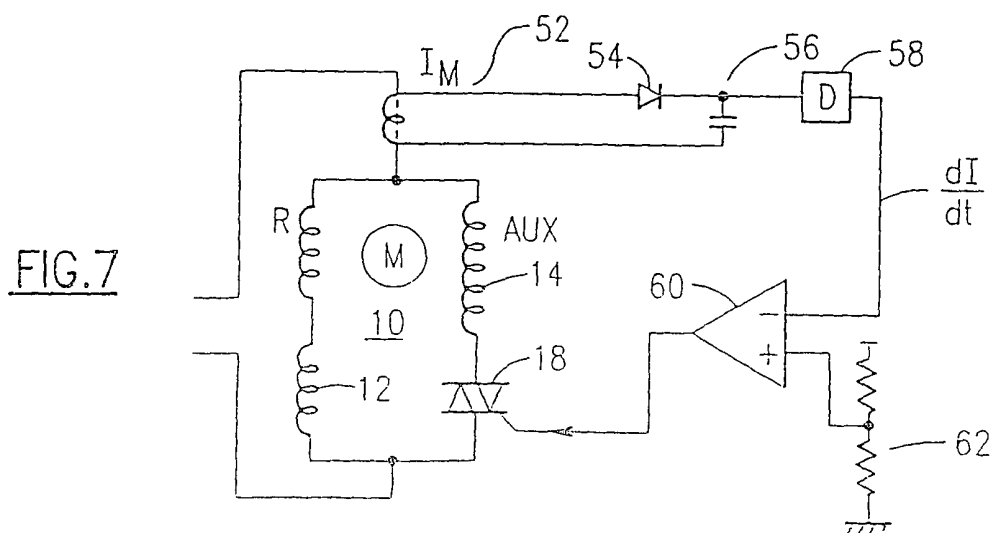


FIG.7

