(19) Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 199 07 505 B4** 2014.03.27

(12) # Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **199 07 505.0**
(22) Anmeldetag: **22.02.1999**
(43) Offenlegungstag: **09.09.1999**
(45) Veröffentlichungstag der Patenterteilung: **27.03.2014**

(51) Int Cl.: ***F02D 41/20*** (2006.01)

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(30) Unionspriorität:
027869 **23.02.1998** **US**

(73) Patentinhaber:
Cummins Inc., Columbus, Ind., US

(74) Vertreter:
WUESTHOFF & WUESTHOFF Patent- und Rechtsanwälte, 81541, München, DE

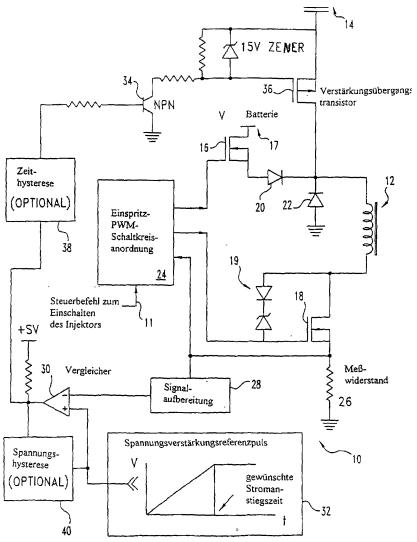
(72) Erfinder:
Meyer, William D., Columbus, Ind., US

(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	**29 07 200**	**A1**
DE	**690 33 215**	**T2**
EP	**0 150 492**	**A2**

(54) Bezeichnung: **Verfahren und Vorrichtung zur Steuerung einer Stromanstiegszeit während mehrfacher Kraftstoffeinspritzvorgänge**

(57) Hauptanspruch: Vorrichtung zur Steuerung einer Stromanstiegszeit in einem Elektromagneten (12), der erste und zweite Magnetanschlüsse aufweist, mit:
– einem Messwiderstand (26), der mit dem Elektromagneten (12) zu verbinden ist, um eine Messspannung zu erzeugen, die proportional zu einem durch den Elektromagneten (12) fließenden Strom ist,
– einem Vergleicher (30), der einen mit der Messspannung verbundenen ersten Vergleichereingangsanschluss, einen zweiten Vergleichereingangsanschluss und einen Vergleicherausgang hat, und
– einem Schalter, der einen ersten Schalteranschluss, einen mit dem ersten Magnetanschluss zu verbindenden zweiten Schalteranschluss und einen Schaltersteueranschluss hat, der betriebsmäßig mit dem Vergleicherausgang verbunden ist,
gekennzeichnet durch
– einen Referenzpulsgenerator (32), der einen Referenzspannungs-Ausgangspuls erzeugt, der eine Sollkurve für den Verlauf eines gewünschten Magnetstrompulses angibt,
– den Vergleicher (30), dessen zweiter Vergleichereingangsanschluss mit dem Referenzspannungs-Ausgangspuls verbunden ist,
– eine Spannungsverstärkerversorgung (14),
– den Schalter, dessen erster Schalteranschluss, mit der Spannungsverstärkungsversorgung (14) verbunden ist, und
– den Messwiderstand (26), der mit dem zweiten Magnetanschluss zu verbinden ist,
– wobei ein am Ausgang des Vergleichers vorliegendes Spannungssignal den Schalter schließt, wodurch die Spannungsverstärkungsversorgung (14) mit dem ersten Magnetanschluss verbunden wird.



Beschreibung

Technisches Gebiet der Erfindung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft allgemein elektromechanische Kraftstoffeinspritz-Steuersysteme und insbesondere ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Steuerung einer Stromanstiegszeit während mehrfacher Kraftstoffeinspritzvorgänge.

Hintergrund der Erfindung

[0002] Kraftstoffinjektoren in Verbrennungsmotoren müssen dazu in der Lage sein, genau kontrollierte Mengen an Kraftstoff in die Verbrennungskammer des Motors einzuspritzen. Jeder Injektor gibt Kraftstoff durch ein Auslaßventil ab und solange das Auslaßventil vollständig geöffnet ist, kann angenommen werden, daß der Injektor Kraftstoff mit einer konstanten Rate abgibt. Wenn das Ventil immer entweder vollständig geöffnet oder vollständig geschlossen wäre, dann wäre die Menge abgegebenen Kraftstoffs streng proportional zu der Zeitdauer, die das Ventil offen ist. In der Realität benötigt das Ventil jedoch eine bestimmte Zeitdauer, um vollständig zu öffnen, und folglich besteht die Proportionalität in strengem Sinn nur so lange, solange sich das Ventil immer mit der gleichen Schnelligkeit öffnet.

[0003] Bei elektromagnetischen Kraftstoffinjektoren wird das Ventil von einer elektromagnetischen Magnetspule geöffnet. Eine Spule dieser Art zeigt eine bestimmte Eigeninduktivität mit dem Ergebnis, daß der durch die Spule fließende Strom sich gemäß einer exponentiellen Kurve aufbaut, wenn eine konstante Steuerspannung zugeführt wird. Die Steigung am Anfang dieser Kurve ist eine Funktion der angelegten Spannung. Für einen schnellen Betrieb des Injektors sollte der Strom in der Magnetspule schnell genug ansteigen können, um einen hohen magnetischen Fluß in dem Magnetkern der Vorrichtung zu erzeugen, der zumindest dazu ausreicht, den Anker der Vorrichtung zu veranlassen, sich zu bewegen. Danach steigt der Strom innerhalb einer vorbestimmten Zeitdauer, während der der Anker seine Bewegung abschließt, auf einen Spitzenwert an.

[0004] Reproduzierbarkeit ist ebenfalls eine Anforderung an elektromagnetische Kraftstoffeinspritz-Steuersysteme. Eine Anforderung an viele Kraftstoffsteuersysteme ist es, wiederholt mit einer Toleranz einiger Mikrosekunden von Null auf einen vorbestimmten Strompegel überzugehen. Eine derartige Reproduzierbarkeit wird typischerweise erreicht, indem eine Spannungsverstärkungsversorgung zum Ansteuern der Magnetspule verwendet wird. Die Spannungsverstärkungsversorgung besteht typischerweise aus einem Gleichstrom-Gleichstrom-Wandler, der Energie in einem Kondensator bei einer festen Spannung speichert. Der Schubkondensator wird dann in den Injektormagneten entladen. Da der Schubkondensator vor einem Entladen immer vollständig auf eine vorbestimmte konstante Spannung aufgeladen wird, ist die Wellenform des Ansprechstroms sehr gut reproduzierbar.

[0005] Es wurde festgestellt, daß eine deutliche Leistungsverbesserung erreicht werden kann, indem der Kraftstoffinjektormagnet während eines einzelnen Zylinderzyklus doppel gepulst wird. Diese Betriebsart eines Motors erfordert es, daß in manchen Betriebszuständen zwei Elektromagnete gleichzeitig oder innerhalb einer sehr kurzen Zeitdauer nacheinander mit Energie versorgt werden müssen. Mit der Spannungsverstärkungsversorgung und der Steuerschaltkreisanordnung, die in bekannten Systemen verwendet werden, ist dies nicht immer möglich. Zum Beispiel verwendet ein typisches bekanntes System einen Schubkondensator, der auf etwa 100 Volt aufgeladen und dann in einen Elektromagneten entladen wird, bis der Strom 7,5 A erreicht hat. Bei einem typischen bekannten Kraftstoffinjektormagneten beträgt die Ansprechzeit auf die 7,5 A etwa 150 Mikrosekunden. Die Leistungsverstärkungsversorgung benötigt dann einige Millisekunden, um den Schubkondensator erneut auf 100 V aufzuladen. Wenn während der ”Auffrisch”-Zeit ein Versuch unternommen wird, einen anderen Injektor mit Energie zu versorgen, wird die Ansprechzeit auf die 7,5 A deutlich größer als die gewünschte Zeitdauer sein und sich in Abhängigkeit der exakten Betriebszustände des Systems ändern. Eine derartige Inkonsistenz der Öffnungszeiten eines Kraftstoffinjektors ist bei den meisten Anwendungen nicht akzeptabel.

[0006] Eine mögliche Lösung dieses Problems ist, zwei identische Spannungsverstärkungsversorgungen zu verwenden, wobei eine dieser Versorgungen immer vollständig wieder aufgeladen sein sollte. Das Motorsteuermodul (E. C. M. = Engine Control Module) würde dann die wieder aufgeladene Spannungsversorgung auf den Kraftstoffinjektor umschalten, der mit Energie versorgt werden soll. Auf diese Weise könnte die zweite Spannungsversorgung wieder aufgeladen werden, während die andere Spannungsversorgung verwendet wird. Aufgrund der zusätzlichen Kosten und des zusätzlichen, für die zweite Spannungsverstärkungsversorgung erforderlichen Platzbedarfes und aufgrund der erhöhten Komplexität, die erforderlich ist, um die zwei Spannungsverstärkungsversorgungen korrekt umzuschalten, ist diese Lösung jedoch nicht wünschenswert.

[0007] Es besteht deshalb ein Bedarf an einer Einrichtung, die zwei Elektromagneten gleichzeitig oder innerhalb einer sehr kurzen Zeitdauer nacheinander mit Energie versorgt, ohne redundante Spannungsversorgungen zu benötigen. Die vorliegende Erfindung ist darauf gerichtet, diesen Bedarf zu erfüllen.

Stand der Technik

[0008] Aus der EP 0 150 492 A2 ist ein Stromregler für elektromagnetische Stellantriebe, wie z. B. einen Magneten eines elektromagnetischen Ventilantriebes, bekannt. Zur Stromversorgung eines Magneten führt ein Strompfad ausgehend von einer Versorgungsspannung über einen ersten Schalter, einen Meßwiderstand, den mit Strom zu versorgenden Magneten, und einen zweiten Schalter zu einer Masse. Um einen Magneten mit Strom zu versorgen oder die Stromversorgung zu unterbrechen, werden die beiden Schalter entweder gleichzeitig geschlossen oder gleichzeitig geöffnet.

[0009] Mittels des Meßwiderstandes wird der durch den Magneten fließende Strom erfaßt. Die Steuerung der beiden Schalter erfolgt in Abhängigkeit des mit dem Meßwiderstand erfaßten Stromes, wobei zuerst überprüft wird, ob der erfaßte Strom kleiner als ein vorgegebener maximal zulässiger Strom ist. Wenn der erfaßte Strom größer als der maximal zugelassene Strom ist, wird bei diesem Stromregler auf einen fehlerhaften Betrieb geschlossen und beide Schalter geöffnet. Liegt der Wert des erfaßten Stromes unterhalb des maximalen Stromwertes, wird mit Hilfe eines Zweipunktreglers überprüft, ob der sich aus dem Vergleich des erfaßten Stromes mit dem maximal zugelassenen Strom resultierende Wert kleiner als ein dem Zweipunktregler zugeführter Sollwert ist. So lange dies der Fall ist, schaltet der Zweipunktregler die beiden Schalter ein. Dementsprechend steigt der Strom durch den Magneten so lange an, bis der dem Zweipunktregler zugeführte Wert größer als der vorgegebene Sollwert wird. In diesem Fall werden die beiden Schalter geöffnet, wodurch der Strom durch den Magneten so lange absinken kann, bis dem Zweipunktregler ein Wert zugeführt wird, der ein Öffnen der beiden Schalter zuläßt. Dieser Zweipunktregler ist ein Komparator mit einer Hysterese, die die Stromzufuhr von der Spannungsversorgung und damit die Welligkeit des Stromes durch den Magneten bestimmt. Wird dem Magneten kein Strom von der Spannungsversorgung zugeführt, werden dabei auftretende induzierte Ströme durch den Magneten an dem geöffneten ersten Schalter vorbei zu einem parallel zu der Spannungsversorgung angeordneten Pufferkondensator zurückgeführt. In dem Pufferkondensator gespeicherte Energie kann nur dann als Strom dem Magneten zugeführt werden, wenn die beiden Schalter geöffnet sind. Demzufolge ist bei diesem Stromregler eine getrennte Steuerung der Stromzufuhr von der Spannungsversorgung und dem Pufferkondensator nicht möglich, da beide über den als gemeinsame Steuerkomponente dienenden ersten Schalter mit dem Magneten verbunden sind.

[0010] Des weiteren werden bei diesem Stromregler zur Steuerung der beiden Schalter und damit des Stromes durch den Magneten obere und untere Grenzwerte verwendet. Folglich wird der Anstieg des Stromes durch den Magneten nur dann gesteuert, wenn der Stromanstieg einen der Schwellwerte überschreitet. Eine Steuerung des Stromanstieges selbst bis zum diesem Punkt ist bei diesem Stromregler nicht vorgesehen.

[0011] Aus der DE 29 07 200 A1 ist eine Schaltung zur Einstellung von Strompegeln bei Magnetspulen bekannt. Hierbei wird der Strom, der durch einen Magneten fließt, mittels eines mit dem Magneten in Reihe geschalteten und mit einer Masse verbundenen Widerstandes erfaßt. In Abhängigkeit des erfaßten Stromes wird der von einer einzelnen Spannungsversorgung zugeführte Strom auf drei Strompegel eingestellt. Um den Magneten mit Strom zu versorgen, wird zuerst ein Anstieg des Stromes bis zu einem ersten Pegel zugelassen, der im wesentlichen dem Pegel entspricht, bei dem der Magnet aktiviert wird (Anzugsstrompegel). Danach wird die Stromzufuhr so lange unterbrochen, bis der durch den Magneten fließende Strom einen unteren Haltestrompegel aufweist. Dann wird die Stromzufuhr so lange aufrechterhalten, bis der Strom durch den Magneten einen oberen Haltestrompegel erreicht. In Abhängigkeit des Pegels des durch den Magneten fließenden Stromes relativ zu den oberen und unteren Haltestrompegeln wird die Stromzufuhr der einzelnen Stromversorgung an- und abgeschaltet.

[0012] Neben der genannten Stromversorgung ist bei dieser Schaltung keine weitere Energieversorgung zur Stromzufuhr zu dem Magneten vorgesehen. Des weiteren wird bei dieser Schaltung der Anstieg des anfänglich durch den Magneten fließenden Stromes nicht gesteuert. Vielmehr wird der Anstieg des anfänglichen Stromes beim Erreichen des Anzugsstrompegels unterbrochen. Eine Kontrolle oder Steuerung des Stromanstieges bis zu diesem Pegel ist dort nicht vorgesehen.

[0013] Die DE 690 33 215 T2 betrifft ein Verfahren und Gerät zur Betriebssteuerung einer Solenoidwicklung. Die DE 690 33 215 T2 offenbart ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Regeln des Betriebs eines Solenoids und insbesondere des Solenoids einer Kraftstoffeinspritzung in einer Verbrennungskraftmaschine. Es wird eine selbstaktende Pulsmodulation zur Regelung der Anstiegszeit für einen Solenoidstrom gezeigt. Diese Spannungstaktung zur Regelung des Stromes wird entlang einer Stromanstiegssollkurve mittels der normalen Versorgungsspannung vorgenommen.

Zusammenfassung der Erfindung

[0014] Die vorliegende Erfindung betrifft ein System, ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Steuerung einer Stromanstiegszeit während mehrfacher Kraftstoffeinspritzvorgänge. Die Erfindung verwen-

det einen einzelnen Spannungsverstärkungsversorgungsschaltkreis, in dem der Schubkondensator etwas mehr als das Doppelte der gesamten Energie speichern kann, die benötigt wird, um einen einzelnen Kraftstoffinjektormagneten während der vorgeschriebenen Zeit anzusprechen. Eine die gewünschte Stromanstiegszeit simulierende Referenzwellenform wird mit der tatsächlichen, von dem Schaltkreis erzeugten Spannungsverstärkung verglichen. Die Spannungsverstärkung wird moduliert (eingeschaltet und ausgeschaltet), um die Spannungsverstärkung innerhalb eines vorbestimmten Fensters um die Referenzwellenform aufrechtzuerhalten. Diese Modulation wird jeden Abfall der Spannungsverstärkung während der Betätigungszeit und auch den Fall kompensieren, wenn zwei Magneten zu dem exakt gleichen Zeitpunkt betätigt werden. Es ist lediglich notwendig, daß eine minimale Menge Energie bei der Beendigung des Betätigungsvorgangs in dem Schubkondensator gespeichert ist, wobei der Pegel dieser minimalen Menge Energie einfach mittels Analyse oder im Experiment bestimmt werden kann. Darüber hinaus ist es sehr einfach, die Form und Dauer der Referenzwellenform zu modifizieren, wodurch sich ein sehr anpassungsfähiger Elektromagnetsteuerschaltkreis ergibt, dessen Ansprechzeit und Energieverstärkungsverbrauch einfach geändert werden kann, um den Anforderungen einer Anwendung zu genügen, ohne die LRC-Zeitkonstanten des Systems zu modifizieren.

[0015] Gemäß einer Ausführungsform der Erfindung hat eine Vorrichtung zur Steuerung einer Stromanstiegszeit in einem Elektromagneten, der erste und zweite Elektromagnetanschlüsse aufweist, einen Meßwiderstand, der mit dem Elektromagneten zu verbinden ist, um eine zu einem durch den Elektromagneten fließenden Strom proportionale Meßspannung zu erzeugen, einen Vergleicher, der einen mit der Meßspannung verbundenen ersten Vergleichereingangsanschluß, einen zweiten Vergleichereingangsanschluß und einen Vergleicherausgang hat, und einen Schalter, der einen ersten Schalteranschluß, einen zweiten mit dem ersten Elektromagnetanschluß verbundenen zweiten Schalteranschluß und einen Schaltersteueranschluß hat, der betriebsmäßig mit dem Vergleicherausgang verbunden ist.

[0016] Erfindungsgemäß umfaßt die Vorrichtung einen Referenzpulsgenerator, der einen Referenzspannungs-Ausgabepuls erzeugt, der eine Sollkurve für den Verlauf eines gewünschten Magnetstrompulses angibt, wobei der zweite Vergleichereingangsanschluß mit dem Referenzspannungs-Ausgabepuls verbunden ist. Des weiteren wird eine Spannungsverstärkungsversorgung verwendet, die mit dem ersten Schalteranschluß verbunden ist. Ferner ist der Meßwiderstand mit dem zweiten Magnetanschluß verbunden, der dem mit dem Schalter verbundenen Magnetanschluß gegenüberliegt. zur Steuerung der Stromanstiegszeit für einen durch den Elektromagneten fließenden Strom wird in Abhängigkeit eines am Vergleicherausgang vorliegenden Spannungssignales der Schalter geschlossen, wodurch die Spannungsverstärkungsversorgung mit dem ersten Magnetanschluß verbunden wird und folglich diesem Strom zuführt.

[0017] Gemäß einer weiteren Ausführungsform der Erfindung umfaßt ein Verfahren zur Steuerung einer Stromanstiegszeit während mehrfacher Kraftstoffeinspritzvorgänge eines elektromagnetbetriebenen Kraftstoffinjektors die Schritte: a) Bereitstellen einer Spannungsverstärkungsversorgung, b) Erfassen einer zu einem durch den Elektromagneten fließenden Strom proportionalen Spannung, c) Erzeugen eines Referenzspannungspulses, der eine Sollkurve für den Verlauf eines gewünschten Magnetstrompulses angibt, d) Vergleichen der gemessenen Spannung mit dem Referenzspannungspuls, e) Koppeln der Spannungsverstärkungsversorgung mit dem Elektromagneten immer dann, wenn der Referenzspannungspuls die gemessene Spannung überschreitet, und f) Entkoppeln der Spannungsverstärkungsversorgung von dem Elektromagneten immer dann, wenn die gemessene Spannung den Referenzspannungspuls überschreitet.

[0018] Gemäß einer weiteren Ausführungsform der Erfindung weist ein System zur Steuerung einer Stromanstiegszeit einen Elektromagneten mit einem ersten Elektromagnetanschluß und einem zweiten Elektromagnetanschluß, und die Vorrichtung gemäß der zuerst genannten Ausführungsform auf.

Kurzbeschreibung der Zeichnungen

[0019] Fig. 1 ist ein schematisches Schaltkreisdigramm einer bevorzugten Ausführungsform der Spannungsverstärkungsversorgungsschaltung der vorliegenden Erfindung;

[0020] Fig. 2 ist ein Strom-Zeit-Diagramm, das die Referenzwellenform die tatsächliche Ausgabewellenform des Schaltkreises darstellt, wenn die Schaltung aus **Fig.** 1 verwendet wird.

Beschreibung der bevorzugten Ausführungsform

[0021] In **Fig.** 1 ist ein schematisches Diagramm einer bevorzugten Ausführungsform eines allgemein mit **10** bezeichneten Schaltkreises zur Spannungsverstärkungsversorgung für einen Elektromagneten **12** eines Kraftstoffinjektors dargestellt. Der Elektromagnet **12** des Kraftstoffinjektors wird durch Strom mit Energie versorgt, der von einer Spannungsverstärkungsversorgungskapazität **14** und/oder einer Batterie **17** zu einer Masse fließt. Von einem Fahrzeugmotorsteuermodul (ECM) wird ein Steuerbe-

fehl **11** an den Spannungsverstärkungsversorgungsschaltkreis **10** übertragen, der den Schaltkreis **10** anweist, den Kraftstoffinjektor einzuschalten (d. h. den Elektromagneten **12** mit Energie zu versorgen). Der Steuerbefehl wird einem Schaltkreis **24** zur Pulsweitenmodulation (PWM = Puls Width Modulation) des Kraftstoffeinspritzstroms eingegeben, der verwendet wird, um den Strom durch den Elektromagneten auf bekannte Weise mittels Pulsweitenmodulation zu regulieren. Der PWM-Schaltkreis **24** schaltet den Transistor **16** und den Transistor **18** sofort an. Der Transistor **18** wird verwendet, um den Elektromagneten **12** über den Meßwiderstand **26** an Masse anzuschließen. Der Transistor **18** bietet einen redundanten Mechanismus zum Sperren eines Stromflusses durch den Elektromagneten und ermöglicht in Kombination mit dem Dioden/Zener-Paar **19** auch eine schnelle Stromentladung. Der Hauptzweck des Transistors **16** besteht darin, die Batteriespannungsversorgung **17** an den Elektromagneten **12** zu koppeln, um die Batteriespannung **17** über den Elektromagneten **12** nach dem verstärkten Anstieg zu modulieren (unter Steuerung durch den PWM-Schaltkreis **24**), wie es aus dem Stand der Technik bekannt ist.

[0022] Der Meßwiderstand **26** ist in dem Weg des durch die Magnetspule **12** des Kraftstoffinjektors fließenden Stroms angeordnet und baut somit eine Meßspannung proportional zu dem durch die Spule **12** fließenden Strom auf. Diese Meßspannung wird von einer signalaufbereitenden Schaltkreisanordnung **28**, z. B. einem Tiefpaßfilter, gefiltert und wird dann an einen Eingang eines Vergleichers **30** angelegt. Die Meßspannung wird darüber hinaus zu dem PWM-Schaltkreis **24** zurückgeführt. Die andere Eingabe in den Vergleicher **30** umfaßt einen Referenzpuls **32** zur Verstärkungsmodulation, der ein Spannungspuls ist, welcher die gleiche Gestalt und denselben Zeitablauf wie die gewünschte Stromanstiegsflanke des durch die Magnetspule **12** fließenden Stroms zeigt. Der Referenzpuls **32** zur Verstärkungsmodulation wird unter Steuerung durch den PWM-Schaltkreis **24** (die Verbindung ist nicht gezeigt) gestartet, wenn der Steuerbefehl **11** zum Einschalten des Injektors empfangen wird.

[0023] Zu jedem Zeitpunkt, zu dem die Meßspannung kleiner als die Spannung des Referenzpulses **32** ist, wird der Ausgang des Vergleichers **30** einen hohen Pegel aufweisen, wodurch die Transistoren **34** und **36** eingeschaltet werden. Eine Betätigung des Verstärkungsdurchlaßtransistors **36** ermöglicht es, die Spannung der Spannungsverstärkungsversorgungskapazität **14** an die Magnetspule **12** anzulegen, wodurch ein Anstieg des durch die Magnetspule **12** fließenden Stroms bewirkt wird. Wenn dieser Strom ansteigt, steigt die über dem Meßwiderstand **26** abgefallene Meßspannung entsprechend solange, bis die Meßspannung die Referenzpulsspannung zur Verstärkungsmodulation überschreitet. Zu diesem Zeitpunkt schaltet der Vergleicher **30** auf eine Ausgabe niedrigen Pegels um, wobei die Transistoren **34** und **36** abgeschaltet werden, die wiederum die Spannungsverstärkungsversorgungskapazität **14** von der Magnetspule **12** abkoppeln.

[0024] Wenn der Verstärkungsdurchlaßtransistor **36** ausgeschaltet wird, wird der Magnetspule **12** nur der Strom von der Batterie **17** durch den Transistor **16** zugeführt. Der so zugeführte Strom reicht nicht dazu aus, daß der Strom der Magnetspule **12** schneller ansteigt, als der Referenzpuls **32** zur Verstärkungsmodulation, wodurch die ansteigende Spannung des Referenzpulses **32** schließlich die von dem Meßwiderstand **26** zu Verfügung gestellte Meßspannung überholt. An diesem Punkt erzeugt der Vergleicher **30** wiederum eine Ausgabe eines hohen Pegels, wodurch die Transistoren **34** und **36** eingeschaltet werden. Eine Betätigung des Verstärkungsdurchlaßtransistors **36** koppelt die Spannungsverstärkungsversorgunskapazität **14** erneut an die Magnetspule **12**, wodurch der Strom darin weiter aufgebaut wird. Dieser Zyklus wiederholt sich kontinuierlich, wodurch der Strom in der Magnetspule **12** um die gewünschte, von dem Referenzpuls **32** zur Verstärkungsmodulation festgelegte Form moduliert wird. Dies ist aus der Darstellung gemäß **Fig.** 2 ersichtlich, die den durch die Magnetspule **12** fließenden Strom über der Zeit aufgetragen darstellt. Es ist zu erkennen, daß die Aktivierung des Referenzpulses **32** bei Erhalt des Tnjektoreinschalt-Steuerbefehls **11** zum sofortigen Einschalten der Transistoren **34** und **36** führt, da die Meßspannung null sein wird.

[0025] Die Sperrdiode **20** ist vorgesehen, um zu vermeiden, daß sich die Verstärkungsversorgung **14** über die Hauptdiode des Transistors **16** entlädt. Die Umlaufdiode **22** wird auf eine aus dem Stand der Technik bekannte Weise zur PWM-Steuerung des Stroms verwendet. Der Einbau der Sperrdiode **20** verhindert in effektiver Weise, daß die Batteriespannung **17** dem Elektromagneten **12** zu Zeitpunkten zugeführt wird, wenn die Verstärkungsversorgungsspannung **14** über den Verstärkungsdurchlaßtransistor **36** angekoppelt ist.

[0026] Es ist wünschenswert, eine gewisse Hysterese in den Steuerkreis zwischen dem Vergleicher **30** und den Transistoren **34** und **36** einzubauen, um zu gewährleisten, daß der Kreis stabil ist und nicht oszilliert. Dies wird vorzugsweise in der Form des optionalen Zeithystereseblocks **38** implementiert, der eine konstante Zeitverzögerung (z. B. 5 Millisekunden) zwischen dem Auftreten einer Ausgabe an dem Vergleicher **30** und der Zuführung einer Eingabe zu dem Transistor **34** einfügt. An Stelle des Zeithystereseblocks **38** kann der Steuerkreis den Spannungshystereseblock **40** verwenden, um die gleiche Stabilität zu erzielen.

[0027] Um die Schaltungsanordnung der **Fig.** 1 zur Bereitstellung zweier Pulse für einen Kraftstoffinjektorelektromagneten während eines einzigen Zylinderzyklus zu verwenden, muß die Spannungsverstärkungsversorgungskapazität **14** etwas mehr als das Doppelte der Energie speichern, die benötigt wird, um einen Kraftstoffinjektorelektromagneten die vorgeschriebene Zeitdauer anzusprechen. Eine Spannungsverstärkungsversorgungskapazität **14**, die eine Größe von 22 Microfarad hat und auf eine Spannung von 120–140 Volt aufgeladen ist, wird ausreichend Energie für einen typischen bekannten Kraftstoffinjektor zur Verfügung stellen. Die Menge an Energie, die in der Spannungsverstärkungsversorgungskapazität **14** für eine bestimmte Kraftstoffinjektoranwendung gespeichert werden muß, kann leicht mittels Schaltkreisanalyseverfahren oder durch einfache Experimente bestimmt werden.

[0028] Die von dem Verstärkungsmodulationsreferenzpuls **32** und dem Vergleicher **30** gelieferte Modulation wird jeden Abfall der Verstärkungsspannung während einer Betätigung des Elektromagneten **12** ausgleichen und auch den Fall kompensieren, bei dem der Spannungsversorgungsschaltkreis **10** dazu verwendet wird, zwei Kraftstoffinjektormagnete zum exakt gleichen Zeitpunkt zu betätigen. Für ein sequentielles Zünden der Kraftstoffinjektorelektromagneten ist es lediglich erforderlich, daß die Spannungsverstärkungsversorgungskapazität **14** das Minimalmaß an Energie enthält, das am Ende des vorherigen Betätigungsereignisses benötigt dazu wird, den Elektromagneten **12** anzusprechen.

[0029] Die Schaltkreisanordnung **10** der **Fig.** 1 bietet darüber hinaus den zusätzlichen Nutzen, daß der Verstärkungsmodulationsreferenzpuls sowohl hinsichtlich seiner Form als auch seiner Dauer einfach modifiziert werden kann, wodurch der Schaltkreis **10** zu einem sehr flexiblen Kraftstoffinjektormagnetsteuerschaltkreis wird, dessen Ansprechzeit (pull-in time) einfach verändert werden kann, um die Anforderungen einer Kraftstoffinjektoranwendung zu erfüllen, ohne die LRC-Zeitkonstanten des Systems zu modifizieren.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Steuerung einer Stromanstiegszeit in einem Elektromagneten (**12**), der erste und zweite Magnetanschlüsse aufweist, mit:
– einem Messwiderstand (**26**), der mit dem Elektromagneten (**12**) zu verbinden ist, um eine Messspannung zu erzeugen, die proportional zu einem durch den Elektromagneten (**12**) fließenden Strom ist,
– einem Vergleicher (**30**), der einen mit der Messspannung verbundenen ersten Vergleichereingangsanschluss, einen zweiten Vergleichereingangsanschluss und einen Vergleicherausgang hat, und
– einem Schalter, der einen ersten Schalteranschluss, einen mit dem ersten Magnetanschluss zu verbindenden zweiten Schalteranschluss und einen Schaltersteueranschluss hat, der betriebsmäßig mit dem Vergleicherausgang verbunden ist,
gekennzeichnet durch
– einen Referenzpulsgenerator (**32**), der einen Referenzspannungs-Ausgangspuls erzeugt, der eine Sollkurve für den Verlauf eines gewünschten Magnetstrompulses angibt,
– den Vergleicher (**30**), dessen zweiter Vergleichereingangsanschluss mit dem Referenzspannungs-Ausgangspuls verbunden ist,
– eine Spannungsverstärkerversorgung (**14**),
– den Schalter, dessen erster Schalteranschluss, mit der Spannungsverstärkungsversorgung (**14**) verbunden ist, und
– den Messwiderstand (**26**), der mit dem zweiten Magnetanschluss zu verbinden ist,
– wobei ein am Ausgang des Vergleichers vorliegendes Spannungssignal den Schalter schließt, wodurch die Spannungsverstärkungsversorgung (**14**) mit dem ersten Magnetanschluss verbunden wird.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet,** dass der Messwiderstand (**26**) zwischen dem zweiten Magnetanschluss und einem Massepotential eingekoppelt ist.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet,** dass die Spannungsverstärkungsversorgung (**14**) eine Kapazität umfasst.

4. Vorrichtung nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet,** dass die Kapazität wenigstens die doppelte Menge Energie speichern kann, die erforderlich ist, um den Elektromagneten (**12**) anzusprechen.

5. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet,** dass der Schalter einen Feldeffekttransistor (**34**), der erste Schalteranschluss einen Drainanschluss des Transistors (**34**), der zweite Schalteranschluss einen Sourceanschluss des Transistors (**34**), und der Schaltersteueranschluss einen Gateanschluss des Transistors (**34**) umfasst.

6. System zur Steuerung einer Stromanstiegszeit, mit:
– einem Elektromagneten (**12**) mit einem ersten Magnetanschluss und einem zweiten Magnetanschluss, und
– der Vorrichtung nach Anspruch 1.

7. Verwendung des Systems nach Anspruch 6 zur Steuerung einer Stromanstiegszeit während mehrfacher Kraftstoffeinspritzvorgänge.

8. Verfahren zur Steuerung einer Stromanstiegszeit während mehrfacher Kraftstoffeinspritzvorgän-

ge eines elektromagnetbetriebenen Kraftstoffinjektors, mit den Schritten:
a) Bereitstellen einer Spannungsverstärkungsversorgung,
b) Erfassen einer Spannung, die proportional zu einem in dem Elektromagneten fliehenden Strom ist,
c) Erzeugen eines Referenzspannungspulses, der eine Sollkurve für den Verlauf eines gewünschten Magnetstrompulses angibt,
d) Vergleichen der erfassten Spannung mit dem Referenzspannungspuls,
e) Verbinden der Spannungsverstärkungsversorgung mit dem Elektromagneten immer dann, wenn der Referenzspannungspuls die erfasste Spannung überschreitet, und
f) Trennen der Spannungsverstärkungsversorgung von dem Elektromagneten immer dann, wenn die erfasste Spannung den Referenzspannungspuls überschreitet.

9. Verfahren nach Anspruch 8,
dadurch gekennzeichnet, dass Schritt (b) umfasst:
b.1) Bereitstellen eines Messwiderstandes, um einen durch den Elektromagneten fließenden Strom auf Masse zu ziehen, und
b.2) Messen einer Spannung über dem Messwiderstand, wobei die gemessene Spannung proportional zu dem durch den Elektromagneten fließenden Strom ist.

10. Verfahren nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet,** dass der Schritt (a) ein Bereitstellen einer Spannungsverstärkungsversorgungskapazität umfasst.

11. Verfahren nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet,** dass der Schritt (a) zusätzlich ein Bereitstellen einer Spannungsverstärkungsversorgungskapazität umfasst, die wenigstens die doppelte Menge der Energie speichern kann, die benötigt wird, um den Elektromagneten anzusprechen.

12. Verfahren nach Anspruch 8,
dadurch gekennzeichnet, dass der Schritt (e) des Weiteren die Schritte umfasst:
e.1) Bereitstellen eines Feldeffekttransistors, der einen mit der Spannungsverstärkungsversorgung verbundenen Drainanschluss und einen mit dem Elektromagneten verbundenen Sourceanschluss hat, und
e.2) Aktivieren eines Gateanschlusses des Feldeffekttransistors immer dann, wenn der Referenzspannungspuls die gemessene Spannung überschreitet.

13. Verfahren nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet,** dass der Schritt (f) ein Deaktivieren des Gateanschlusses des Feldeffekttransistors immer dann umfasst, wenn die gemessene Spannung den Referenzspannungspuls überschreitet.

Es folgen 2 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

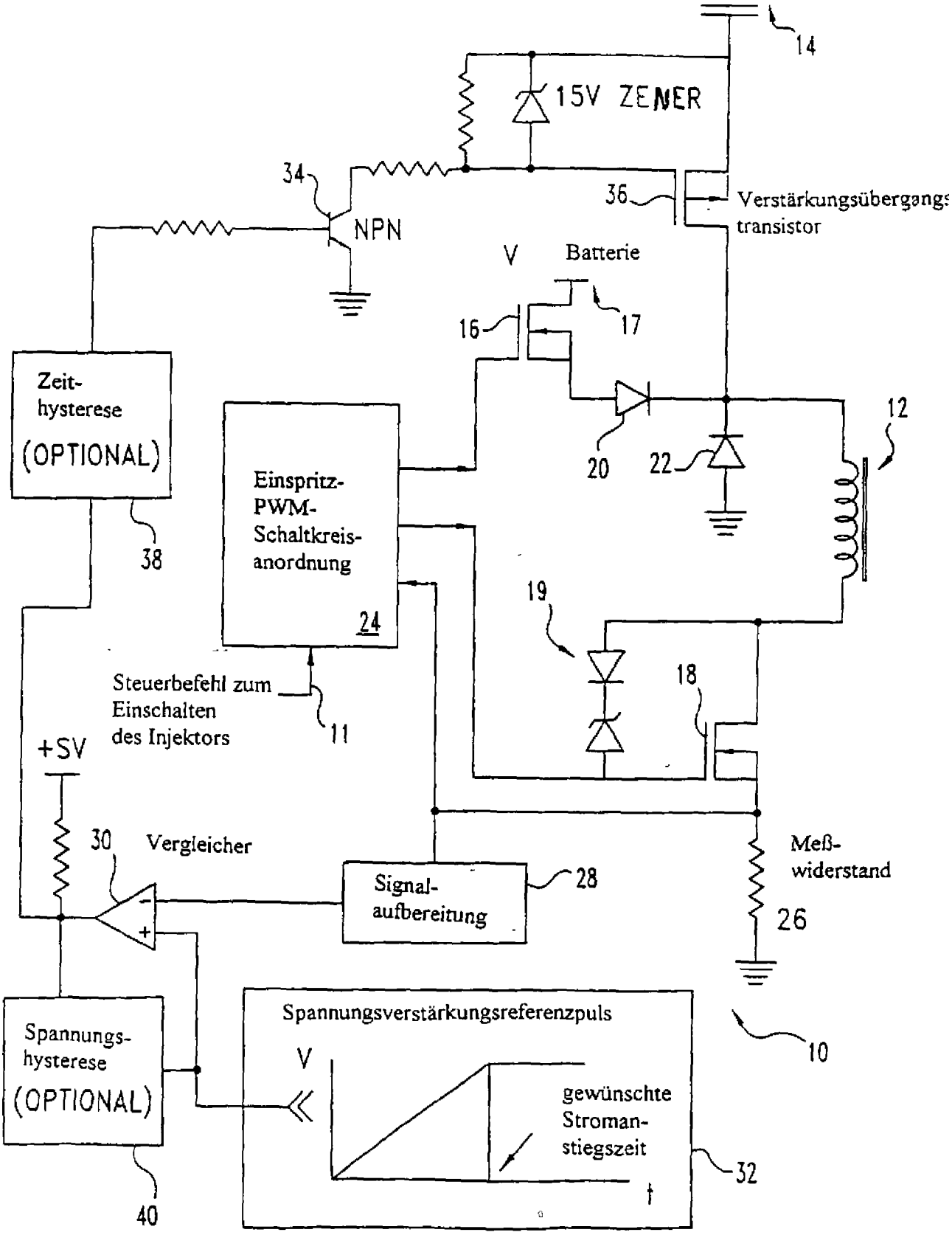


Fig. 1

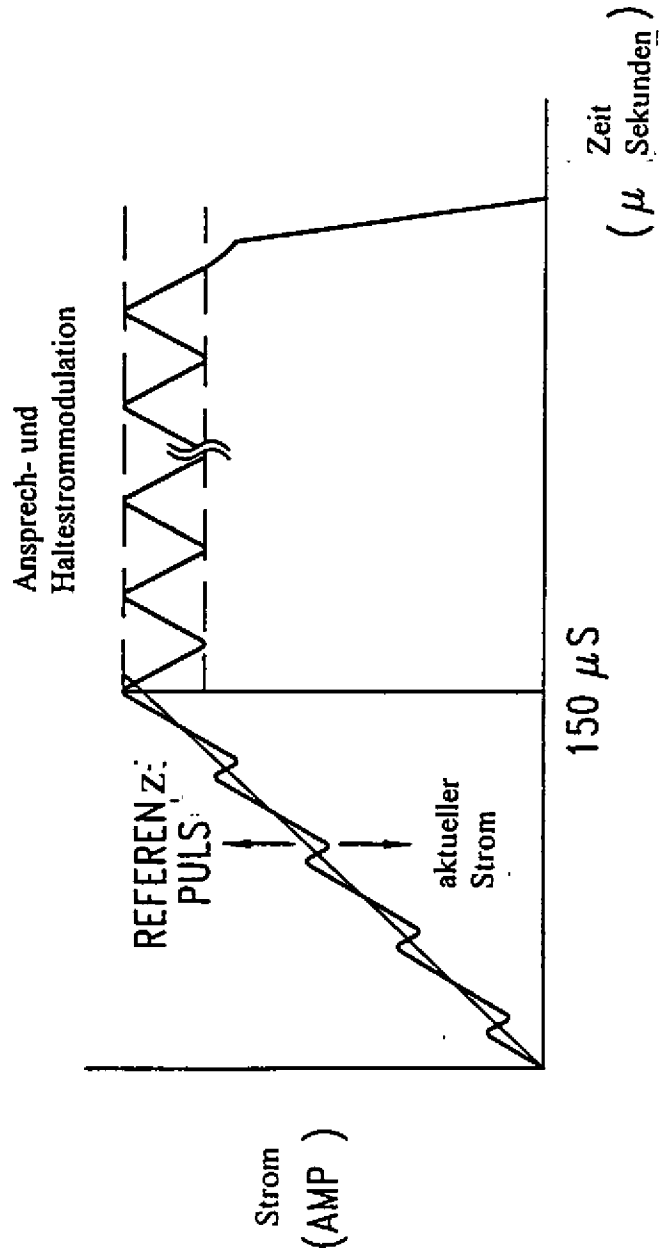

Ansprech- und
Haltestrommodulation
REFERENZ-
PULS
aktueller
Strom
150 µS
Strom
(AMP)
Zeit
(µ Sekunden)

Fig. 2