



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 697 34 819 T2** 2006.07.06

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 0 874 953 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **697 34 819.9**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US97/18070**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **97 910 825.5**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 1998/016728**

(86) PCT-Anmeldetag: **07.10.1997**

(87) Veröffentlichungstag
der PCT-Anmeldung: **23.04.1998**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **04.11.1998**

(97) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: **07.12.2005**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **06.07.2006**

(51) Int Cl.⁸: **F02B 37/10** (2006.01)

F02B 39/10 (2006.01)

F02B 37/14 (2006.01)

(30) Unionspriorität:
731412 15.10.1996 US

(73) Patentinhaber:
Honeywell International Inc., Morristown, N.J., US

(74) Vertreter:
**WAGNER & GEYER Partnerschaft Patent- und
Rechtsanwälte, 80538 München**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE, FR, GB, IT, SE

(72) Erfinder:
**HALIMI, Edward M., Montecito, US;
WOOLLENWEBER, William E., Carlsbad, US**

(54) Bezeichnung: **MOTOR-GENERATOR UNTERSTÜTZTER TURBOLADER FÜR VERBRENNUNGSMOTOREN SO-
WIE DAZUGEHORIGES STEUERSYSTEM**

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

Gebiet der Erfindung

[0001] Diese Erfindung bezieht sich allgemein auf abgasgetriebene Turbolader und auf Systeme zur Anwendung bei Verbrennungsmotoren und insbesondere auf einen Turbolader mit einem integralen Elektromotor-Generator und einer Steuerung für verbesserte Motorleistung und zur Erzeugung von elektrischem Strom.

Hintergrund der Erfindung

[0002] Turbolader sind wohlbekannt und werden weithin bei Verbrennungsmotoren zum Zwecke der Steigerung der Leistungsausgabe verwendet, weiter zur Verringerung des Brennstoffverbrauches und der Emissionen und zur Kompensation eines Luftdichtenverlustes während eines Betriebes bei großen Höhen. Im allgemeinen liefern Turbolader eine gesteigerte Ladeluftversorgung für den Verbrennungsprozess, die in anderer Weise durch natürliche Beatmung durch Verwendung der Abgasenergie zum Antrieb eines Luftkompressors eingeleitet werden kann. Diese gesteigerte Luftversorgung gestattet, dass mehr Brennstoff verbrannt wird, wodurch die Leistung und die Ausgabe gesteigert wird, die anders aus einem Motor mit einer gegebenen Zylinderverdrängung bzw. einem gegebenen Hubraum unter Bedingungen der natürlichen Beatmung nicht erhalten werden kann. Zusätzliche Vorteile weisen die Möglichkeit auf, leichtere Motoren mit niedrigerer Verdrängung mit entsprechendem niedrigeren gesamten Fahrzeuggewicht zu verwenden, um den Brennstoffverbrauch zu reduzieren, und die Anwendung von verfügbaren Produktionsmotoren, um verbesserte Leistungscharakteristiken zu erhalten, und um eine Kombination aus gesteigerter Leistung mit verringertem Brennstoffverbrauch zu erreichen.

[0003] Einige Turboladeranwendungen weisen das Vorsehen eines Zwischenkühlers auf, um Wärme aus der Ladeluft abzuführen (sowohl eine Umgebungswärme als auch Wärme, die während der Ladeluftkompression erzeugt wird), bevor sie in den Motor eintritt, wodurch eine noch dichtere Luftladung vorgesehen wird, die zu den Motorzylindern zu liefern ist. Zwischengekühlte Turboaufladung, die auf Verbrennungsmotoren, wie beispielsweise Dieselmotoren, angewandt wurde, hat bekannterweise signifikant die Leistungsausgaben einer gegebenen Motorgröße im Vergleich zu natürlich beatmeten Motoren mit der gleichen Motorverdrängung bzw. dem gleichen Hubraum gesteigert.

[0004] Zusätzliche Vorteile der Turboaufladung weisen Verbesserungen des thermischen Wirkungsgrades aufgrund der Anwendung von einem Teil der Energie des Abgasstroms auf, die sonst an die Umge-

bung verloren gehen würde, und die Tatsache, dass Nenn-Leistungen auf Höhe des Meeresspiegels bis zu großen Höhen aufrecht erhalten werden.

[0005] Bei mittleren bis hohen Motordrehzahlen gibt es übermäßig viel Energie im Motorabgasstrom, und über diesen Betriebsdrehzahlbereich kann der Turbolader die Motorzylinder mit der gesamten Luft beliefern, die für eine effiziente Verbrennung und maximale Leistung und maximale Drehmomentausgabe für eine gegebene Motorkonstruktion benötigt wird. Bei gewissen Anwendungen jedoch wird eine Abgasauslassklappe benötigt, wenn das heißt eine Entlüftung, um übermäßige Energie in dem Motorabgasstrom abzuleiten, bevor er in die Turbolader Turbine eintritt, um zu verhindern, dass der Motor überladen wird. Typischerweise wird die Auslassklappe eingestellt, so dass sie sich bei einem Druck öffnet, unter dem eine nicht wünschenswerte Vorzündung oder ein inakzeptabel hoher Verbrennungsmotorzylinderdruck erzeugt werden kann.

[0006] Jedoch leidet der turboaufgeladene Motor unter einer innewohnenden Schwäche dahingehend, dass es bei sehr niedrigen Motordrehzahlen nicht ausreichend Gasenergie im Abgasstrom gibt, wie diese bei höheren Motordrehzahlen zu finden ist, um signifikante Niveaus des Luftladedruckes zu erzeugen, und diese fehlende Energie verhindert, dass der Turbolader ein signifikantes und leicht verfügbares Niveau der Aufladung in dem Motoreinlassluftsystem bei niedrigen Motordrehzahlen liefert. Als eine Folge gibt es eine merkliche Zeitverzögerung zwischen dem Zeitpunkt, wenn die Drossel zum Zwecke der Beschleunigung des Motors aus niedrigen Drehzahlen geöffnet wird, und dem Zeitpunkt, wenn der Turboladererotor sich schnell genug bewegt, um genügend Luftladedruck (Aufladungsdruck) zu erzeugen, um die erwünschte Beschleunigung zu erzeugen, während man merkliche Mengen von Ruß eliminiert, wenn der Motor beschleunigt wird. Brennstoffsteuervorrichtungen, wie beispielsweise Zahnstangenwegbegrenzungen (Rack-Begrenzungen) oder Anaeroid-Steuerungen sind im Stand der Technik eingesetzt worden, um die Brennstoffmenge zu begrenzen, die zum Motorzylinder geliefert wird, bis der Turbolader schnell genug läuft, um ausreichend Luft zu liefern, um die im allgemeinen rußfreie Verbrennung zu erzeugen. Jedoch rufen diese Brennstoffbegrenzungsvorrichtungen bekannterweise ein merklich langsames Ansprechen auf das Öffnen der Drossel (Turboloch) hervor, und zwar mit entsprechendem langsamen Verhalten des Ansprechens des Motors und des Fahrzeugs.

[0007] Turbolader können einen sehr effizienten Betrieb bei den Bedingungen bezüglich des Massenflusses und des Druckes ausführen, für die sie ausgelegt sind. Wenn Sie jedoch außerhalb der ausgelegten Fluss- unter Druckparameter betrieben wer-

den, sinken die Komponentenwirkungsgrade der Turbine und des Kompressors. Wenn beispielsweise ein Turbolader ausgelegt und optimiert ist, um mit einem Spitzenwirkungsgrad bei der maximalen Drehzahl und dem maximalen Lastbereich eines speziellen Motors zu laufen, dann werden die Wirkungsgrade der Turbinen- und Kompressorkomponenten wahrscheinlich bei niedrigen Motordrehzahlen beeinträchtigt sein. Um die zum Motor bei der Drehmoment Spitze oder unter der Drehmoment Spitze gelieferte Luftmenge zu steigern wird die Turboladerturbine an den niedrigen Motordrehzahlenbereich angepasst, und zwar durch Verringerung des Halsteils des Turbinengehäuses, um die Gasgeschwindigkeit zu verringern, die in das Turbinenrad eintritt. Dies steigert die Drehzahl des Turboladerrotors, bringt aber auch einen höheren Rückdruck in das Motorauslasssystem, was schädlich für die Motorleistung ist, insbesondere bei höheren Motordrehzahlen und Motorbelastungen.

[0008] Insbesondere ist eine nicht wünschenswerte Konsequenz der Verringerung des Halsteils bzw. Querschnitts des Turbinengehäuses, das der kleineren Halsquerschnitt bewirkt, dass der Turboladerrotor sich "mit übermäßiger Drehzahl" dreht, wenn der Motor bei maximaler Belastung und maximaler Drehzahl betrieben wird, und dies erzeugt einen Luftladedruck, der die Konstruktionsbegrenzungen aufgrund eines Übermaßes an Abgasenergie bei hohen Motordrehzahlen und hohen Motorbelastungen überschreiten kann. Diese Konsequenz machte die Anwendung einer "Auslassklappe" oder eines Abgasüberleitungsventils (Bypass Ventils) in dem Abgassystem nötig, was einen Teil des Abgasstroms aus der Turbine heraus entlüftet und die Rotordrehzahl auf einen festen Wert beschränkt. Als eine Folge ist der maximale Luftladedruck über den hohen Bereich der Motordrehzahl begrenzt, um die Motorzylinderdrücke auf gesteuerten Niveaus zu halten, während wirkungsvoll ein Betrieb über diesen eingeschränkten Niveaus verhindert wird.

[0009] Typischerweise werden jedoch Turbolader an existierende Motoren mit guter Leistung in der Mitte des Motordrehzahlbereiches angepasst, gewöhnlicherweise bei der Drehzahl, wo maximales Drehmoment erforderlich ist, und im allgemeinen nicht bei der maximalen Motordrehzahlen und Motorbelastung. Entsprechend erfordert dieses Anpassungsverfahren auch allgemein eine Auslassklappe im Auslasssystem, um eine Überdrehzahl des Turboladers bei maximalen Motordrehzahlen und Motorbelastungen in der oben beschriebenen Weise zu verhindern. Ungeachtet dessen, wie der Turbolader angepasst ist, gibt es jedoch immer noch einen Mangel an Abgasfluss bei Motordrehzahlen unter der Drehmoment Spitze und bei niedrigen Motordrehzahlen, einschließlich der Leerlaufdrehzahl.

[0010] Die Turboverzögerungsperiode und der

Mangel an Wirkungsgrad des Turboladers bei niedriger Motordrehzahl und während der Beschleunigung kann abgemildert werden und kann in manchen Fällen nahezu eliminiert werden, indem man eine externe Leistungsquelle verwendet, um den Turbolader dabei zu helfen, auf Steigerungen der Motordrehzahl und der Motorbelastung anzusprechen. Ein solches Verfahren ist es, eine externe elektrische Energieversorgung zu verwenden, wie beispielsweise Energie, die in Gleichstrom-Batterien gespeichert ist, um einen Elektromotor mit Leistung zu versorgen, der an der Turboladerdrehanordnung bzw. Turboladerantriebsanordnung angebracht ist, der Drehmoment an den Turboladerrotor liefert, um die Rotordrehzahl bei niedrigen Motorauslassflussraten bzw. Motorabgasflussraten aufrecht zu erhalten oder zu steigern, um ausreichend Ladeluft zur Verringerung von Ruß und Emissionen während der Beschleunigung des Motors zu liefern.

[0011] Turboaufladungssysteme mit integralen Hilfsmotoren werden vollständiger in den US-Patenten 5 605 045 und 5 870 894 beschriebenen, wobei diese Offenbarungen hier durch Bezugnahme mitaufgenommen seien.

[0012] Bezüglich des Standes der Technik sei weiter hingewiesen auf US-A-5 088 286, die ein Turboladersystem zur Anwendung bei einem Verbrennungsmotor offenbart, wobei das Turboaufladungssystem ein Steuersystem aufweist, welches einen Turbolader steuert, der eine sich drehende elektrische Maschine aufweist, die als Motor oder Generator betreibbar ist. Wenn die sich drehende elektrische Maschine als Motor arbeitet, der mit elektrischer Leistung versorgt wird, steuert das Steuersystem die Menge, um die die elektrische Leistung zu reduzieren oder zu steigern ist, und zwar abhängig von der Veränderungsrate der Drehzahl des Turboladers in einem Drehzahlsteuerbereich für den Turbolader, wodurch das Ausmaß reduziert wird, in dem die Drehzahl des Turboladers variiert.

[0013] Weiterhin sei hingewiesen auf US 4 745 755 A, die einen Superlader beschreibt, der mit einem Verbrennungsmotor assoziiert ist, der eine drehbare Welle hat, auf der eine elektrische sich drehende Maschine montiert ist, die als ein Elektromotor oder als elektrischer Generator betreibbar ist. Wenn das Motorfahrzeug, das durch den Verbrennungsmotor angetrieben wird, abgebremst wird, um gebremst zu werden, wird die sich drehende Maschine als Generator betrieben, um der Superlader-Turbine zu ermöglichen, virtuell als eine Last auf die Auslasssammelleitung des Motors zu wirken, wodurch die Kraft einer Motorbremse gesteigert wird. Wenn das Motorfahrzeug weiter abgebremst werden soll, wird die sich drehende Maschine als Motor betrieben, um die Drehung des Turbinenlaufrads des um zu klären, um weiter die Last auf die Auslasssammelleitung zu stei-

gern, um der Motorbremse Kraft zuzuführen. Während die sich drehende Maschine als der Generator betrieben wird, wird dadurch erzeugte elektrische Leistung verwendet, um eine Batterie aufzuladen. Wenn die sich drehende Maschine als der Motor betrieben wird, wird die gespeicherte elektrische Leistung von der Batterie zu der sich drehenden Maschine geliefert.

[0014] Entsprechend gibt es immer noch eine Notwendigkeit eines verbesserten Verbrennungsmotorsystems, welches die Motorleistung und das Ansprechen des Motors bei niedriger Drehzahl verbessert und Emissionscharakteristiken eines herkömmlichen Verbrennungsmotors verbessert, und auch für ein verbessertes Turboaufladungssystem zur Steuerung und Optimierung der Leistung eines turboaufgeladenen Motors.

[0015] Gemäß der vorliegenden Erfindung ist ein Verfahren zur Turboaufladung eines Verbrennungsmotors nach Anspruch 1 und eines Turboaufladungssystems zur Anwendung bei einem Verbrennungsmotor nach Anspruch 10 vorgesehen. Bevorzugte Ausführungsbeispiele der Erfindung werden in den abhängigen Ansprüchen offenbart.

Zusammenfassung der Erfindung

[0016] Die vorliegende Erfindung überwindet die Probleme von früheren Systemen und sieht einen verbesserten Verbrennungsmotor und verbesserte Turboaufladungssysteme vor, indem sie einen Verbrennungsmotor mit einem durch einen Motor-Generator unterstützten Turbolader vorsieht, und weiter ein Steuersystem zur Verbesserung der Motorleistung über seinen gesamten Betriebsbereich.

[0017] Systeme der Erfindung weisen vorzugsweise Turbolader auf, wie beispielsweise jene, die in den US-Patenten Nr. 5 605 045 und 5 870 894 offenbart werden, die einen oder mehrere Permanentmagneten aufweisen, wodurch integrale unterstützende Motor-Generatoren vorgesehen werden. Die Magneten sind benachbart zu den Motorwicklungen, wie beispielsweise den Statorwicklungen in einem Turboladerlagergehäuse. Da die Permanentmagneten des Motors an der sich drehenden Anordnung des Turboladers gesichert sind, kann der unterstützende Motor-Generator in einem Unterstützungsbetriebszustand bzw. Hilfsbetriebszustand betrieben werden und Drehmoment erzeugen, um die verfügbare Abgasenergie bei der Beschleunigung des Motors bis zu einer gegebenen Rotordrehzahl zu unterstützen. Gemäß der vorliegenden Erfindung kann das System so ausgelegt werden, dass das unterstützende Motordrehmoment einen Wert von Null auf oder über der Drehmomentspitzendrehzahl des Motors erreicht, wenn der Turbolader beim höchsten Wirkungsgrad läuft. Ein elektronisches Steuersystem wird einge-

setzt, um den Hilfsmotor zu gestatten, Drehmoment zum Turboladermotor über den Bereich niedriger Motordrehzahl zu liefern, und das elektronische Steuersystem kann auf einen Generatorbetriebszustand über den Bereich mit hoher Motordrehzahl umschalten. Durch Anwendung einer solchen Steuerung kann die von dem Hilfsmotor erzeugte Leistungsmenge an die übermäßige Abgasenergie angepasst werden, die notwendigerweise in dem Bereich mit hoher Motordrehzahl geliefert wird, so dass ein konstantes Ladeniveau in dem Lufterlasssystem aufrechterhalten werden kann. Entsprechend ist ein wichtiger Vorteil der vorliegenden Erfindung, dass die herkömmliche Auslassklappe weggelassen wird, wodurch die schlechten Wirkungsgrade der früheren Systeme minimiert oder eliminiert werden, die direkt in Beziehung mit dem nicht geleiteten und verschwendeten Abgasfluss sind. Wenn der unterstützende Motor-Generator elektrischen Strom aus der übermäßigen Abgasenergie erzeugt, wenn der Motor mit hohen Drehzahlen im Generatorbetriebszustand läuft, kann weiterhin der Regenerationsstrom in das elektrische System des Fahrzeugs zum Zwecke der Aufladung der Batterien gespeist werden, und der unterstützende Motor-Generator kann eine Bremswirkung für den Turboladerrotor vorsehen. Somit kann der unterstützende Motor Strom von den Batterien aufnehmen, wenn die Aufladung über den Bereich mit niedriger Motordrehzahl gesteigert werden muss, und kann Strom zurück in die Batterien während des Bereiches mit hoher Motordrehzahl einspeisen, wenn es eine Notwendigkeit gibt, die maximale Turboladerdrehzahl zu begrenzen, und wenn übermäßige Energie vorhanden ist, die in dem Motorabgas Strom verfügbar ist.

[0018] Entsprechend können der verbesserte Turbolader und das Steuersystem der vorliegenden Erfindung die Elemente einer sich drehenden elektrischen Maschine und eines Turboladers mit optimaler integrierter Konstruktion kombinieren, der das auf den Turboladerrotor aufgebrachte Drehmoment maximieren kann und irgend einen Kompromiss in der grundlegenden Auslegungskonfiguration des Turboladers minimieren kann, und zwar mit einer elektrischen Steuervorrichtung, die die Auslassklappe von Systemen des Standes der Technik eliminieren kann, wodurch die Motorleistung und der Betriebswirkungsgrad verbessert werden und die Motoremissionen verringert werden.

[0019] Weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung werden aus den Zeichnungen und einer detaillierten Beschreibung offensichtlich, die folgt.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0020] **Fig. 1** ist eine Querschnittsansicht von einem Ausführungsbeispiel der Turboladervorrichtung der vorliegenden Erfindung, die in einer Ebene durch

die Längsachse der Hauptwelle des Turboladers aufgenommen ist;

[0021] [Fig. 2](#) ist eine Ansicht eines Stators, der konfiguriert ist, um radial außerhalb der Kompressorradmagneten in dem in [Fig. 1](#) gezeigten Turbolader aufgenommen zu werden;

[0022] [Fig. 3](#) ist eine Querschnittsansicht von einem weiteren Ausführungsbeispiel der Turboladervorrichtung, die in einer Ebene durch die Längsachse der Hauptwelle des Turboladers aufgenommen ist, die den Stator in einer axialen versetzten Orientierung relativ zu den Kompressorradmagneten zeigt;

[0023] [Fig. 4](#) ist eine Ansicht des Kompressorrades der [Fig. 3](#), die die Motormagneten zeigt, die an dem Kompressorrad befestigt sind;

[0024] [Fig. 5](#) ist eine Ansicht der Motorwicklungen, die an einer Stirnseitenplatte gesichert sind, die an dem Turboladergehäuse benachbart zu den Motormagneten anzubringen ist;

[0025] [Fig. 6](#) ist noch ein weiteres Ausführungsbeispiel der Turboladervorrichtung, aufgenommen in einer Ebene durch die Längsachse der Hauptwelle des Turboladers, die einen Wassermantel zeigt, der integral mit dem mittleren Gehäuse davon ausgeformt ist, um einen Motorkühlmittelfluss aufzunehmen;

[0026] [Fig. 7](#) ist eine grafische Darstellung des Ladedruckes gegenüber der Motordrehzahl des Turboladersystems und der Steuervorrichtung der vorliegenden Erfindung, und zwar diagrammartig aufgelistet gegen Überladungsverluste eines Turboladers des Standes der Technik, der mit einer Auslassklappe versehen ist;

[0027] [Fig. 8](#) ist eine schematische Ansicht eines Steuersystems der vorliegenden Erfindung für einen Zwei-Takt-Motor gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung; und

[0028] [Fig. 9](#) ist eine schematische Ansicht eines Steuersystems der vorliegenden Erfindung für einen Vier-Takt-Motor gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel der Erfindung.

Detaillierte Beschreibung der bevorzugten Ausführungsbeispiele

[0029] Bevorzugte Ausführungsbeispiele der Erfindung weisen einen Turbolader mit einem internen unterstützenden Motor-Generator auf, der in einer Anzahl von Konfigurationen verkörpert sein kann. Mit Bezug auf die Zeichnungen und insbesondere auf [Fig. 1](#) kombiniert beispielsweise der Turbolader **10** die Elemente einer sich drehenden elektrischen Maschine und eines Turboladers bei der Erfindung.

[0030] Der Turbolader **10** ist außer den internen Elementen des Motor-Generators im wesentlichen von herkömmlicher Konstruktion, Struktur und Größe. Der Turbolader **10** weist ein Turbinengehäuse oder ein Gehäuse **12** auf, um ein Abgas Turbinenrad **14** mit mehreren Flügeln und ein Luftladekompressorrad **16** mit einer Vielzahl von Flügeln **17** aufzunehmen, das an den gegenüberliegenden Enden einer gemeinsamen Verbindungswelle **18** montiert ist. Die Turbine **20** weist ein Turbinengehäuse **12** auf, welches einen Abgasstromeinlassraum **12** aufweist, der angeschlossen ist, um Abgas von einem Verbrennungsmotor aufzunehmen, der bei manchen Anwendungen eine Auslasssammelleitung hat, die in zwei Abschnitte **22a**, **22b** aufgeteilt ist, wobei jeder Abschnitt Abgas von einem anderen Satz von (nicht gezeigten) Motorzylindern aufnimmt. Das Abgas wird zum Turbinenrad **14** und zur Welle **18** geleitet und treibt diese zur Drehung an. Nach dem Durchleiten durch das Turbinenrad **14** fließt der Abgasstrom aus dem Turbolader durch eine Auslassentlüftung **24**.

[0031] Die Drehung der Welle **18**, die in dem Lagergehäuse **19** befestigt ist, dreht das angebrachte Kompressorrad **16** am gegenüberliegenden Ende der Verbindungswelle **18**, und Verbrennungsluft wird durch eine Lufteinlassöffnung **26** gezogen, die in einem Kompressorgehäuse **28** ausgeformt ist, und zwar nach der durch Leitung durch einen (nicht gezeigten) geeigneten Filter, um Verunreinigungen zu entfernen. Das Kompressorgehäuse **28** weist einen Raum **30** auf, um die komprimierte Verbrennungsluft zu einer (nicht gezeigten) Motoreinlasssammelleitung zu leiten. Das Kompressorrad **16** ist auf der sich drehenden Welle **18** zwischen einer Verriegelungsmutter bzw. Wellenmutter **32** und einer Hülse **34** in dem Lagergehäuse **19** gesichert. Die herein fließende Verbrennungsluft wird durch die angetriebenen Kompressorradflügel **17** zusammen gedrückt, die auf einer Vorderseite des Kompressorrades **16** ausgeformt sind. Nachdem sie durch das Kompressorrad **16** komprimiert worden ist und durch einen Diffusorabschnitt **35** gelaufen ist, wird die komprimierte Verbrennungsluft durch den Einlassraum **30** geleitet und zu dem (nicht gezeigten) Einlasssammelleitungssystem des Motors geliefert.

[0032] Die [Fig. 1](#) und [Fig. 2](#) zeigen ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel einer internen Anordnung des Motor-Generators und des Turboladers der Erfindung. Wie beispielsweise in [Fig. 1](#) gezeigt, ist in einer solchen inneren Anordnung **33** eines Motor-Generators eine Vielzahl von Magneten **36** im allgemeinen in einer umlaufenden Anordnung um die Rückseite des Kompressorrades **16** mit einer konstanten radialen Versetzung von der Verbindungswelle **18** montiert, obwohl in Betracht gezogen wird, dass eine solche Anordnung gestuft sein kann oder in anderer Weise anders in Maschinen der Erfindung zum besseren Ausgleich der Trägheit und der erzeugten Drehmo-

mente und so weiter positioniert sein kann. In diesem Ausführungsbeispiel sind die Magneten **36** auf einer umlaufenden Schulter oder Kante **38** montiert, die in der Rückseite des Kompressorrades **18** ausgeformt ist, und werden gegen Zentrifugale Kräfte und axiale Kräfte durch eine sich umlaufend erstreckende Stahl-Haltehülse **40** am Platz gehalten.

[0033] Eine Motorwicklung, wie beispielsweise eine Statorwicklung **42**, die aus einem elektrischen Leiter besteht, wie beispielsweise aus einem Kupferdraht **44**, der um einen laminierten Stahl-Kern **46** gewickelt ist, ist in dem Lagergehäuse **19** des Turboladers **10** gelegen und erstreckt sich radial nach außerhalb der Magneten **36**, die an dem Kompressorrad **16** gesichert sind. Ein Luftspalt, der im allgemeinen bei **48** gezeigt ist, ist zwischen der Stahl-Haltehülse **40** und dem Innendurchmesser der Motorwicklung **42** vorgesehen, um ein notwendiges Laufspiel vorzusehen und irgendeinen physischen Kontakt dazwischen zu verhindern.

[0034] Die Drähte **44** der Motorwicklung **42** erstrecken sich zu Verbindungsdrähten **50**, die an der Stelle **52** enden (die außerhalb der Ebene gezeigt ist), wo sie aus dem mittleren Gehäuse durch eine abgedichtete Passung bzw. Verschraubung **54** austreten kann, und werden dann zu einer Steuerung und Leistungsversorgung geführt (wie beispielsweise in den [Fig. 8](#) und [Fig. 9](#), wie weiter unten beschrieben). Die abgedichtete Verschraubung **54** umkapselt die Verbindungsdrähte **50**, um das Eintreten von Feuchtigkeit und Verunreinigungen zu verhindern. Die Motorwicklung **42** wird in einer Orientierung koaxial zur Verbindungswelle **18** durch eine oder mehrere Einstellschrauben **56** gehalten, die sich durch ein sich nach außen erstreckendes Segment **58** des Lagergehäuses **19** erstrecken, und die mit dem Aussenumfang der Motorwicklung **42** in Eingriff stehen.

[0035] Bei der Erfindung wird Drehmoment auf das Kompressorrad **16** durch die Magneten **36** aufgebracht, wenn der Stator, d.h. die Motorwicklung **42**, durch die Steuerung und die Leistungsquelle erregt wird (beispielsweise [Fig. 8](#) und [Fig. 9](#)), und dies steigert das Drehmoment, das auf die Verbindungswelle **18** durch die Abgasturbine **14** aufgebracht wird, was bewirkt, dass die sich drehende Anordnung des Turboladers sich schneller dreht, als wenn sie nicht gemäß der Erfindung betrieben werden würde. Die schnellere Drehung des Kompressorrades **16** gestattet, dass es den Motor mit einem größeren Luftfluss mit höherem Druck bei jeder Motordrehzahl versorgt, wodurch die Motorleistung verbessert wird, während die Menge des Rußes und der Verunreinigungen reduziert wird, die während der Beschleunigung des Motors ausgestoßen werden.

[0036] Es wird dem Fachmann offensichtlich sein, dass die zusätzlichen Komponenten des Turbola-

ders, die nicht im Detail besprochen werden, in der Technik wohlbekannt sind, wobei diese die Wellenlager aufweisen, die in dem Lagergehäuse **19** aufgenommen sind, und Öldichtungselemente, die für eine zuverlässige Unterstützung der sich drehenden Anordnung und zum Halten und Filtern des Schmiermittels notwendig sind, das gewöhnlicherweise von einem unter Druck gesetzten Ölsystem geliefert wird, um die Lager zu schmieren und zu kühlen. Beispielsweise tritt ein Ölstrom in das mittlere Gehäuse beim Öleinlass **60** ein, und nach dem Durchlaufen durch das Lagersystem, das beispielsweise Kugellager **62** und Ölleitungen **64**, **66**, **68** aufweist, fließt Öl zum Ablauf **70** und wird dann zurück zum (nicht gezeigten) Motorölsumpf geleitet.

[0037] Mit Bezug auf [Fig. 2](#) weist die Motorwicklung, d.h. der Stator **42**, eine Vielzahl von Lamellen bzw. Schichten **46** von geeignetem magnetisch permeablem Material auf. Die Lamellen **46** des Stators **42** sind so ausgeformt, dass sie 6 Pole definieren, die jeweils eine Polwicklung **72** aus Kupferdraht **44** tragen, der elektrisch außerhalb der Lamellen angeschlossen ist, und der progressiver erregt werden kann, um ein sich drehendes Magnetfeld um den Aussenumfang der Magneten **36** herum zu erzeugen. Das daraus resultierende sich drehende Magnetfeld stellt eine Koppelung mit dem Magnetfeld der Magneten **36** her, die an dem Kompressorrad **16** angebracht sind, um bei der Drehung des Turboladers zu helfen, insbesondere bei niedrigen Drehzahlen.

[0038] [Fig. 3](#), [Fig. 4](#) und [Fig. 5](#) zeigen ein zweites Ausführungsbeispiel 80 eines Turboladers der Erfindung, der einen internen Motor-Generator bzw. internen Komponenten eines Motor-Generators **38** aufweist. Das zweite Ausführungsbeispiel 80 weist eine Vielzahl von Magneten **82** auf, die eine größere Abmessung in radialer Richtung haben, die sich von einer Schulter **84** erstrecken, die an einer radial dazwischen liegenden Stelle an der Rückseite des Kompressorrades **16** ausgeformt sind. Insbesondere erstrecken sich die Magneten **82** des zweiten Ausführungsbeispiels zu einer größeren radialen Höhe in einen ringförmigen Raum, der zwischen der Schulter **84** und einer Innenseite **86** des Gehäuseteils **58** definiert ist. Ein Stator **88** wird in dem Lagergehäuse **37** in gegenüber liegender axial versetzter Beziehung zu den Motormagneten **82** getragen. Eine Haltehülse **85** gesichert die Magneten **82** an dem Kompressorrad **16** gegen zentrifugale Kräfte und axiale Kräfte in der zuvor beschriebenen Weise. Die restlichen Komponenten des in [Fig. 3](#) gezeigten Turboladers sind im wesentlichen die Gleichen wie jene, die in [Fig. 1](#) gezeigt sind, und führen die gleichen Funktionen aus, wie zuvor beschrieben.

[0039] Die Montage der Magneten mit den von den Motormagneten **36** axial versetzten Wicklungen, wie in [Fig. 3](#) gezeigt, gestattet die Anwendung von grö-

ßeren Magneten mit vergrößerter Abmessung in radialer Richtung entlang der hinteren Stirnseite des Kompressorrades. Größere Magnetgrößen entsprechen größeren Drehmomenten, die somit auf das Kompressorrad **16** im Vergleich zu dem in [Fig. 1](#) gezeigten Ausführungsbeispiel ausgeübt werden können. Jedoch trägt das in [Fig. 3](#) gezeigte Ausführungsbeispiel, welches einen axial versetzten Stator verwendet, zum zusätzlichen axialen Raum im Inneren des Lagergehäuses **19** bei und verlängert den Überhang des Kompressorrades **16** von dem Kompressor und den Lagern.

[0040] Wiederum mit Bezug auf [Fig. 3](#) ist der Stator **88** benachbart zu den Magneten **82** mit einem kleinen Luftspalt **90** dazwischen positioniert. Die Wicklungen des Stators **88** weisen sechs laminierte Kerne **92** auf, um die ein Kupferdraht **94** in einer oder mehreren Lagen gewickelt ist. Die Verbindungen mit jedem Draht **94** werden zu einer einzigen Stelle geleitet und treten aus dem Lagergehäuse **37** durch eine abgedichtete Armatur bzw. Verschraubung **96** aus und sind zur Verbindung mit einer Steuerung und Leistungsversorgung verfügbar (beispielsweise wie in [Fig. 8](#) und [Fig. 9](#) weiter unten beschrieben). Die Magneten **82**, die an der Rückseite des Kompressorrades **16** angebracht sind, können beispielsweise gemäß einem Ausführungsbeispiel mit vier Magneten **82** angeordnet sein, wie in [Fig. 4](#) gezeigt; jedoch kann eine größere oder geringere Anzahl von Motormagneten **82** und eine größere oder geringere Anzahl von Statorpolen bei diesem Turboaufladungssystem verwendet werden. Gemäß dem in [Fig. 4](#) gezeigten Ausführungsbeispiel sind die vier Magneten **82** in abwechselnder Nord-Süd-Polarität auf dem hinteren Teil des Kompressorrades **16** benachbarte zum Stator angeordnet und sind elektrischen voneinander isoliert.

[0041] [Fig. 5](#) zeigt eine Frontansicht der laminierten magnetischen Kerne **92**, wenn die auf einer Stirnseitenplatte **98** vorgesehen sind, die an dem Lagergehäuse **37** des Turboladers angebracht ist. Ein oder mehrere Hall-Effekt-Sensoren **100**, die an der Anordnung und vorzugsweise an einer zentrierten Stelle an einem oder mehreren laminierten Magnetenkernen **92** befestigt sind, werden verwendet, um die Position der Magneten **82** ([Fig. 4](#)) auf dem sich drehenden Glied zu detektieren, und um ein Signal an die Steuerung zu senden (beispielsweise wie bei [Fig. 8](#) und [Fig. 9](#), wie weiter unten beschrieben), um die Drehzahl des Turboladerrotors anzuzeigen, und auch wann jedes der getrennten Wicklungsfelder zu erregen ist.

[0042] Wie zuvor beschrieben, bleiben die Motormagneten von jedem Turboladerausführungsbeispiel 10 oder 80 relativ kühl, und zwar dadurch, dass sie an dem sich drehenden Kompressorrad des Turboladers angebracht sind und davon isoliert werden kön-

nen. Das Kompressorrad zieht Luft mit Umgebungstemperatur ein, und der Temperaturanstieg aufgrund des Kompressionsprozesses findet ziemlich außerhalb der Lage der Magneten auf dem Hinterteil des Kompressionsrades statt. Jedoch können die Wicklungen gekühlt werden, indem man einen Kühlmittelflusspfad integral mit dem Turboladerlagergehäuse vorsieht, beispielsweise dem Lagergehäuse **19** der [Fig. 1](#), wie in [Fig. 6](#) gezeigt. Insbesondere kann das Kühlwasser von dem Motorkühlsystem in den Wassermantel **102** beim Einlass **104** eintreten, kann durch den Wassermantel **102** zirkulieren und am Auslass **106** austreten. Der Kühlmantel **102** erstreckt sich zu signifikanten Wärmesenkenzonen und durch diese hindurch in Wärmeübertragungsbeziehung zu der Statorwicklung **42** in dem Turboladergehäuse. Die Zirkulation des Kühlströmungsmittels kann natürlich unabhängig von dem Kühlungssystem des Verbrennungsmotors sein, an dem der Turbolader der vorliegenden Erfindung angebracht ist.

[0043] Die Leistung des Turboladers von jedem Ausführungsbeispiel 10 oder 80 oder von einem externen Motor-Generator unter dem Befehl der elektrischen Steuervorrichtung der vorliegenden Erfindung ist in einer Kurve des Ladedruckes gegenüber der Motordrehzahl eines beispielhaften turboaufgeladenen Dieselmotors gezeigt, der in [Fig. 7](#) gezeigt ist, und wie weiter in den [Fig. 8](#) und [Fig. 9](#) gezeigt, steuern die Steuervorrichtungen **144**, **162** die unterstützenden Motor-Generatoren **146**, **164** der Turboladeranordnungen **142**, **162**, deren Betrieb weiter unten beschrieben wird.

[0044] Wie oben gezeigt, können die Turbolader der Erfindung einen oder mehrere Sensoren aufweisen (beispielsweise 100), der bzw. die die Turboladerrotordrehzahl als ein Signal an die Steuerung **144**, **182** des unterstützenden Motor-Generators ausgeben kann. Die Motor-Generatorsteuerung **144**, **182** kann Mittel zur Umwandlung der Turboladerrotordrehzahl in die Motordrehzahl aufweisen, oder kann programmiert sein, so dass sie diese aufweist, wenn sie einen Mikroprozessor aufweist. Die Steuerung kann zusätzlich oder als Alternative mit einem Motordrehzahlsignal vom Motortachometer und/oder mit einem Motorsammelleitungsdrucksignal beliefert werden, oder mit anderen verwendbaren Motorparametersignalen (in den [Fig. 8](#) und [Fig. 9](#) durch gestrichelte Linien **145** und **165** gezeigt), und kann solche Motorsignale verwenden, um den unterstützenden Motor-Generator wie unten beschrieben zu erregen bzw. einzuschalten, zu entregen bzw. auszuschalten und durch eine Verbindung mit einer elektrischen Stromlast zu laden.

[0045] Bei einer niedrigen Leerlaufdrehzahl von ungefähr 600 U/min könnte ein Turbolader von Systemen des Standes der Technik keinen signifikanten Laderdruck aufgrund der niedrigen Temperatur und

der geringen Menge des Abgasflusses erzeugen, wie durch die durchgezogene Leistungskurve **130** gezeigt. Bei Motordrehzahlen über ungefähr 1400 U/min, d.h. bei voller Belastung, wird der Turbolader übermäßig hohe Drehzahl zeigen, und würde ohne eine Auslassklappe Ladedrucke über einer zulässigen Grenze erzeugen (gezeigt als ein beispielhafter Ladedruck von ungefähr 45 Inch Quecksilbersäule), wie mit der Linie **134** mit abwechselnden langen und kurzen Strichen in **Fig. 7** gezeigt. Jedoch wird mit einer ladedruckgesteuerten Auslassklappe, die auf oder ungefähr bei der zulässigen Ladedruckgrenze arbeitet (beispielsweise 45 Inch Quecksilbersäule) die Turboladeraufladung auf die zulässige Grenze eingeschränkt, wie durch die durchgezogene Linie **130** gezeigt. Die Auslassklappe verschwendet jedoch in nicht wünschenswerter Weise Energie über jener Grenze durch Entlüftung des Abgasstroms um die Turboladerturbine herum und aus dem Auslassrohr heraus.

[0046] Gemäß der vorliegenden Erfindung kann jedoch ein Turbolader mit einem unterstützenden Motor-Generator den Motor mit einer idealen Ladedruckkurve über den gesamten Motordrehzahlbereich bis zu einer Nenn-Drehzahl von 2000 U/min für einen beispielhaften Dieselmotor versehen (und bei höheren oder niedrigeren Motordrehzahlen für andere Dieselmotoren und andere Arten von Verbrennungsmotoren). Der unterstützende Motor-Generator, beispielsweise die internen Motor-Generatoren **33** oder **83** der oben beschriebenen Ausführungsbeispiele, wirken als Motoren und helfen dem Turbolader dabei, sich mit einer vorbestimmten minimalen Drehzahl im Leerlauf und bis zu der zwischen Drehmomentspitzen Drehzahl von 1400 U/min zu drehen, wie von der durchgezogenen Linie **132** gezeigt. Über der zwischen Drehmomentspitzendrehzahl von 1400 U/min wirkt der unterstützende Motor-Generator, beispielsweise **33** oder **83**, als ein Generator, was den Turbolader bei Geschwindigkeiten über 1400 U/min bremst, um einen im wesentlichen konstanten Ladedruck aufrecht zu erhalten, wie von der gestrichelten Linie **132** gezeigt, und zwar bei der zulässigen Ladedruckgrenze, ohne in anderer Weise nützliche Abgasstromenergie zu entlüften, wie vom Stand der Technik angefordert. Der übermäßige Ladedruck von einer nicht unterstützten Überdrehzahl des Turboladers ohne Auslassklappenentlüftung ist durch die Kurve **134** mit den abwechselnden langen und kurzen Strichen gezeigt, die sich von der Leistungskurve **130** bei Ladedrücken über der Ladedruckgrenze erstrecken.

[0047] Der unterstützende Motor-Generator, beispielsweise die internen Motoren-Generatoren **33** oder **83** der oben beschriebenen Ausführungsbeispiele, kann ausgelegt sein, um den Turbolader mit einer erwünschten maximalen Rotordrehzahl zu drehen, die volle Spannung der Batterie des Verbren-

nungsmotors (beispielsweise die Batterie **150** oder **168** in den **Fig. 8** und **Fig. 9**) durch eine Steuervorrichtung auf den unterstützenden Motor-Generator aufgebracht wird, und wenn der Turboladerrotor durch die Motorabgasenergie in zu höheren Drehzahlen gezwungen wird (beispielsweise bei Motordrehzahlen oberhalb von 1400 U/min im Beispiel der **Fig. 7**). Der unterstützende Motor-Generator kann Strom für eine elektrische Last erzeugen, beispielsweise bei der erneuten Aufladung der Batterie des Verbrennungsmotors, und kann als eine Bremse für die Drehung des Turboladerrotors zu wirken. Die Generatorabbremmung als eine Folge der Erfindung ist als die Differenz des Ladedruckes zwischen den Kurven **132** und **134** für Motordrehzahlen über 1400 U/min gezeigt. **Fig. 7** ist ein Beispiel für ein Ergebnis der Erfindung. Das Motordrehmoment und die Generatorausgabe des unterstützenden Motor-Generators können durch die Steuermittel zugeschnitten sein, um andere Charakteristiken des Ladedruckes gegenüber der Motordrehzahl zu erzeugen, und zwar gemäß den Anforderungen von unterschiedlichen Arten von Motoranwendungen.

[0048] Ein sehr wünschenswerter Betriebszustand kann erzeugt werden durch Betrieb des unterstützenden Motor-Generators (beispielsweise **33** oder **83**) bei niedrigen Motordrehzahlen auf einem ersten Erregungsniveau, um dem Turbolader dabei zu helfen, ein vorbestimmtes Drehzahlniveau zur Erzeugung einer Aufladung aufrecht zu erhalten, dann durch das Anheben des Erregungsniveaus für kurze Zeitperioden, wenn angefordert wird, dass der Motor von niedrigeren zu höheren Motordrehzahlen beschleunigt. In dieser Weise kann der unterstützende Motor-Generator ein viel höheres Drehmoment erzeugen als das erste Niveau, und zwar zum Zweck der Steigerung des Ladedruckes, der von dem Turbolader während der Beschleunigung des Motors geliefert wird, wodurch Ruß im Abgas gesenkt wird, wodurch die Abgasemissionen gesenkt werden, wodurch die Beschleunigungszeit verkürzt wird, und wodurch das Ansprechen des Motors auf plötzliche Lastveränderungen verbessert wird. Es wird offensichtlich sein, dass die vorliegende Erfindung nicht auf diese Motoren eingeschränkt ist und auf irgendeine Art eines Verbrennungsmotors mit einem Abgasfluss angewandt werden kann.

[0049] Viele andere wünschenswerte Betriebscharakteristiken werden durch Anwendung der geeigneten elektrischen Steuerungen möglich, um das Motordrehmomenten und den Abbremsungseffekt des Generators zu variieren. Mit Bezug wiederum auf die **Fig. 8** und **Fig. 9** sind Steuersysteme zum Betrieb von Zwei-Takt- und Vier-Takt-Verbrennungsmotoren gezeigt; jene Steuersysteme sehen eine verbesserte betriebliche Steuerung mit allen oben beschriebenen Vorteilen vor.

[0050] Insbesondere und mit Bezugnahme auf **Fig. 8** hat der Motor im Falle eines Zwei-Takt-Verbrennungsmotors, der schematisch mit dem Bezugszeichen **140** bezeichnet ist, keinen Ansaughub und kann nicht gestartet werden, außer wenn ein Kompressor eingesetzt wird, um Verbrennungsluft in einen Zylinder **141** während des Anlaufens zu drücken. Mit einem motorunterstützten Turboladersystem der vorliegenden Erfindung kann der Hilfsmotor erregt werden, wenn der Motor durch einen Startermotor durchgedreht wird, und der Turboladerrotor kann durch den Hilfsmotor mit ausreichend hoher Drehzahl gedreht werden, um einen positiven Ladedruck in dem Einlassammelleitungssystem zu liefern. Somit wird die Notwendigkeit eines getrennten motorgetriebenen Kompressors, um einen Ladedruck zum Starten zu liefern, zusammen mit der komplizierten Ausführung des assoziierten mechanischen Antriebssystems eliminiert, was Einsparungen bezüglich des Gewichtes und bezüglich der Komplexität des Systems zur Folge hat.

[0051] **Fig. 8** zeigt ein erstes Ausführungsbeispiel eines Steuersystems der vorliegenden Erfindung, welches auf einen Zwei-Takt-Motor mit einem Motor unterstützten Turbolader **142** angewandt wird. Das Steuersystem weist eine elektrische Steuervorrichtung **144** auf, die betriebsmässig angeschlossen ist, um einen Erregungsstrom zu einem Hilfsmotor **146** für den Turbolader zu liefern. Ein Zündungsschalter **148** wird geschlossen, wenn der Zwei-Takt-Motor **140** zu starten ist, wodurch der Hilfsmotor **146** durch die Energiequelle **150** erregt wird, um den Turboladerrotor bis zur einer minimalen kontinuierlichen Betriebsdrehzahl zu beschleunigen, die ermöglicht, dass der Motor **140** startet und mit leichter Belastung läuft. Wenn ein Gaspedal, eine Drosselverbindung oder ein (nicht gezeigter) Getriebehebel bewegt wird, um schnell den Motor und/oder das Fahrzeug zu beschleunigen, schließt ein "Drosselschalter" **152** und erregt eine besonders starke Energiequelle **154**, die die Energiequelle **150** unterstützt, um den Hilfsmotor **146** stark zu erregen, um bei der Beschleunigung des Turboladerrotors zu helfen, und um daher eine verbesserte Beschleunigung des Motors vorzusehen. Der "Drosselschalter" **152** kann mit einer Druckpunktbetätigungsverrichtungen versehen sein, so dass der "Drosselschalter" nur geschlossen wird, wenn die Drossel des Motors schnell bewegt wird.

[0052] Ein Rotordrehzahlsensor **156** für den Turbolader **142**, der benachbart zu einem integralen Elektromotor in dem Turbolader **142** gelegen sein kann oder in diesem gelegen sein kann, kann ein Rotordrehzahlsignal **156a** zur Steuervorrichtung **144** senden, um beide Erregungsschaltungen **150**, **154** des Motors **146** zu öffnen, wenn die Rotordrehzahl ein vorbestimmtes hohes Niveau überschreitet, wobei zu diesem Zeitpunkt der Turbolader **142** einen höheren Ladedruck erzeugen kann als den Auslassdruck, wo-

durch der Motorbetrieb aufrecht gehalten wird. Zu irgend einem folgenden Zeitpunkt, wenn die Turboladerrotordrehzahl unter ein Niveau abfällt, wo der Turbolader nicht länger den Betrieb des Motors unterstützen kann, kann das Rotordrehzahlsignal von der Steuervorrichtung **144** verwendet werden, um den Hilfsmotor **146** auf seinem minimalen kontinuierlichen Niveau zu erregen, und der Hilfsmotor **146** kann dem Turbolader dabei helfen, eine Rotordrehzahl aufrecht zu erhalten, die nötig ist, um den Motor im Betrieb zu halten. Zu jederzeit, wenn die Motorbeschleunigung benötigt wird, schließt der Drosselschalter **152** die besonders starke Erregungsschaltung **154**, um wiederum dabei zu helfen, dem Turbolader und den Motor zu beschleunigen. Zu jeder Zeit, wenn die Rotordrehzahl das vorbestimmte hohe Niveau überschreitet, wie beispielsweise jenes, das der Ladedruckgrenze (**Fig. 7**) entspricht, wird das Rotordrehzahlsignal **156a** von der Steuervorrichtung **144** verwendet, um beide Erregungsschaltungen **150**, **154** zu öffnen. Falls erwünscht, können zusätzlich dazu oder als Alternative ein oder mehrere Motorbetriebssignale **145** zur Steuerung **144** geliefert werden, um solche Betriebsvorgänge zu bewirken.

[0053] **Fig. 9** zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel eines Steuersystems der Erfindung, das auf einen Vier-Takt-Motor angewandt wird, der schematisch als Bezugszeichen **160** gezeigt ist, der einen Motor unterstützten Turbolader **162** verwendet, der von einer Steuervorrichtung **182** gesteuert wird, wie unten beschrieben. Anders als ein Zwei-Takt-Motor weist ein Vier-Takt-Motor einen Ansaughub auf und benötigt keinen zusätzlichen Kompressor, um Motorladeluft zu erzeugen. Somit kann einen Vier-Takt-Motor ohne Unterstützung der Turboladeranordnung **162** gestartet werden.

[0054] Bei dem System der **Fig. 9**, wenn es erwünscht ist, dass der Motor **160** unter Belastung beschleunigt wird, beispielsweise um ein beladenes Fahrzeug zu bewegen, wird der Fahrzeuggetriebehebel im Falle eines automatischen Getriebes in die Antriebsposition vorgeschoben, oder im Falle eines manuellen Getriebes wird der geeignete Gang ausgewählt und eingelegt. Diese Handlung schließt einen Getriebeschalter **166**, der durch die Steuervorrichtung **182** einen kontinuierlichen Betrieb des unterstützenden Motors für den Turbolader (beispielsweise **164**) aktiviert, und zwar durch seine Erregung durch die kontinuierliche Energiequelle **168**, wie beispielsweise die Verbrennungsmotorbatterie. Dies bereitet den Motor für seine erste Beschleunigung vor, und zwar durch Steigerung der Turboladerrotordrehzahl auf eine vorbestimmte minimale Drehzahl. Wenn dann, das Gaspedal oder die Drossel (nicht gezeigt) des Fahrzeugs schnell betätigt wird, beispielsweise für eine schnelle Beschleunigung des Fahrzeuges, wird ein "Drosselschalter" **170** geschlossen, und durch die Steuervorrichtung **182** wird der Hilfsmotor

164 durch eine besonders starke Energiequelle **172** besonders stark erregt, um dem Turbolader und dem Motor bei der Beschleunigung zu helfen. Der "Drosselschalter" **170** kann mit einer Druckpunktbetätigungsverrichtung versehen sein, so dass der "Drosselschalter" nur geschlossen wird, wenn das Gaspedal oder die Drossel des Fahrzeugs schnell bewegt wird.

[0055] Ein Rotordrehzahlsensor **174** für den Turbolader **162**, der in einem unterstützenden inneren Elektromotor **164** in dem Turbolader gelegen ist, kann ein Turboladerdrehzahlensignal **174a** für die Steuerung **182** vorsehen, dass dahingehend wirken kann, dass es beide Energiequellen **168**, **172** entregt, wenn die Turboladerrotordrehzahl eine vorbestimmte maximale Drehzahl erreicht, wie beispielsweise jene, die der Ladedruckgrenze entspricht. Jedes Mal, wenn die Rotordrehzahl unter das vorbestimmte minimale Niveau fällt, sendet der Rotordrehzahlsensor **174** ein Drehzahlensignal **174a** an die Steuermittel **182**, um die kontinuierliche Erregungsschaltung **168** des Motors zu schließen, um die Rotordrehzahl auf dem vorbestimmten minimalen Niveau in Vorbereitung für die nächste Beschleunigung des Motors **160** zu halten. Während des Betriebs des Motors **160** wird ein Ladeluftfluss vom Turbolader **162** durch ein Lufteinlasssystem **176** geleitet, um über das Einlassventil **188** in die Motorzylinder **178** eingeleitet zu werden. Falls erwünscht kann bzw. können zusätzlich oder als Alternative ein oder mehrere Motorbetriebssignale **165** zu der Steuerung **182** geliefert werden, um solche Betriebsvorgänge zu bewirken.

[0056] Im Betrieb wird der Motor-Generator **164** bei dem Motor unterstützten Turbolader **162** mit einer ausreichend hohen Drehzahl arbeiten, um einen elektrischen Strom zu erzeugen, wenn eine Nenn-Leistung eines Verbrennungsmotors derart ist, dass ein Übermaß an Abgasenergie im mittel bis hoch liegenden Motordrehzahlbereich verfügbar ist. In diesem Fall kann der Strom zurück durch die Steuervorrichtung **182** gespeist werden, um jede Energiequelle **168**, **172** erneut zu laden, die beispielsweise die Batterie oder die Batterien für den Verbrennungsmotor oder das Fahrzeug sein kann bzw. können. Wenn die Batterien voll aufgeladen sind, kann die Steuervorrichtung **182** programmiert werden, um den elektrischen Strom zu anderen Zusatzeinrichtungen oder zu einem Stromableitungswiderstand **190** durch den Schalter **192** abzuleiten, um eine Abbremsung des Turboladerrotors vorzusehen.

[0057] Bei dem motorunterstützten Turbolader **142**, **162**, der entweder bei einem Zwei-Takt- oder bei einem Vier-Takt-Motor **140**, **160** verwendet wird, kann der Hilfsmotor mit einem (nicht gezeigten) internen Temperatursensor versehen werden, um als eine Schutzvorrichtung zu bewirken, in dem Sie der Steuervorrichtung **144**, **182** signalisiert, dass der Hilfsmo-

tor zu entregen bzw. auszuschalten ist, wenn die interne Temperatur einen vorbestimmten sicheren Wert überschreitet.

[0058] Für jene Anwendungen, wo es wünschenswert sein kann, die Drehzahl des Turboladerrotors zu überwachen, kann eine (nicht gezeigte) digitale Ausleseanzeige vom Motor oder von der Steuervorrichtung geliefert werden und an einer passenden Stelle zur Beobachtung zu irgendeinem Zeitpunkt während des Betriebs des Motors angezeigt werden.

[0059] Somit dienen die Systeme der vorliegenden Erfindung zu mehreren Funktionen: um in einem Hilfsbetriebszustand dazu zu dienen, einen Verbrennungsmotor bei niedrigen Motordrehzahlen und während der Beschleunigung zu unterstützen, und um als eine Bremse für die Drehung des Turboladerrotors bei mittleren bis hohen Motordrehzahlen zu wirken. Der unterstützende Motor-Generator kann in einem Generator Betriebszustand als ein elektrischer Generator bei hohen Motordrehzahlen und Motorbelastungen wirken, und zwar in Verbindung mit einer Steuervorrichtung, die den Strom regeln kann, der zu einer Batterieladeschaltung gespeist wird, und wenn die elektrischen Speicherbatterien vollständig aufgeladen sind, um übermäßigen Strom zur anderen Anwendungen oder zu einem Stromableitungswiderstand abzuleiten.

[0060] Obwohl gewisse bevorzugte Ausführungsbeispiele der Erfindung hier beschrieben worden sind, wird es dem Fachmann für die Technik, auf die sich die vorliegende Erfindung bezieht, offensichtlich sein, dass Variationen und Modifikationen der beschriebenen Ausführungsbeispiele vorgenommen werden können, ohne vom Umfang der Erfindung abzuweichen, wie er in den Ansprüchen definiert wird. Entsprechend ist beabsichtigt, dass die Erfindung nur in dem Maß eingeschränkt ist, wie es durch die beigefügten Ansprüche und die anzuwendenden gesetzlichen Regelungen erforderlich ist.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Turboaufladung eines Verbrennungsmotors, das folgende Schritte aufweist:
Vorsehen eines Turboladers (**10**, **142**, **162**), um Abgasenergie aus dem Verbrennungsmotor zur Erzeugung eines komprimierten Verbrennungsluftflusses zu verwenden;
Vorsehen eines Elektromotors (**33**, **146**, **164**), der angeordnet ist, um dem Turbolader (**10**, **142**, **162**) dabei zu helfen, den komprimierten Verbrennungsluftfluss zu erzeugen;
Liefere von Energie zu dem Elektromotor, um den Turbolader dabei zu helfen, auf eine vorbestimmte Motordrehzahl zu beschleunigen; Verwenden von übermäßiger Abgasenergie bei Drehzahlen, die die vorbestimmte Motordrehzahl überschreiten, um elek-

trische Energie zu erzeugen;
Erregung des Elektromotors und Halten des Turboladers auf eine minimalen Drehzahl jedes Mal dann, wenn die Rotordrehzahl unter das vorbestimmte kontinuierliche minimale Niveau fällt, wobei die Steuerung (**144**, **182**) den Motor-Generator als einen Motor erregen, um die Turboladerrotordrehzahl auf einem minimalen kontinuierlichen Niveau in Vorbereitung für eine Beschleunigung des Motors zu halten; zusätzliche Erregung des Elektromotors zur Beschleunigung des Turboladers auf eine Anforderung zur Beschleunigung des Verbrennungsmotors hin.

2. Turboaufladungsverfahren nach Anspruch 1, welches den zusätzlichen Schritt aufweist, den Elektromotor (**33**, **146**, **164**) zu entregen bzw. auszuschalten, wenn der Turbolader (**10**, **142**, **162**) die vorbestimmte hohe Rotordrehzahl erreicht.

3. Turboaufladungsverfahren nach Anspruch 1, welches den zusätzlichen Schritt aufweist, das Ausgangsdrehmoment des Elektromotors ungefähr bei der Drehmomentsspitze des Verbrennungsmotors zu reduzieren.

4. Turboaufladungsverfahren nach Anspruch 1, welches den zusätzlichen Schritt aufweist, den Betrieb des Elektromotors (**33**, **146**, **164**) von einem Hilfs- bzw. Unterstützungsbetriebszustand in einen Betriebszustand zur Erzeugung von elektrischer Energie umzuschalten.

5. Turboaufladungsverfahren nach Anspruch 4, welches den zusätzlichen Schritt aufweist, den Betriebszustand zur Erzeugung von elektrischer Energie zur Abbremsung des Turboladers bei der vorbestimmten hohen Turboladerdrehzahl zu verwenden.

6. Turboaufladungsverfahren nach Anspruch 1, welches den zusätzlichen Schritt aufweist, eine innere Temperatur des Elektromotors abzufühlen und den Elektromotor auszuschalten, wenn die abgefühlte Temperatur eine vorbestimmte Temperatur überschreitet.

7. Turboaufladungsverfahren nach Anspruch 4, welches den zusätzlichen Schritt aufweist, die erzeugte elektrische Energie zu einem elektrischen System eines Fahrzeugs zu leiten.

8. Turboaufladungsverfahren nach Anspruch 7, welches den zusätzlichen Schritt aufweist, elektrische Energie zu einer elektrischen Speicherbatterie zu leiten.

9. Turboaufladungsverfahren nach Anspruch 1, welches den zusätzlichen Schritt aufweist, erzeugte elektrische Energie zu einer ableitenden Widerstandsvorrichtung (**190**) zur Abbremsung des Turboladerrotors zu leiten.

10. Turboaufladungssystem zur Anwendung in einem Verbrennungsmotor, das Folgendes aufweist:

einen Turbolader (**10**, **142**, **162**), der einen Rotor mit einer Abgasturbine (**20**) aufweist, um einen Abgasfluss von dem Verbrennungsmotor aufzunehmen, und einen durch eine Turbine angetriebenen Kompressor, der komprimierte Luft zu dem Verbrennungsmotor liefert;

einen unterstützenden Motor-Generator (**33**, **146**, **164**), um dem Turbolader (**10**, **142**, **162**) dabei zu helfen, komprimierte Luft in den Verbrennungsmotor zu liefern; und

eine Steuerung (**144**, **182**) zum Zwecke der Erregung und Entregung des unterstützenden Motor-Generators (**33**, **146**, **164**) von einer außerhalb liegenden Energiequelle (**150**, **154**, **168**, **172**) ansprechend auf die Turboladerrotordrehzahl; und

einen Sensor (**156**, **174**), um ein Turboladerrotordrehzahlsignal (**156a**, **174a**) zu der Steuerung (**144**, **182**) zu liefern,

wobei jedes Mal, wenn die Rotordrehzahl unter das vorbestimmte kontinuierliche minimale Niveau fällt, die Steuerung (**144**, **182**) den Motor-Generator (**33**, **146**, **164**) als einen Motor erregt bzw. einschaltet, um die Turboladerrotordrehzahl auf dem minimalen kontinuierlichen Niveau in Vorbereitung einer Beschleunigung des Motors zu halten, und

wobei die Steuerung (**144**, **182**) den Motor-Generator (**33**, **146**, **164**) stark als Motor erregt, um bei der Beschleunigung des Turboladerrotors während Perioden der Motorbeschleunigung bis zu einem vorbestimmten Niveau zu helfen.

11. Turboaufladungssystem nach Anspruch 10, wobei die Steuerung (**144**, **182**) den unterstützenden Motor-Generator (**33**, **146**, **164**) erregt, wenn die Turboladerrotordrehzahl das vorbestimmte Niveau erreicht.

12. Turboaufladungssystem nach Anspruch 10, wobei die Steuerung (**144**, **182**) gestattet, dass der Motor-Generator (**33**, **146**, **164**) elektrischen Strom über einer vorbestimmten Motordrehzahl erzeugt, so dass er als eine Bremse für den Turboladerrotor wirkt.

13. Turboaufladungssystem nach Anspruch 12, wobei die Steuerung (**144**, **182**) gestattet, dass der Motor-Generator (**33**, **146**, **164**) elektrischen Strom über einer vorbestimmten Motordrehzahl erzeugt, um einen konstanten Ladeluftdruck für den Verbrennungsmotor beizubehalten.

14. Turboaufladungssystem nach Anspruch 10, wobei ein Eingang eines Zündungsschalters (**148**) mit der Steuerung (**144**) verbunden ist, und wobei der Steuerschalter den Motor-Generator (**146**) als einen Motor erregt bzw. einschaltet, um den Turbolader bis zu einer Drehzahl anzutreiben, die nötig ist, um eine

Versorgung mit Startluft zu einem Zwei-Takt-Verbrennungsmotor ansprechend auf die Zündungsschaltereingangsgröße zu liefern.

15. Turboaufladungssystem nach Anspruch 10, wobei die Steuerung (**144, 182**) den Motor-Generator (**33, 146, 164**) als Motor erregt bzw. einschaltet, um die Turboladerrotordrehzahl auf einem minimalen kontinuierlichen Niveau zu halten, um einem Zwei-Takt-Verbrennungsmotor zu gestatten, zu arbeiten, wenn das Abgasenergieniveau nicht ausreicht, um den Motorbetrieb aufrecht zu erhalten.

16. Turboaufladungssystem nach Anspruch 10, wobei ein Sensor zum Liefern eines Signals an die Steuerung (**144, 182**) vorgesehen ist, der einen Eingriff eines Motorgetriebes anzeigt; und wobei ein Sensor zum Liefern eines Signals zu der Steuerung von einer Drosselverbindung des Verbrennungsmotors vorgesehen ist, wenn der Motor unter Belastung beschleunigen soll.

17. Turboaufladungssystem nach Anspruch 10, wobei der unterstützende Motor-Generator (**33, 146, 164**) durch die Steuerung erregt wird, um den Turbolader (**10, 142, 162**) auf einer Rotordrehzahl auf einem minimalen kontinuierlichen Niveau entsprechend einem minimalen Luftdruck zu halten.

18. Turboaufladungssystem nach Anspruch 10, wobei der unterstützende Motor-Generator (**33, 146, 164**) durch die Steuerung (**144, 182**) erregt wird, wenn der Turbolader (**10, 142, 162**) eine vorbestimmte hohe Rotordrehzahl entsprechend einem vorbestimmten Ladedruck erreicht.

19. Turboaufladungssystem nach Anspruch 10, wobei der unterstützende Motor-Generator (**33, 146, 164**) durch die Steuerung (**144, 182**) von einer ersten Erregungsschaltung (**150, 168**) erregt wird, um einen im wesentlichen konstanten Ladedruck bei dem Verbrennungsmotor aufrecht zu erhalten.

20. Turboaufladungssystem nach Anspruch 10, wobei eine zweite Erregungsschaltung (**154, 172**) vorgesehen ist, wobei der unterstützende Motor-Generator (**33, 146, 164**) durch die Steuerung von der zweiten Erregungsschaltung erregt wird, um den Motor-Generator stark zu erregen, und um einen gesteigerten Ladedruck während der Beschleunigung des Verbrennungsmotors zu liefern.

21. Turboaufladungssystem nach Anspruch 10, wobei die Steuerung Folgendes aufweist:
einen ersten Eingang zur Aufnahme eines ersten Signals, das den Eingriff eines Motorgetriebes anzeigt,
einen zweiten Eingang zur Aufnahme eines zweiten Signals der Turboladerdrehzahl,
einen dritten Eingang zur Aufnahme eines dritten Signals, dass eine Notwendigkeit für gesteigerte Leis-

tung anzeigt,
einen ersten Schalter, der von dem ersten Signal betrieben wird, um ein vorbestimmtes erstes elektrisches Energieniveau mit dem Motor des motorunterstützten Turboladers zu verbinden,
einen zweiten Schalter, der von dem zweiten Signal betrieben wird, um die elektrische Energie von dem Motor zu trennen, und
einen dritten Schalter, der von dem dritten Signal betrieben wird, um ein zweites höheres elektrisches Energieniveau mit dem Motor zu verbinden.

Es folgen 8 Blatt Zeichnungen

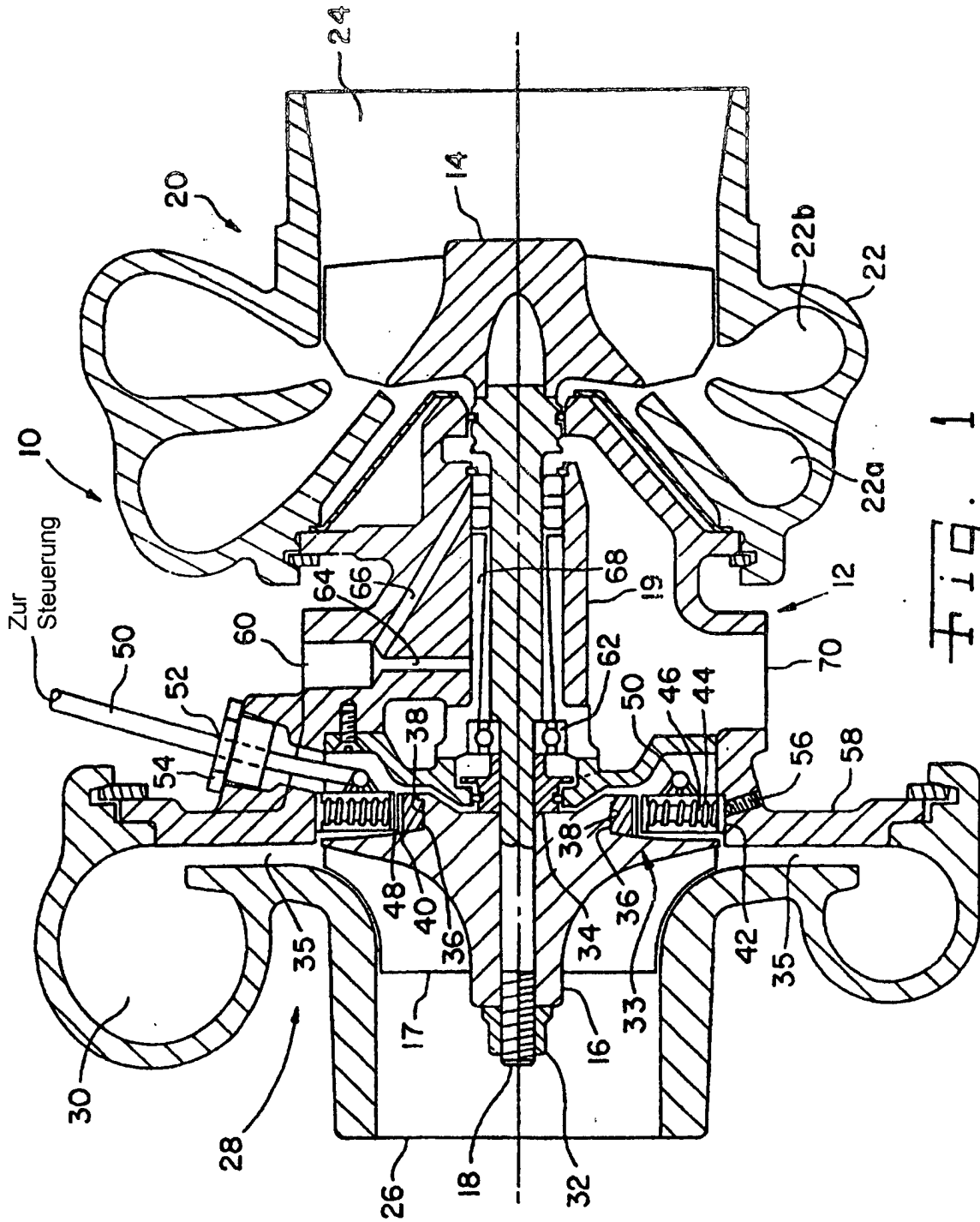


Fig. 1

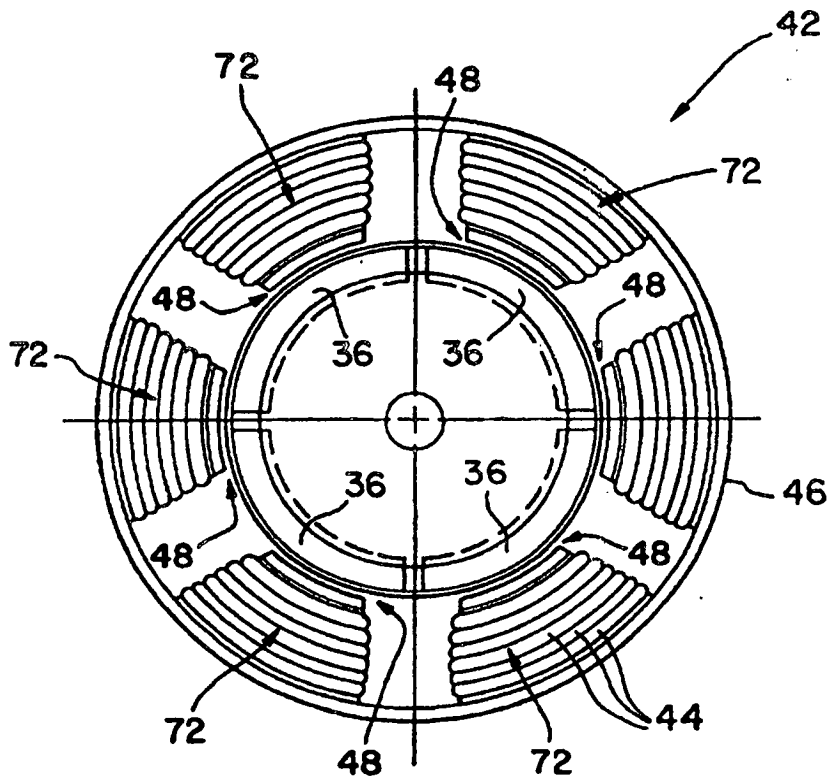


Fig. 2

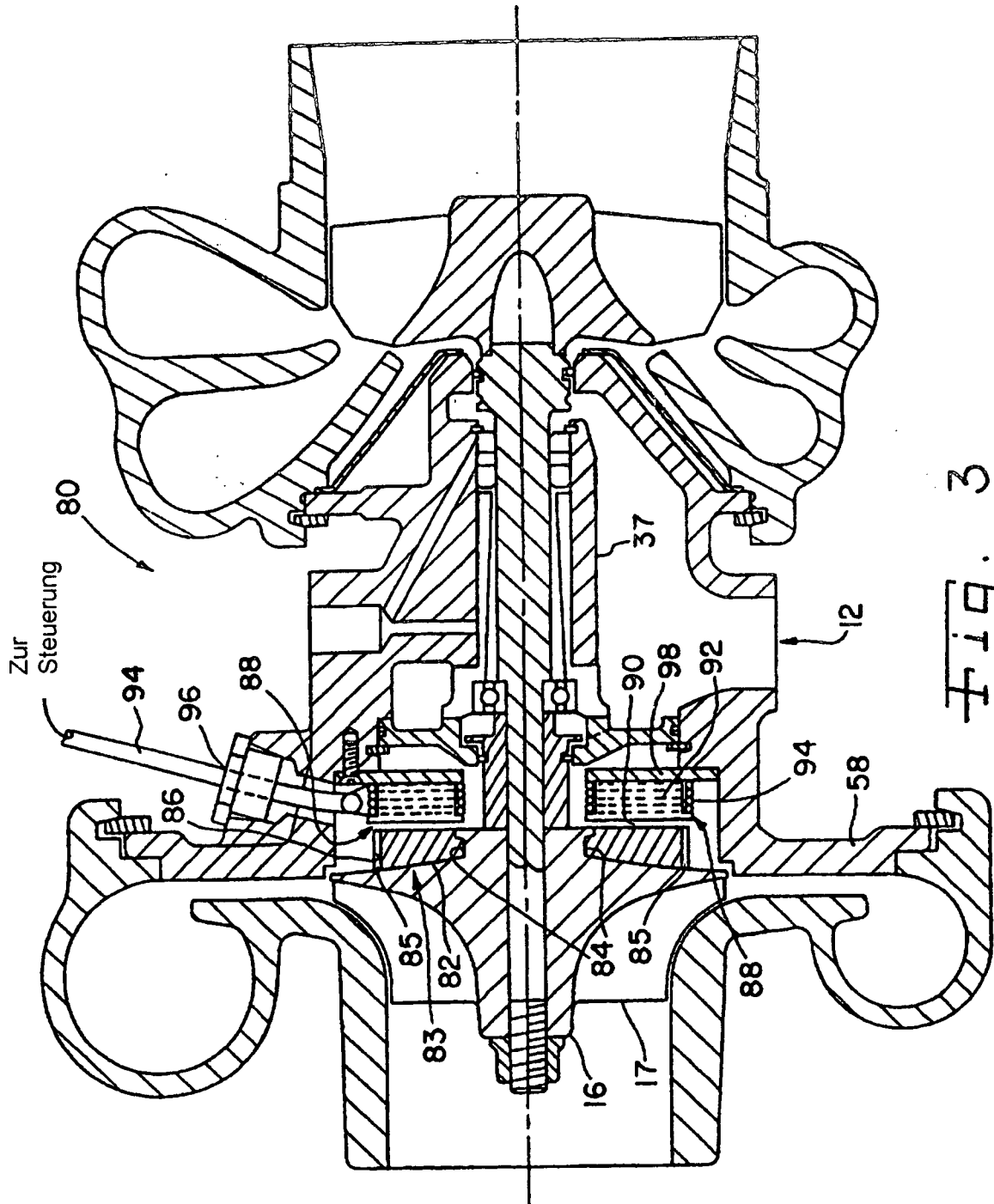


Fig. 3

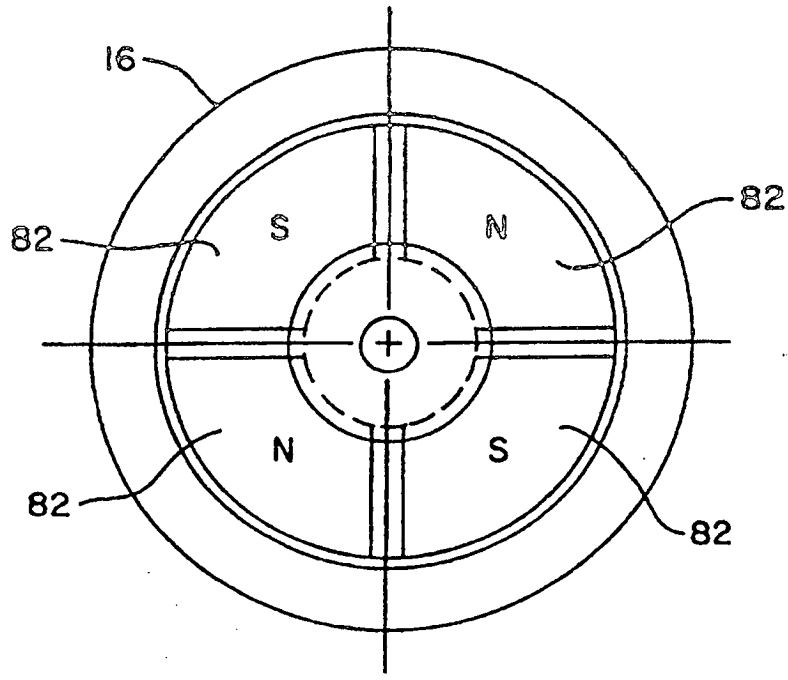


Fig. 4

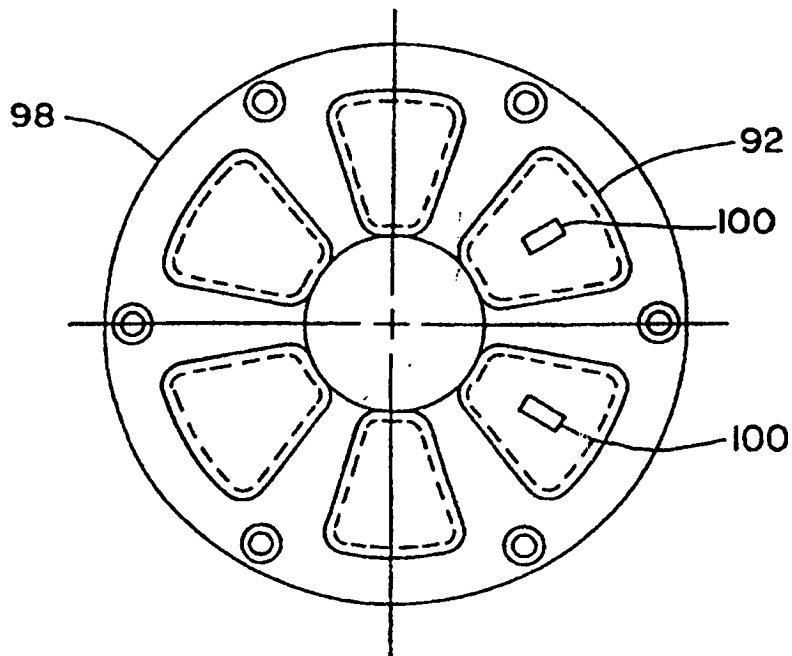
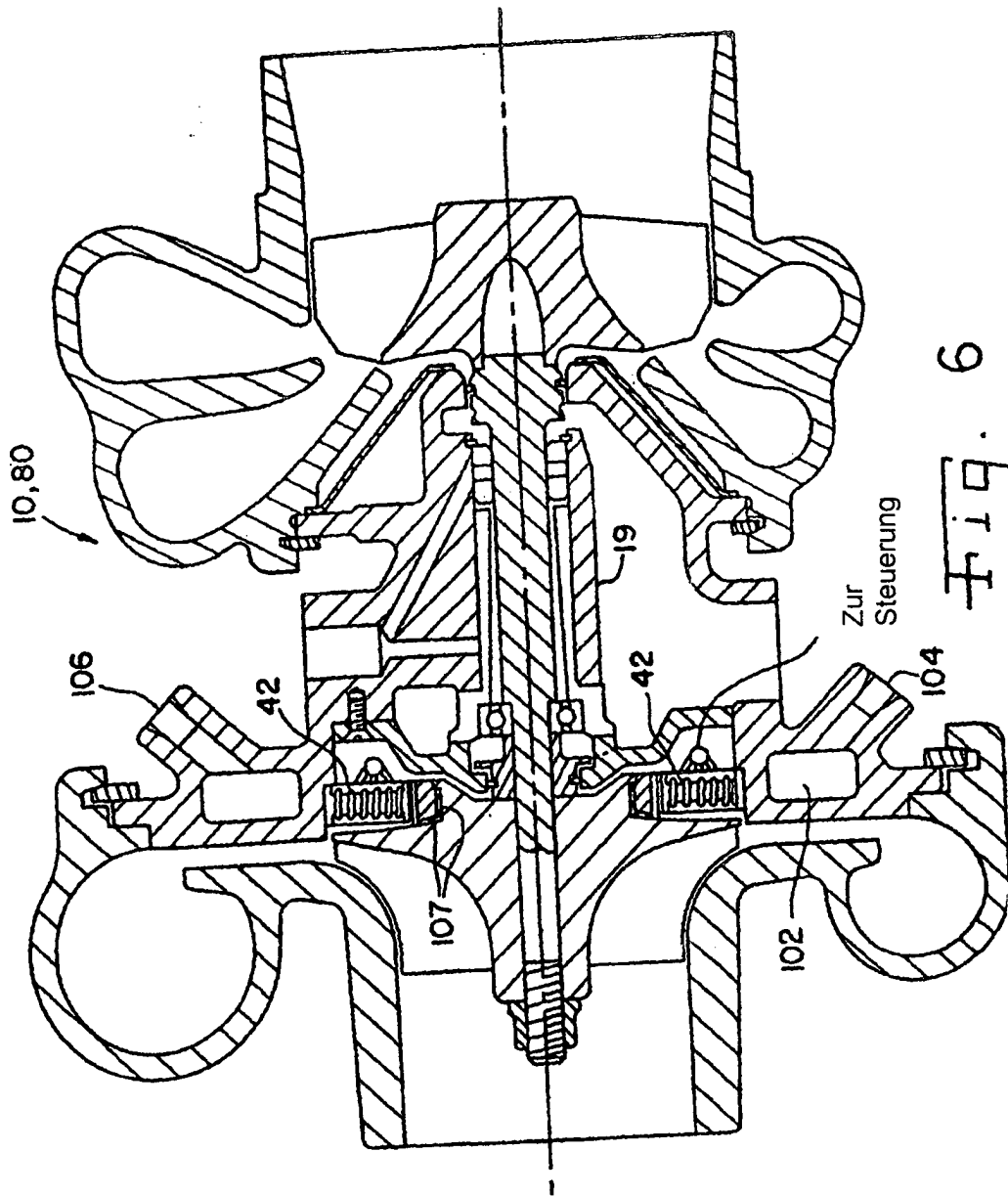


Fig. 5



Vier-Takt-Dieselmotor

Ladedruck gegenüber der Motordrehzahl

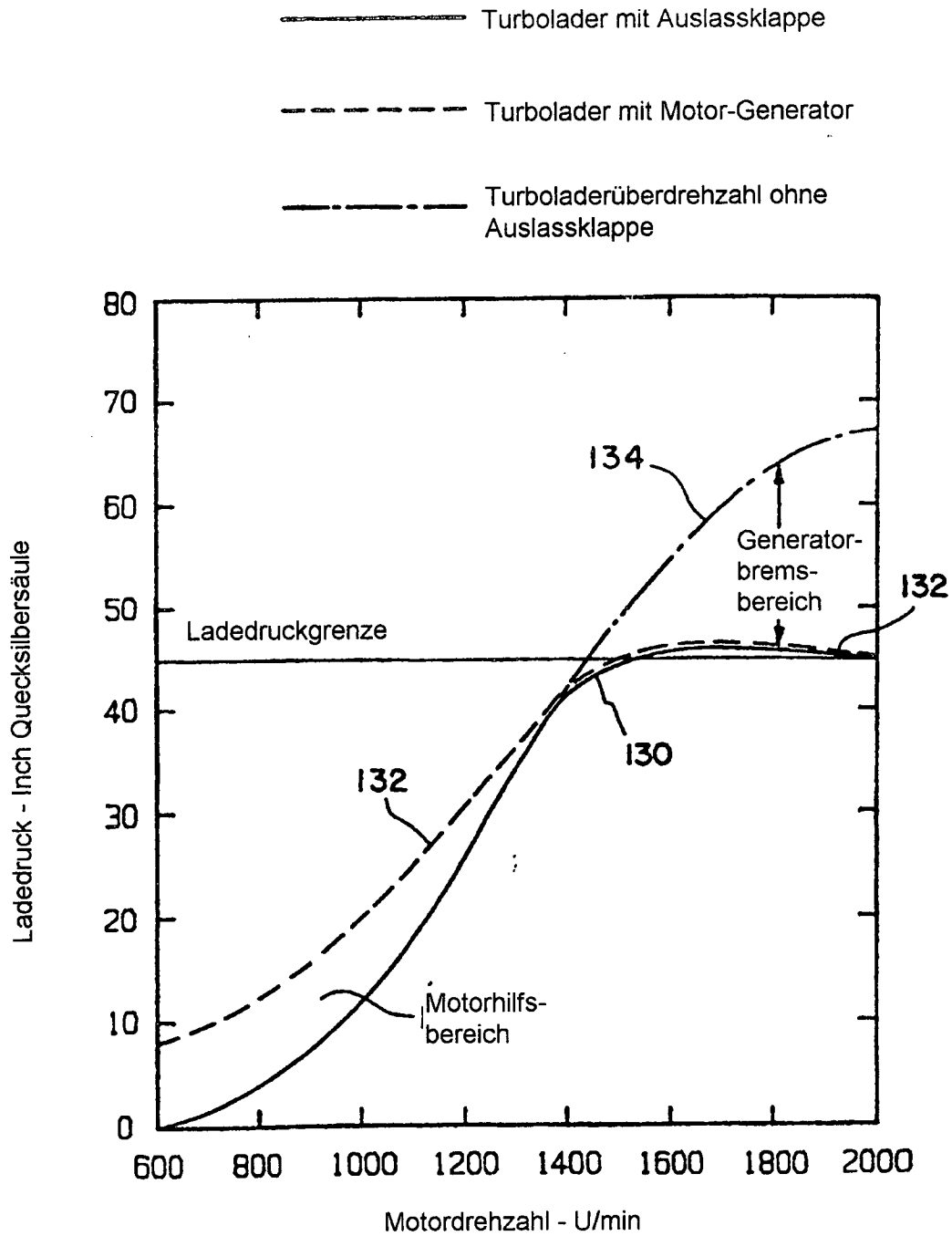


Fig. 7

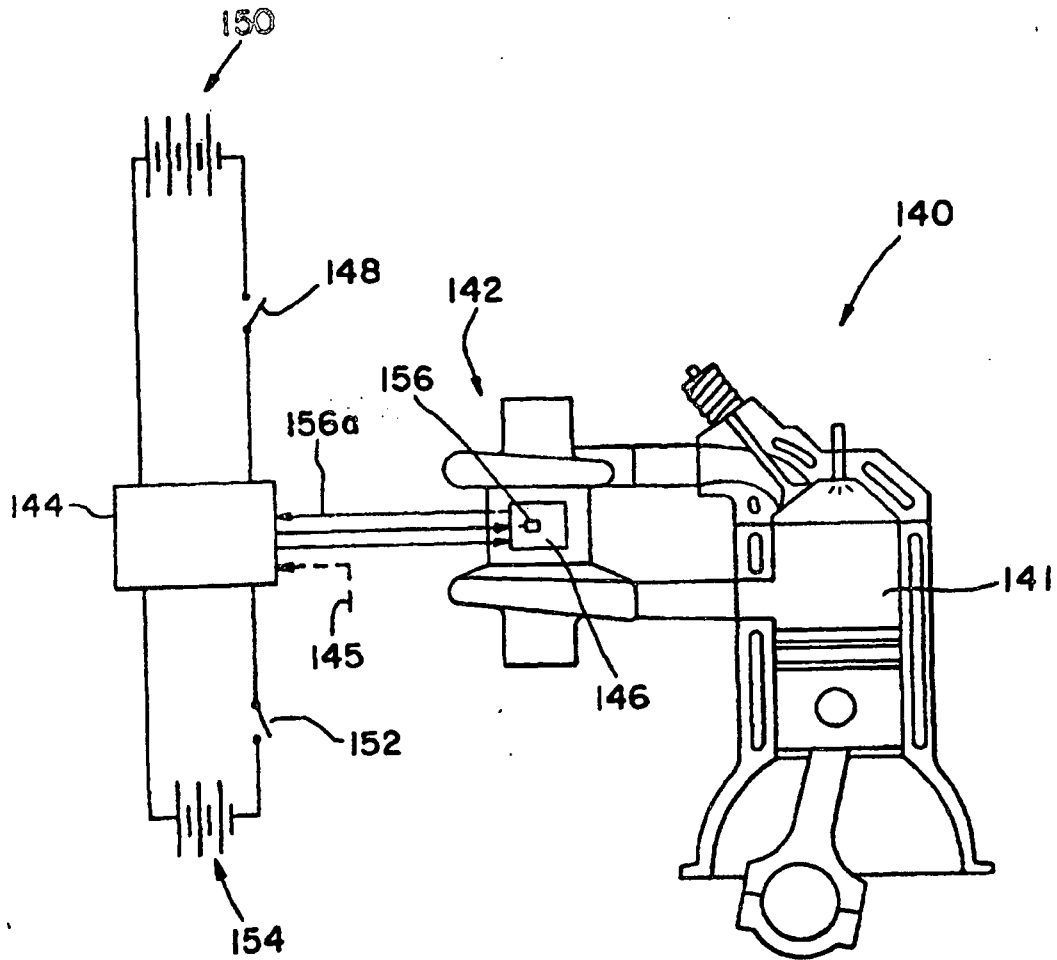


Fig. 8

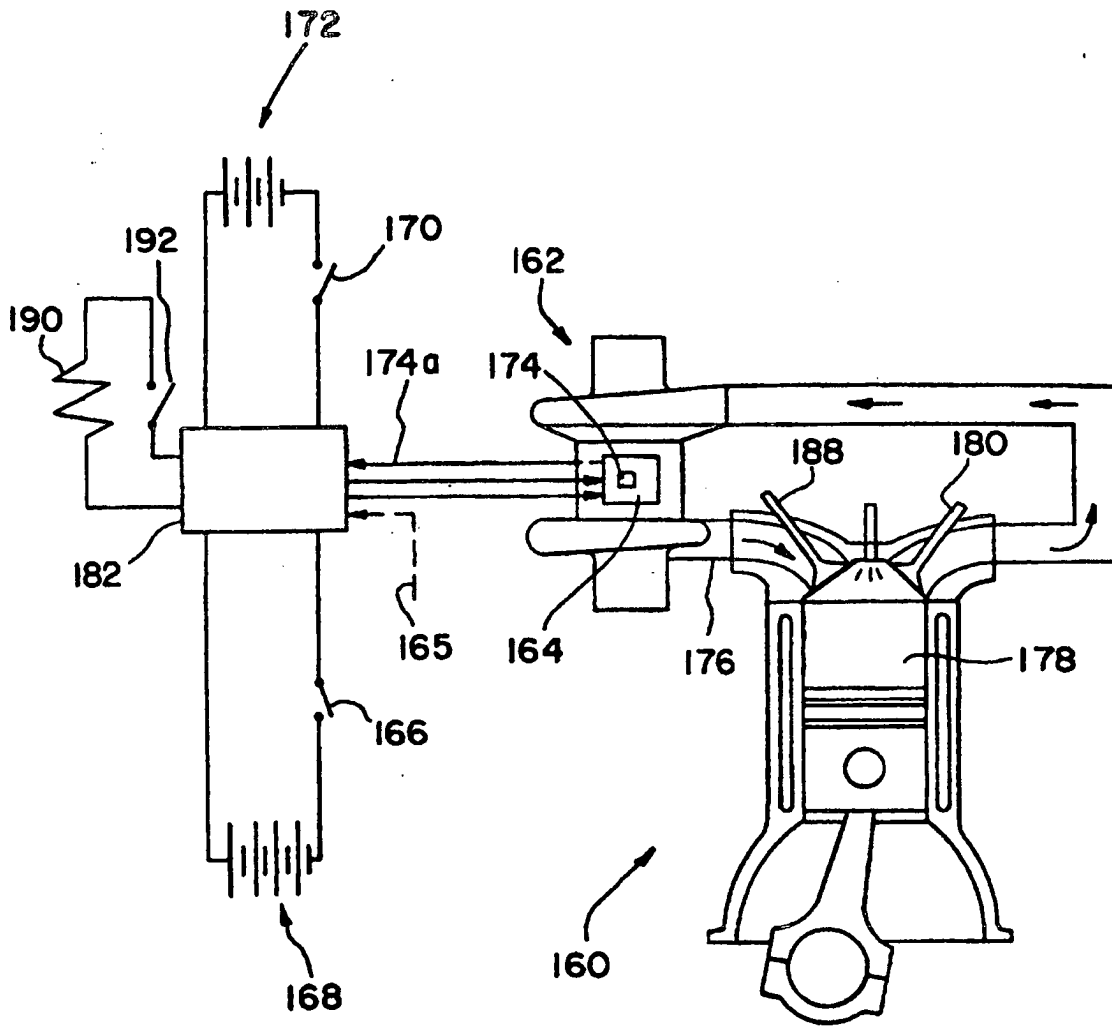


Fig. 9