



(10) **DE 10 2014 007 426 A1** 2015.01.08

(12)

## Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2014 007 426.9**

(22) Anmeldetag: **22.05.2014**

(43) Offenlegungstag: **08.01.2015**

(51) Int Cl.: **G01F 1/58** (2006.01)

**G01F 1/60** (2006.01)

**G01F 1/64** (2006.01)

(66) Innere Priorität:

**10 2013 010 891.8**      **01.07.2013**

(71) Anmelder:

**Krohne Messtechnik GmbH, 47058 Duisburg, DE**

(74) Vertreter:

**Gesthuysen Patent- und Rechtsanwälte, 45128  
Essen, DE**

(72) Erfinder:

**Brockhaus, Helmut, Dr., 46145 Oberhausen, DE;  
Florin, Wilhelm, 47198 Duisburg, DE**

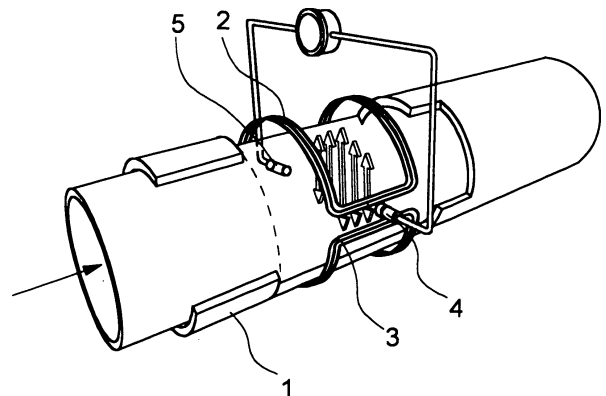
Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

(54) Bezeichnung: **Magnetisch-induktives Durchflussmessgerät und Verfahren zum Betreiben eines magnetisch-induktiven Durchflussmessgeräts**

(57) Zusammenfassung: Beschrieben und dargestellt ist ein magnetisch-induktives Durchflussmessgerät, mit mindestens einem Messrohr (1) für den Durchfluss eines elektrisch leitenden Mediums, mit mindestens einer Magnetfelderzeugungseinrichtung zur Erzeugung eines zumindest auch senkrecht zur Längsachse des Messrohrs (1) verlaufenden wechselnden Magnetfeldes, wobei die Magnetfelderzeugungseinrichtung zwei Magnetfeldspulen (2, 3) aufweist, mit mindestens zwei – insbesondere das Medium berührenden – Messelektroden (4, 5). Zu diesem magnetisch-induktiven Durchflussmessgerät gehören auch, aber nicht dargestellt, eine an die Messelektroden (4, 5) angeschlossene Signalspannungsquelle oder Signalstromquelle zur Erzeugung von Leitfähigkeitsmesssignalen, eine Steuerschaltung für die Magnetfelderzeugungseinrichtung und für die Signalspannungsquelle oder die Signalstromquelle sowie eine Auswerteschaltung.

Das erfindungsgemäße magnetisch-induktive Durchflussmessgerät ist dadurch verbessert, dass die Steuerschaltung oder/und die Auswerteschaltung so ausgeführt ist bzw. sind, dass nur während einer Durchflussmesszeit, die kleiner ist als die halbe Periodendauer der Magnetfelderzeugung, die von den Messelektroden (4, 5) abgegriffene bzw. abgreifbare Messspannung für die Durchflussmessung ausgewertet wird, und dass die Steuerschaltung so ausgeführt ist, dass nur während einer Leitfähigkeitsmesszeit, die außerhalb der Durchflussmesszeit liegt, die Messelektroden (4, 5) mit Leitfähigkeitsmesssignalen beaufschlagt werden.



## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein magnetisch-induktives Durchflussmessgerät und ein Verfahren zum Betreiben eines magnetisch-induktiven Durchflussmessgeräts.

**[0002]** Gegenstand der Erfindung ist also zunächst ein magnetisch-induktives Durchflussmessgerät, mit mindestens einem Messrohr für den Durchfluss eines elektrisch leitenden Mediums, mit mindestens einer Magnetfelderzeugungseinrichtung zur Erzeugung eines zumindest auch senkrecht zur Längsachse des Messrohrs verlaufenden wechselnden Magnetfeldes, mit mindestens zwei – insbesondere das Medium berührenden – Messelektroden, mit einer an die Messelektroden angeschlossenen Signalspannungsquelle oder Signalstromquelle zur Erzeugung von Leitfähigkeitsmesssignalen, mit einer Steuerschaltung für die Magnetfelderzeugungseinrichtung und für die Signalspannungsquelle oder die Signalstromquelle sowie mit einer Auswerteschaltung.

**[0003]** Magnetisch-induktive Durchflussmessgeräte sind seit Jahrzehnten umfangreich im Stand der Technik bekannt. Dazu wird exemplarisch auf die Literaturstelle "Technische Durchflussmessung" von Prof. Dr.-Ing. K. W. Bonfig, 3. Auflage, Vulkan-Verlag Essen, 2002, Seiten 123 bis 167, und auch auf die Literaturstelle "Grundlagen Magnetisch-Induktive Durchflussmessung" von Dipl.-Ing. Friedrich Hoffmann, 3. Auflage, 2003, Druckschrift der Firma KROHNE Messtechnik GmbH & Co. KG, verwiesen.

**[0004]** Das grundlegende Prinzip eines magnetisch-induktiven Durchflussmessgeräts zur Durchflussmessung eines strömenden Mediums geht auf Michael Faraday zurück, der bereits im Jahre 1832 vorgeschlagen hat, das Prinzip der elektromagnetischen Induktion zur Messung der Strömungsgeschwindigkeit eines elektrisch leitfähigen Mediums anzuwenden.

**[0005]** Nach dem faradayschen Induktionsgesetz entsteht in einem von einem Magnetfeld durchsetzten strömenden, elektrisch leitfähigen Medium eine elektrische Feldstärke senkrecht zur Strömungsrichtung des Mediums und senkrecht zum Magnetfeld. Das faradaysche Induktionsgesetz wird bei magnetisch-induktiven Durchflussmessgeräten dadurch ausgenutzt, dass mittels einer Magnetfelderzeugungseinrichtung, die mindestens eine Magnetfeldspule, üblicherweise zwei Magnetfeldspulen aufweist, ein während des Messvorgangs sich zeitlich veränderndes Magnetfeld erzeugt wird und das Magnetfeld wenigstens teilweise das durch ein Messrohr strömende elektrisch leitfähige Medium durchsetzt. Dabei weist das erzeugte Magnetfeld wenigstens eine Komponente senkrecht zur Längsachse des Messrohrs bzw. senkrecht zur Strömungsrichtung des Mediums auf.

**[0006]** Wenn es einleitend heißt, dass zu dem in Rede stehenden magnetisch-induktiven Durchflussmessgerät mindestens eine Magnetfelderzeugungseinrichtung "zur Erzeugung eines zumindest auch senkrecht zur Längsachse des Messrohrs verlaufenden Magnetfeldes" gehört, dann sei hier noch einmal darauf hingewiesen, dass das Magnetfeld zwar vorzugsweise senkrecht zur Längsachse des Messrohrs bzw. senkrecht zur Strömungsrichtung des Mediums verläuft, ausreichend jedoch ist, dass eine Komponente des Magnetfeldes senkrecht zur Längsachse des Messrohrs bzw. senkrecht zur Strömungsrichtung des Mediums verläuft.

**[0007]** Eingangs ist auch ausgeführt, dass zu dem in Rede stehenden magnetisch-induktiven Durchflussmessgerät mindestens zwei – insbesondere das Medium berührende – Messelektroden gehören. Diese Messelektroden dienen zum Abgreifen einer in dem strömenden Medium induzierten Messspannung. Vorzugsweise verläuft die virtuelle Verbindungslinie der beiden Messelektroden zumindest im Wesentlichen senkrecht zur Richtung des das Messrohr senkrecht zur Längsachse des Messrohrs durchsetzenden Magnetfeldes. Insbesondere können die Messelektroden so vorgesehen sein, dass deren virtuelle Verbindungslinie tatsächlich – mehr oder weniger – senkrecht zur Richtung des das Magnetfeld durchsetzenden Magnetfeldes verläuft.

**[0008]** Schließlich ist eingangs ausgeführt, dass es sich bei den Messelektroden insbesondere um solche handeln kann, die das Medium berühren. Tatsächlich kann selbstverständlich die durch Induktion im strömenden, elektrisch leitfähigen Medium erzeugte elektrische Feldstärke durch direkt, also galvanisch mit dem Medium in Kontakt stehende Messelektroden als Messspannung abgegriffen werden. Es gibt aber auch magnetisch-induktive Durchflussmessgeräte, bei denen die Messspannung nicht durch direkt, also nicht durch galvanisch mit dem Medium in Kontakt stehende Messelektroden abgegriffen wird, vielmehr die Messspannung kapazitiv erfasst wird.

**[0009]** Ist primärer Verwendungszweck von magnetisch-induktiven Durchflussmessgeräten der in Rede stehenden Art natürlich die Messung des Durchflusses eines Mediums durch ein Messrohr, und zwar eines Mediums, das zumindest eine geringe elektrische Leitfähigkeit hat, also die Durchflussmessung, so ist die Verwendung von magnetisch-induktiven Durchflussmessgeräten nicht auf diesen Verwendungszweck beschränkt. Insbesondere können magnetisch-induktive Durchflussmessgeräte nämlich auch zur Leitfähigkeitsmessung eingesetzt werden.

**[0010]** Magnetisch-induktive Durchflussmessgeräte können zur Leitfähigkeitsmessung verwendet werden, wenn die Leitfähigkeit des Mediums, des-

sen Durchfluss gemessen werden soll, für welchen Zweck auch immer, von Interesse oder von Bedeutung ist. Insbesondere ist aber die Leitfähigkeit des Mediums, dessen Durchfluss gemessen werden soll, für die Durchflussmessung selbst von Bedeutung, weil nämlich die an den Messelektroden abgreifbare Messspannung nicht nur von der Magnetfeldstärke des von der Magnetfelderzeugungseinrichtung erzeugten Magnetfeldes und vom zu messenden Durchfluss, sondern vielmehr auch von der Leitfähigkeit des Mediums abhängig ist, dessen Durchfluss gemessen werden soll.

**[0011]** Das eingangs beschriebene magnetisch-induktive Durchflussmessgerät ist ein solches, das nicht nur zur Durchflussmessung, vielmehr auch zur Leitfähigkeitsmessung bestimmt und geeignet ist, nämlich – für die Leitfähigkeitsmessung – eine Signalspannungsquelle oder eine Signalstromquelle aufweist, mit der Leitfähigkeitsmesssignale erzeugt werden.

**[0012]** Magnetisch-induktive Durchflussmessgeräte der eingangs beschriebenen Art, die also auch zur Leitfähigkeitsmessung bestimmt und geeignet sind, sind zum Beispiel aus der Übersetzung der europäischen Patentschrift 0 704 682, der Druckschrift DE 692 32 633 C2, sowie aus deutschen Offenlegungsschriften, den Druckschriften DE 102 43 748 A1 und 10 208 005 258 A1, bekannt.

**[0013]** Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, die bekannten magnetisch-induktiven Durchflussmessgeräte, von denen die Erfindung ausgeht, zu verbessern und ein besonders geeignetes Verfahren zum Betreiben eines magnetisch-induktiven Durchflussmessgeräts, mit dem auch eine Leitfähigkeitsmessung durchgeführt werden kann, anzugeben.

**[0014]** Das erfindungsgemäße magnetisch-induktive Durchflussmessgerät ist nun zunächst und im Wesentlichen dadurch gekennzeichnet, dass die Steuerschaltung oder/und die Auswerteschaltung so ausgeführt ist bzw. sind, dass nur während einer Durchflussmesszeit, die kleiner ist als die halbe Periodendauer der Magnetfelderzeugung, die von den Messelektroden abgegriffene bzw. abgreifbare Messspannung für die Durchflussmessung ausgewertet wird, und dass die Steuerschaltung so ausgeführt ist, dass nur während einer Leitfähigkeitsmesszeit, die außerhalb der Durchflussmesszeit liegt, die Messelektroden mit Leitfähigkeitsmesssignalen beaufschlagt werden.

**[0015]** Wie eingangs ausgeführt, gehört zu magnetisch-induktiven Durchflussmessgeräten der in Rede stehenden Art eine Magnetfelderzeugungseinrichtung zur Erzeugung eines zumindest auch senkrecht zur Längsachse des Messrohrs verlaufenden wechselnden Magnetfeldes. Zu der Magnetfelder-

zeugungseinrichtung gehören folglich funktionsnotwendig jedenfalls eine Magnetisierungsstromquelle und mindestens eine Magnetfeldspule, üblicherweise zwei Magnetfeldspulen. Die Magnetisierungsstromquelle erzeugt, wie ausgeführt, ein wechselndes Magnetfeld. Dabei handelt es sich nicht um ein sinusförmiges Magnetfeld, sondern um ein solches, das daraus resultiert, dass die Magnetfeldspule bzw. die Magnetfeldspulen von einem Gleichstrom mit wechselnder Polarität durchflossen werden, und zwar während der ersten halben Periodendauer in einer Richtung und während der zweiten halben Periodendauer in der anderen Richtung.

**[0016]** Für das Magnetfeld, das durch den Magnetisierungsstrom in der Feldspule bzw. in den Feldspulen erzeugt wird, gilt, dass es in seinem zeitlichen Verlauf nicht exakt dem zeitlichen Verlauf des Magnetisierungsstroms folgt. Tatsächlich gibt es nämlich für das Magnetfeld zunächst zu Beginn des fließenden Gleichstroms eine Einschwingphase und nach dem Ende des fließenden Gleichstroms eine Ausschwingphase. Nach dem Ende der Einschwingphase und vor dem Beginn der Ausschwingphase ist das Magnetfeld konstant, und folglich wird im Stand der Technik die an den Messelektroden abgegriffene bzw. abgreifbare Messspannung für die Durchflussmessung nur während einer Durchflussmesszeit ausgewertet, die nach dem Ende der Einschwingphase und vor dem Beginn der Ausschwingphase liegt.

**[0017]** Die Leitfähigkeit, der reziproke Wert des Widerstandes, ergibt sich, gemäß dem ohm'schen Gesetz, aus einer an die Messelektroden angelegten Leitfähigkeitsmessspannung und dem dann zwischen den Messelektroden fließenden Leitfähigkeitsmessstrom oder aus einem über die Messelektroden fließenden, in die Messelektroden eingepprägten Leitfähigkeitsmessstrom und der dann an den Messelektroden entstehenden Leitfähigkeitsmessspannung. Wird eine Leitfähigkeitsmessspannung angelegt, dann sollte der Innenwiderstand der Signalspannungsquelle möglichst klein sein, wird von einem über die Messelektroden fließenden, in die Messelektroden eingepprägten Leitfähigkeitsmessstrom ausgegangen, dann sollte der Innenwiderstand der Signalstromquelle möglichst groß sein. Vorzugsweise arbeitet man mit einem in die Messelektroden eingepprägten Leitfähigkeitsmessstrom und misst dann, als Maß für die zu bestimmende Leitfähigkeit, die an den Messelektroden auftretende Leitfähigkeitsmessspannung.

**[0018]** Bei dem erfindungsgemäßen magnetisch-induktiven Durchflussmessgerät wird, wie ausgeführt, die Leitfähigkeitsmessung dann durchgeführt, wenn keine Durchflussmessung durchgeführt wird, bzw. die Durchflussmessung dann durchgeführt, wenn keine Leitfähigkeitsmessung durchgeführt wird. Damit bei der Durchflussmessung, also während der Durch-

flussmesszeit, das Messergebnis nicht durch die Signalspannungsquelle bzw. die Signalstromquelle beeinflusst wird, ist bei einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen magnetisch-induktiven Durchflussmessgeräts die Steuerschaltung so ausgeführt, dass während der Durchflussmesszeit die Signalspannungsquelle bzw. die Signalstromquelle abgeschaltet, zumindest aber hochohmig geschaltet ist.

**[0019]** Wie schon ausgeführt, kann bei dem erfindungsgemäßen magnetisch-induktiven Durchflussmessgerät mit einer Signalspannungsquelle oder mit einer Signalstromquelle gearbeitet werden. Vorzugsweise wird in dem einen wie in dem anderen Fall mit Leitfähigkeitsmesssignalen gearbeitet, die Wechsel-signale sind. Wird mit einer Signalspannungsquelle gearbeitet, dann handelt es sich also um eine Wechselspannungsquelle, wird mit einer Signalstromquelle gearbeitet, dann handelt es sich um eine Wechselstromquelle.

**[0020]** Ohne dass darin eine Einschränkung gesehen werden darf, wird nachfolgend immer davon ausgegangen, dass zu dem erfindungsgemäßen magnetisch-induktiven Durchflussmessgerät eine Signalstromquelle gehört.

**[0021]** Bei dem erfindungsgemäßen magnetisch-induktiven Durchflussmessgerät kann die Signalstromquelle in unterschiedlicher Weise mit den Messelektroden verbunden sein. Das wird weiter unten, in Verbindung mit der Zeichnung im Einzelnen beschrieben, so dass sich hier eine diesbezügliche Beschreibung erübrigt.

**[0022]** Nach einer weiteren Lehre der Erfindung, der ganz besondere Bedeutung zukommt, ist das erfindungsgemäße magnetisch-induktive Durchflussmessgerät dadurch gekennzeichnet, dass die Steuerschaltung so ausgeführt ist, dass von der Signalstromquelle zusätzlich zu den eigentlichen Leitfähigkeitsmesssignalen, zeitversetzt zu diesen Leitfähigkeitsmesssignalen, Korrektursignale erzeugt werden. Mit diesen Korrektursignalen können Messfehler unterschiedlicher Art bzw. unterschiedlicher Ursache reduziert bzw. eliminiert werden. Einzelheiten dazu werden nachfolgend in Verbindung mit einem erfindungsgemäßen Verfahren zum Betreiben eines magnetisch-induktiven Durchflussmessgeräts und in Verbindung mit der Zeichnung erläutert.

**[0023]** Wie eingangs ausgeführt, ist Gegenstand der Erfindung auch ein Verfahren zum Betreiben eines magnetisch-induktiven Durchflussmessgeräts, bei dem Leitfähigkeitsmesssignale erzeugt und die Messelektroden mit den Leitfähigkeitsmesssignalen beaufschlagt werden. Insbesondere ist Gegenstand der Erfindung auch ein Verfahren zum Betreiben eines erfindungsgemäßen magnetisch-indukti-

ven Durchflussmessgeräts, wie es zuvor beschrieben ist.

**[0024]** Das erfindungsgemäße Verfahren zum Betreiben eines magnetisch-induktiven Durchflussmessgeräts ist zunächst und im Wesentlichen dadurch gekennzeichnet, dass zusätzlich zu den eigentlichen Leitfähigkeitsmesssignalen, zeitversetzt zu diesen Leitfähigkeitsmesssignalen, Korrektursignale erzeugt werden und die Messelektroden – auch – mit den Korrektursignalen beaufschlagt werden, – was der Erläuterung bedarf, die nachfolgend gegeben wird.

**[0025]** Es ist bereits ausgeführt, dass für das Magnetfeld, das bei magnetisch-induktiven Durchflussmessgeräten durch den Magnetisierungsstrom in der Magnetfeldspule bzw. in den Magnetfeldspulen erzeugt wird, gilt, dass es in seinem zeitlichen Verlauf nicht exakt dem zeitlichen Verlauf des Magnetisierungsstroms folgt, dass es nämlich für das Magnetfeld zunächst zu Beginn des fließenden Gleichstroms eine Einschwingphase und nach dem Ende des fließenden Gleichstroms eine Ausschwingphase gibt, dass nach dem Ende der Einschwingphase und vor dem Beginn der Ausschwingphase das Magnetfeld konstant ist und dass die an den Messelektroden abgegriffene bzw. abgreifbare Messspannung für die Durchflussmessung nur während einer Durchflussmesszeit ausgewertet wird, die nach dem Ende der Einschwingphase und vor dem Beginn der Ausschwingphase liegt.

**[0026]** Für das erfindungsgemäße magnetisch-induktive Durchflussmessgerät ist wesentlich, dass nur während einer Durchflussmesszeit, die kleiner ist als die halbe Periodendauer der Magnetfelderzeugung, die von den Messelektroden abgegriffene bzw. abgreifbare Messspannung für die Durchflussmessung ausgewertet wird, und dass nur während einer Leitfähigkeitsmesszeit, die außerhalb der Durchflussmesszeit liegt, die Messelektroden mit Leitfähigkeitsmesssignalen beaufschlagt werden. Das lässt es zu, dass die Summe aus der Durchflussmesszeit und der Leitfähigkeitsmesszeit genau der halben Periodendauer der Magnetfelderzeugung entspricht. Sinnvollerweise werden jedoch die Durchflussmesszeit und die Leitfähigkeitsmesszeit insgesamt so gewählt, dass die Summe aus der Durchflussmesszeit und der Leitfähigkeitsmesszeit kleiner ist als die halbe Periodendauer der Magnetfelderzeugung, so dass ein zeitlicher Abstand zwischen der Durchflussmesszeit und der Leitfähigkeitsmesszeit gegeben ist.

**[0027]** Es ist schon mehrfach ausgeführt, dass bei bekannten magnetisch-induktiven Durchflussmessgeräten die an den Messelektroden abgegriffene – oder abgreifbare – Messspannung für die Durchflussmessung nur während einer Durchflussmesszeit ausgewertet wird, die nach dem Ende der Einschwing-

phase und vor dem Beginn der Ausschwingphase liegt. Das gibt die in der Praxis auch realisierte Möglichkeit, die Leitfähigkeitsmesszeit zeitlich so zu legen, dass sie in der Einschwingphase des Magnetfeldes oder in der Ausschwingphase des Magnetfeldes liegt.

**[0028]** Wie ausgeführt, ist das erfindungsgemäße Verfahren zum Betreiben eines magnetisch-induktiven Durchflussmessgeräts zunächst und im wesentlichen dadurch gekennzeichnet, dass zusätzlich zu den "eigentlichen" Leitfähigkeitsmesssignalen, in jeder Periode der Magnetfelderzeugung ein Leitfähigkeitsmesssignal, zeitversetzt zu den Leitfähigkeitsmesssignalen, Korrektursignale erzeugt und die Messelektroden – auch – mit den Korrektursignalen beaufschlagt werden. Dabei können unterschiedliche Korrektursignale bzw. Korrekturmaßnahmen zur Anwendung kommen, um auf unterschiedliche, die Messgenauigkeit beeinflussende Faktoren reagieren zu können.

**[0029]** Bei einer ersten bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens zum Betreiben eines magnetisch-induktiven Durchflussmessgeräts werden den Leitfähigkeitsmesssignalen entsprechende, gegenüber den Leitfähigkeitsmesssignalen um die halbe Periodendauer der Magnetfelderzeugung versetzte "erste" Korrekturimpulse erzeugt.

**[0030]** Für den Fall, dass bei dem erfindungsgemäßen Verfahren die Leitfähigkeitsmesssignale während der Einschwingzeit der Magnetfelder oder während der Ausschwingzeit der Magnetfelder erzeugt werden, geht eine konkretisierende Lehre der Erfindung dahin, dass die "ersten" Korrektursignale in ihrer Signalamplitude und ihrer Signaldauer exakt den Leitfähigkeitsmesssignalen entsprechen und die Messelektroden während der Ausschwingzeit der Magnetfelder oder während der Einschwingzeit der Magnetfelder mit den "ersten" Korrektursignalen beaufschlagt werden und dass aus den von den Leitfähigkeitsmesssignalen erzeugten Messspannungen und den von den "ersten" Korrektursignalen erzeugten Messspannungen der Mittelwert gebildet wird.

**[0031]** Bei magnetisch-induktiven Durchflussmessgeräten ist die Ausschwingphase des Magnetfeldes nicht exakt gleich der Einschwingphase des Magnetfeldes. Ein aus diesem Sachverhalt resultierender Messfehler wird durch die zuvorbeschriebene Lehre der Erfindung – teilweise oder ganz – kompensiert.

**[0032]** Bei magnetisch-induktiven Durchflussmessgeräten wird, wie eingangs ausgeführt, mit einem wechselnden Magnetfeld gearbeitet.

**[0033]** Weiter oben ist auch ausgeführt, dass es sich bei dem wechselnden Magnetfeld nicht um ein sinusförmiges Magnetfeld handelt, sondern um ein

solches, das daraus resultiert, dass die Magnetfeldspule bzw. die Magnetfeldspulen von einem Gleichstrom mit wechselnder Polarität durchflossen werden, und zwar während der ersten halben Periodendauer in einer Richtung und während der zweiten halben Periodendauer in der anderen Richtung. Ein solcher Zyklus – Gleichstrom mit wechselnder Polarität – bestimmt also die Periodendauer der Magnetfelderzeugung. Folglich kann man von einer ersten Periodendauer der Magnetfelderzeugung, einer zweiten Periodendauer der Magnetfelderzeugung usw. sprechen. Jedenfalls gilt, dass jeweils einer ersten Periodendauer der Magnetfelderzeugung jeweils eine zweite Periodendauer der Magnetfelderzeugung folgt, der zweiten Periodendauer der Magnetfelderzeugung wieder eine erste Periodendauer usw. Dies berücksichtigend geht eine weitere Lehre der Erfindung, der wiederum besondere Bedeutung zukommt, dahin, in jeder zweiten Periodendauer als "zweite" Korrektursignale "phasenverschobene" Leitfähigkeitsmesssignale zu erzeugen. Unter "phasenverschobene" Leitfähigkeitsmesssignale werden solche verstanden, bei denen die Polarität vertauscht ist. Bestehen also die Leitfähigkeitsmesssignale zunächst aus einem positiven Impuls und danach aus einem negativen Impuls, so gilt dann für die "phasenverschobenen" Leitfähigkeitsmesssignale, dass sie zunächst aus einem negativen Impuls und danach aus einem positiven Impuls bestehen.

**[0034]** Bei magnetisch-induktiven Durchflussmessgeräten ist die Kapazität zwischen den Magnetfeldspulen und den Messelektroden nicht symmetrisch. Ein aus diesem Sachverhalt resultierender Messfehler wird durch die zuvor beschriebene weitere Lehre der Erfindung – teilweise oder ganz – kompensiert.

**[0035]** Schließlich ist bei dem erfindungsgemäßen Verfahren zum Betreiben eines magnetisch-induktiven Durchflussmessgeräts eine besondere Ausführungsform, der wiederum besondere Bedeutung zukommt, dadurch gekennzeichnet, dass während der Durchflussmesszeiten, also ohne eine Beaufschlagung der Messelektroden mit Leitfähigkeitsmesssignalen, an den Messelektroden Messspannungen abgegriffen werden, und zwar in jeder Halbperiode zwei Messspannungen, dass aus den Messspannungen in einer ersten Halbperiode und den Messspannungen der folgenden Halbperiode der Mittelwert gebildet wird und dass dieser – gemittelte – Messwert von dem "eigentlichen" Messwert subtrahiert wird. Dabei ist der "eigentliche" Messwert der Messwert, der daraus resultiert, dass die Messelektroden mit Leitfähigkeitsmesssignalen beaufschlagt werden.

**[0036]** Wie mehrfach ausgeführt, wird bei den erfindungsgemäßen magnetisch-induktiven Durchflussmessgeräten mit einem wechselnden Magnetfeld gearbeitet. Dieses wechselnde Magnetfeld kann zu einem "Brummen" führen, also zu einer Überlage-

zung des "eentlichen" Messwerts mit einer auf das magnetische Wechselfeld zurueckgehenden "Brummspannung". Dieser – natuerlich unerwünschte – Fehlerquelle wird durch die zuletzt beschriebene Maßnahme entgegengewirkt.

**[0037]** Im Einzelnen gibt es verschiedene Möglichkeiten, das erfindungsgemaesse magnetisch-induktive Durchflussmessgeraet und das erfindungsgemaesse Verfahren zum Betreiben eines magnetisch-induktiven Durchflussmessgeraets auszugestalten und weiterzubilden. Dazu wird verwiesen auf die dem unabhängigen Patentanspruch 1 nachgeordneten Patentanspruiche 2 bis 9 und auf die dem unabhängigen Patentanspruch 10 nachgeordneten Patentanspruiche 11 bis 14 sowie auf die nachfolgende Beschreibung bevorzugter Ausfuhrungsbeispiele in Verbindung mit der Zeichnung. In der Zeichnung zeigen

**[0038]** Fig. 1 schematisch, den grundsätzlichen Aufbau eines magnetisch-induktiven Durchflussmessgeraets,

**[0039]** Fig. 2 ein erstes Ausfuhrungsbeispiel einer zu einem erfindungsgemaessen magnetisch-induktiven Durchflussmessgeraet gehoerenden Schaltung,

**[0040]** Fig. 3 ein zweites Ausfuhrungsbeispiel einer zu einem erfindungsgemaessen magnetisch-induktiven Durchflussmessgeraet gehoerenden Schaltung und

**[0041]** Fig. 4 bis Fig. 8 graphische Darstellungen zur Erläuterung verschiedener Ausfuhrungsbeispiele erfindungsgemaesser Verfahren zum Betreiben eines magnetisch-induktiven Durchflussmessgeraets.

**[0042]** Das in der Fig. 1 nur schematisch, in seinem grundsätzlichen Aufbau dargestellte magnetisch-induktive Durchflussmessgeraet besteht aus einem Messrohr 1 für den Durchfluss eines elektrisch leitenden Mediums, aus einer Magnetfelderzeugungseinrichtung zur Erzeugung eines zumindest auch senkrecht zur Langssachse des Messrohrs 1 verlaufenden wechselnden Magnetfeldes, im dargestellten Ausfuhrungsbeispiel mit zwei Magnetfeldspulen 2, 3, aus zwei vorzugsweise das Medium beruehrenden Messelektroden 4, 5 und aus in der Fig. 1 nicht dargestellten Bauteilen, naemlich einer an die Messelektroden 4, 5 angeschlossenen, in den Fig. 2 und Fig. 3 dargestellten Signalstromquelle 6 zur Erzeugung von Leitfaehigkeitsmesssignalen, einer in den Fig. 2 und Fig. 3 dargestellten Steuerschaltung 7 für die Signalstromquelle 6, und aus einer in den Fig. 2 und Fig. 3 dargestellten Auswerteschaltung 8.

**[0043]** Für das in Rede stehende magnetisch-induktive Durchflussmessgeraet gilt, was weder in der Fig. 1 noch in den Fig. 2 und Fig. 3 im Einzelnen dargestellt ist, dass die Steuerschaltung 7 oder/und die Auswerteschaltung 8 so ausgefuehrt ist bzw. sind, dass

nur waehrend einer Durchflussmesszeit, die kleiner ist als die halbe Periode der Magnetfelderzeugung, die von den Messelektroden 4, 5 abgegriffene bzw. abgreifbare Messspannung für die Durchflussmessung ausgewertet wird, und dass die Steuerschaltung 7 so ausgefuehrt ist, dass nur waehrend einer Leitfaehigkeitsmesszeit, die außerhalb der Durchflussmesszeit liegt, die Messelektroden 4, 5 mit Leitfaehigkeitsmesssignalen beaufschlagt werden. Nicht dargestellt ist auch, dass die Steuerschaltung 7 so ausgefuehrt ist, dass waehrend der Durchflussmesszeit die Signalstromquelle 6 abgeschaltet, zumindest aber hochohmig geschaltet ist.

**[0044]** Für eine besondere Ausfuhrungsform eines erfindungsgemaessen magnetisch-induktiven Durchflussmessgeraets gilt weiter, was die Fig. 2 und Fig. 3 zeigen, dass zwischen der Signalstromquelle 6 und jeder Messelektrode 4, 5 jeweils ein Spannungsteilerwiderstand 9, 10 geschaltet ist. Dabei wird dann als Messwert für die Leitfaehigkeit die an den Messelektroden 4, 5 entstehende Messspannung ausgewertet.

**[0045]** Waehrend bei der in der Fig. 2 dargestellten Schaltung der erste Signalausgang 12 der Signalstromquelle 6 mit der Messelektrode 4 und der zweite Signalausgang 13 der Signalstromquelle 6 mit der Messelektrode 5 verbunden sind, gilt für die in der Fig. 3 dargestellte Schaltung, dass nur ein Signalausgang 12 der Signalstromquelle 6 ueber jeweils einen Spannungsteilerwiderstand 9, 10 mit beiden Messelektroden 4, 5 verbunden ist. Bei dieser Schaltung wird als Messwert für die Leitfaehigkeit der Messspannung die Messspannung ausgewertet, die jeweils zwischen einer Messelektrode 4 bzw. 5 und einem Bezugspotential 11 entsteht.

**[0046]** In den Fig. 2 und Fig. 3, die besondere Schaltungen für das erfindungsgemaesse magnetisch-induktive Durchflussmessgeraet zeigen, ist nicht dargestellt, dass in Reihe zu mindestens einem Spannungsteilerwiderstand 9, 10 ein Entkoppelkondensator, vorzugsweise in Reihe zu beiden Spannungsteilerwiderstaenden 9, 10 jeweils ein Entkoppelkondensator geschaltet sein kann, dass mit Hilfe der Steuerschaltung 7 der Widerstandswert der Spannungsteilerwiderstaende 9, 10 oder/und der Kapazitaetswert des Entkoppelkondensators, eines Entkoppelkondensators oder der Entkoppelkondensatoren einstellbar ist und dass die Steuerschaltung 7 so ausgefuehrt ist, dass von der Signalstromquelle 6 zusaetzlich zu den eigentlichen Leitfaehigkeitsmesssignalen, zeitversetzt zu den Leitfaehigkeitsmesssignalen, Korrektursignale erzeugt werden.

**[0047]** Die Fig. 4 bis Fig. 8 zeigen graphische Darstellungen zur Erläuterung verschiedener Ausfuhrungsbeispiele erfindungsgemaesser Verfahren zum Betreiben eines magnetisch-induktiven Durchflussmessgeraets.

**[0048]** Dabei zeigen jeweils die Skizze a) den Verlauf des Magnetfeldes, die Skizze b) den Verlauf der Durchflussmessung, die Skizze c) den Verlauf von der Leitfähigkeitsmessung dienenden Leitfähigkeitsmesssignalen und die Skizze d) die Messwerte für die Leitfähigkeit.

**[0049]** Die Skizzen a) und b) bedürfen keiner Erläuterung, sie geben den umfangreich bekannten Stand der Technik wieder.

**[0050]** Auch in der **Fig. 4** zeigen die Skizzen c) und d) im Stand der Technik bekannte Maßnahmen, nämlich in der Skizze c) Leitfähigkeitsmesssignale, die nur während Leitfähigkeitsmesszeiten, die außerhalb der Durchflussmesszeiten liegen, erzeugt werden.

**[0051]** Für die Skizzen c) in den **Fig. 5** bis **Fig. 8** gilt, dass zusätzlich zu den eigentlichen Leitfähigkeitsmesssignalen, zeitversetzt zu den eigentlichen Leitfähigkeitsmesssignalen, Korrektursignale vorhanden sind. Die Messelektroden werden sowohl mit den eigentlichen Leitfähigkeitsmesssignalen als auch mit den Korrektursignalen beaufschlagt. Welcher Art diese Korrektursignale sind und was damit erreicht wird, ergibt sich aus der vorangehenden Beschreibung und den Patentansprüchen 11 bis 14.

## ZITATE ENHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

### Zitierte Patentliteratur

- EP 0704682 [0012]
- DE 69232633 C2 [0012]
- DE 10243748 A1 [0012]
- DE 10208005258 A1 [0012]

### Zitierte Nicht-Patentliteratur

- "Technische Durchflussmessung" von Prof. Dr.-Ing. K. W. Bonfig, 3. Auflage, Vulkan-Verlag Essen, 2002, Seiten 123 bis 167 [0003]
- "Grundlagen Magnetisch-Induktive Durchflussmessung" von Dipl.-Ing. Friedrich Hoffmann, 3. Auflage, 2003, Druckschrift der Firma KROHNE Messtechnik GmbH & Co. KG [0003]



## Patentansprüche

1. Magnetisch-induktives Durchflussmessgerät, mit mindestens einem Messrohr (1) für den Durchfluss eines elektrisch leitenden Mediums, mit mindestens einer Magnetfelderzeugungseinrichtung zur Erzeugung eines zumindest auch senkrecht zur Längsachse des Messrohrs (1) verlaufenden wechselnden Magnetfeldes, mit mindestens zwei – insbesondere das Medium berührenden – Messelektroden (4, 5), mit einer an die Messelektroden (4, 5) angeschlossenen Signalspannungsquelle oder Signalstromquelle (6) zur Erzeugung von Leitfähigkeitsmesssignalen, mit einer Steuerschaltung (7) für die Magnetfelderzeugungseinrichtung und für die Signalspannungsquelle oder die Signalstromquelle (6) sowie mit einer Auswerteschaltung (8), **dadurch gekennzeichnet**, dass die Steuerschaltung (7) oder/und die Auswerteschaltung (8) so ausgeführt ist bzw. sind, dass nur während einer Durchflussmesszeit, die kleiner ist als die halbe Periodendauer der Magnetfelderzeugung, die von den Messelektroden (4, 5) abgegriffene bzw. abgreifbare Messspannung für die Durchflussmessung ausgewertet wird, und dass die Steuerschaltung (7) so ausgeführt ist, dass nur während einer Leitfähigkeitsmesszeit, die außerhalb der Durchflussmesszeit liegt, die Messelektroden (4, 5) mit Leitfähigkeitsmesssignalen beaufschlagt werden.

2. Magnetisch-induktives Durchflussmessgerät nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Steuerschaltung (7) so ausgeführt ist, dass während der Durchflussmesszeit die Signalspannungsquelle bzw. die Signalstromquelle (6) abgeschaltet, zumindest aber hochohmig geschaltet ist.

3. Magnetisch-induktives Durchflussmessgerät nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass zwischen der Signalstromquelle (6) und jeder Messelektrode (4, 5) jeweils ein Spannungsteilerwiderstand (9, 10) geschaltet ist.

4. Magnetisch-induktives Durchflussmessgerät nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass als Messwert für die Leitfähigkeit die an den Messelektroden (4, 5) entstehende Messspannung ausgewertet wird.

5. Magnetisch-induktives Durchflussmessgerät nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass nur ein Signalausgang (12) der Signalstromquelle (6) über jeweils einen Spannungsteilerwiderstand (9, 10) mit beiden Messelektroden (4, 5) verbunden ist.

6. Magnetisch-induktives Durchflussmessgerät nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass als Messwert für die Leitfähigkeit die Messspannung ausgewertet wird, die jeweils zwischen einer Messelektrode (4, 5) und einem Bezugspotential (11) entsteht.

7. Magnetisch-induktives Durchflussmessgerät nach einem der Ansprüche 3 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass in Reihe zu mindestens einem Spannungsteilerwiderstand (9, 10) ein Entkoppelkondensator, vorzugsweise in Reihe zu beiden Spannungsteilerwiderständen (9, 10) jeweils ein Entkoppelkondensator geschaltet ist.

8. Magnetisch-induktives Durchflussmessgerät nach einem der Ansprüche 3 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass mit Hilfe der Steuerschaltung (7) der Widerstandswert der Spannungsteilerwiderstände (9, 10) oder/und der Kapazitätswert des Entkoppelkondensators, eines Entkoppelkondensators oder der Entkoppelkondensatoren einstellbar ist.

9. Magnetisch-induktives Durchflussmessgerät nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Steuerschaltung (7) so ausgeführt ist, dass von der Signalstromquelle (6) zusätzlich zu den eigentlichen Leitfähigkeitsmesssignalen, zeitversetzt zu den Leitfähigkeitsmesssignalen, Korrektursignale erzeugt werden.

10. Verfahren zum Betreiben eines magnetisch-induktiven Durchflussmessgeräts, bei dem Leitfähigkeitsmesssignale erzeugt und die Messelektroden mit den Leitfähigkeitsmesssignalen beaufschlagt werden, insbesondere zum Betreiben eines magnetisch-induktiven Durchflussmessgeräts nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass zusätzlich zu den eigentlichen Leitfähigkeitsmesssignalen, zeitversetzt zu den Leitfähigkeitsmesssignalen, Korrektursignale erzeugt und die Messelektroden – auch – mit den Korrektursignalen beaufschlagt werden.

11. Verfahren nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass den Leitfähigkeitsmesssignalen entsprechende, gegenüber den Leitfähigkeitsmesssignalen um die halbe Periodendauer der Magnetfelderzeugung versetzte "erste" Korrektursignale erzeugt werden.

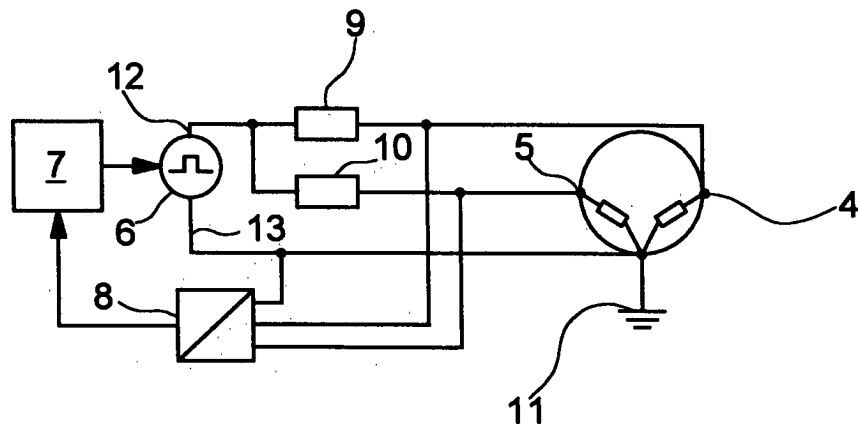
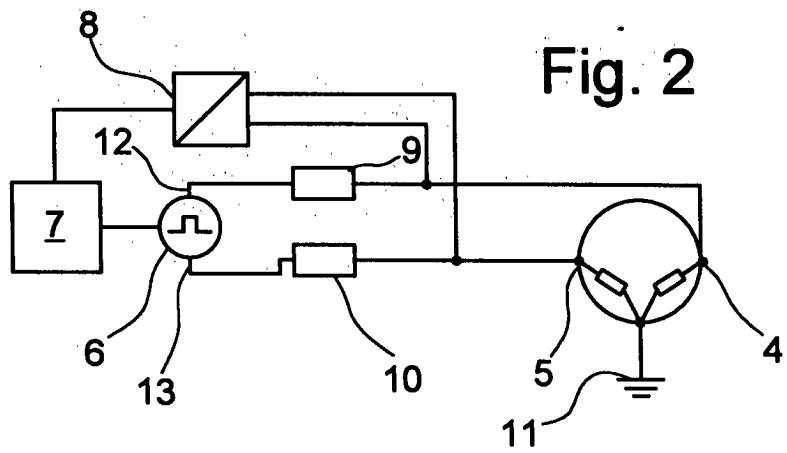
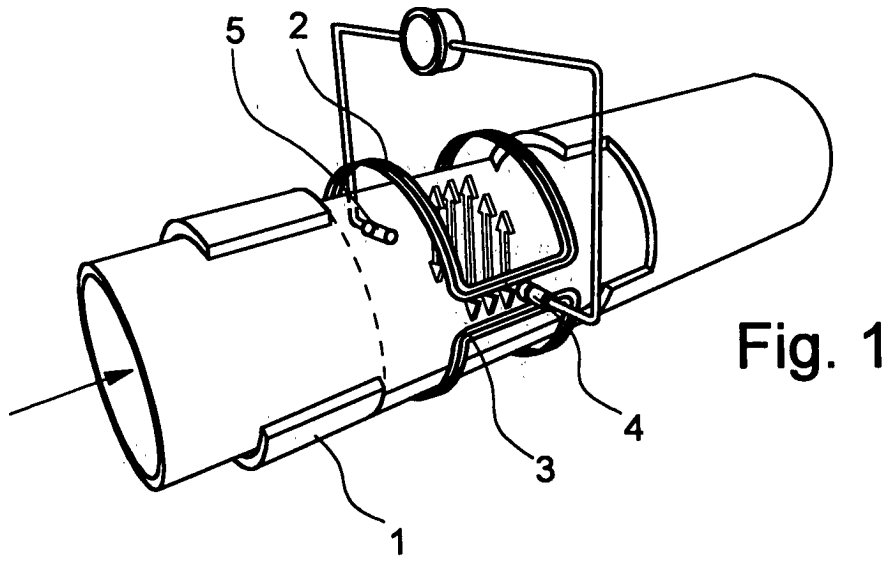
12. Verfahren nach Anspruch 11, wobei die Leitfähigkeitsmesssignale während der Einschwingzeit der Magnetfelder oder während der Ausschwingzeit der Magnetfelder erzeugt werden, **dadurch gekennzeichnet**, dass die "ersten" Korrektursignale in ihrer Signalamplitude und ihrer Signaldauer exakt den Leitfähigkeitsmesssignalen entsprechen und die Messelektroden während der Ausschwingzeit der Magnetfelder oder während der Einschwingzeit der Magnetfelder mit den "ersten" Korrektursignalen beaufschlagt werden und dass aus den von den Leitfähigkeitsmesssignalen erzeugten Messspannungen und den von den "ersten" Korrektursignalen erzeugten Messspannungen der Mittelwert gebildet wird.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 12, wobei jeweils einer ersten Periodendauer der Magnetfelderzeugung jeweils eine zweite Periodendauer der Magnetfelderzeugung folgt, **dadurch gekennzeichnet**, dass in jeder zweiten Periodendauer als "zweite" Korrektursignale "phasenverschobene" Leitfähigkeitsmesssignale erzeugt werden.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass während der Durchflussmesszeit, also ohne eine Beaufschlagung der Messelektroden mit Leitfähigkeitsmesssignalen, an den Messelektroden Messspannungen abgegriffen werden, und zwar in jeder Halbperiode zwei Messspannungen, dass aus den Messspannungen in einer ersten Halbperiode und den Messspannungen der folgenden Halbperiode der Mittelwert gebildet wird und dass dieser – gemittelte – Messwert von dem "eigentlichen" Messwert subtrahiert wird.

Es folgen 6 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen



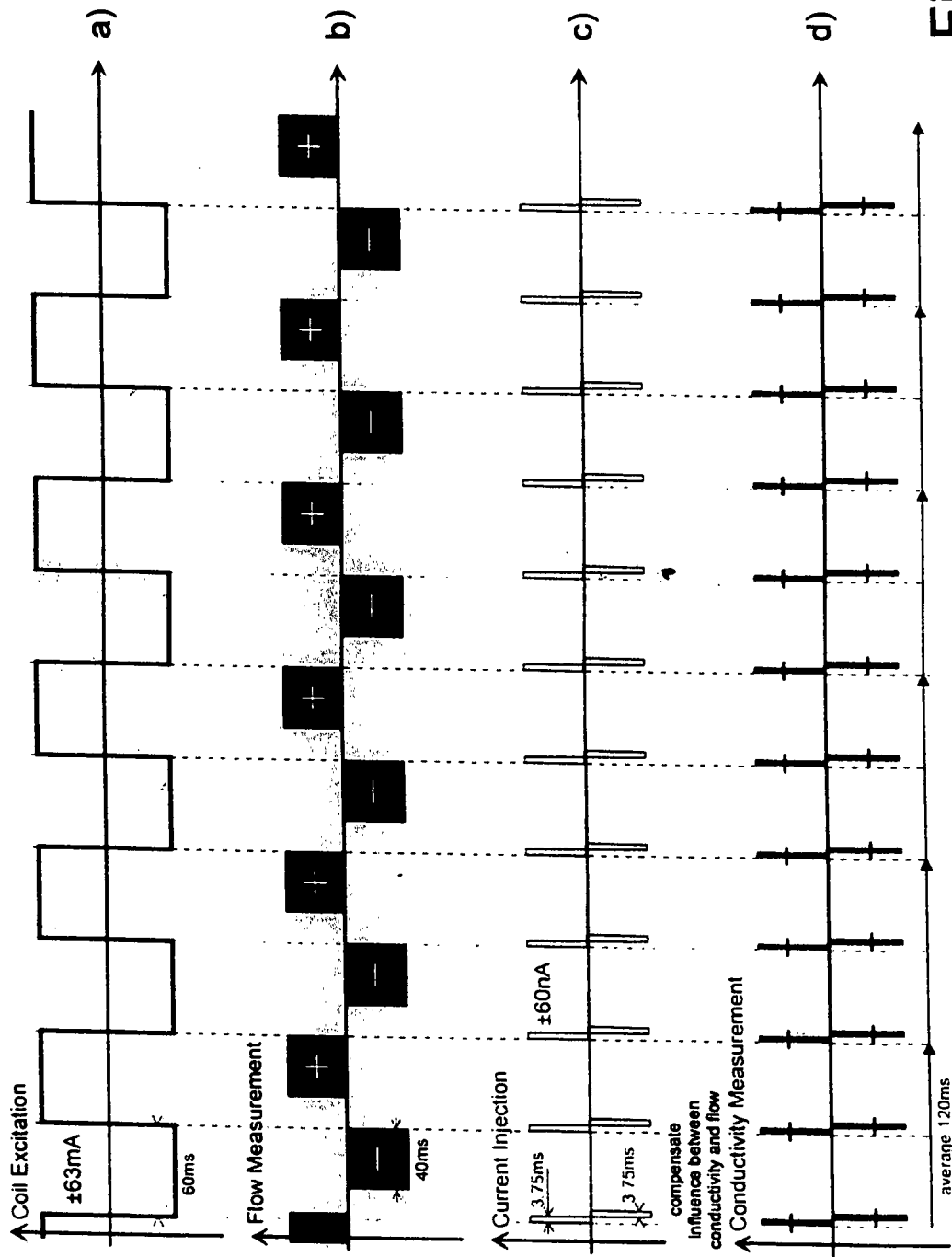


Fig. 4

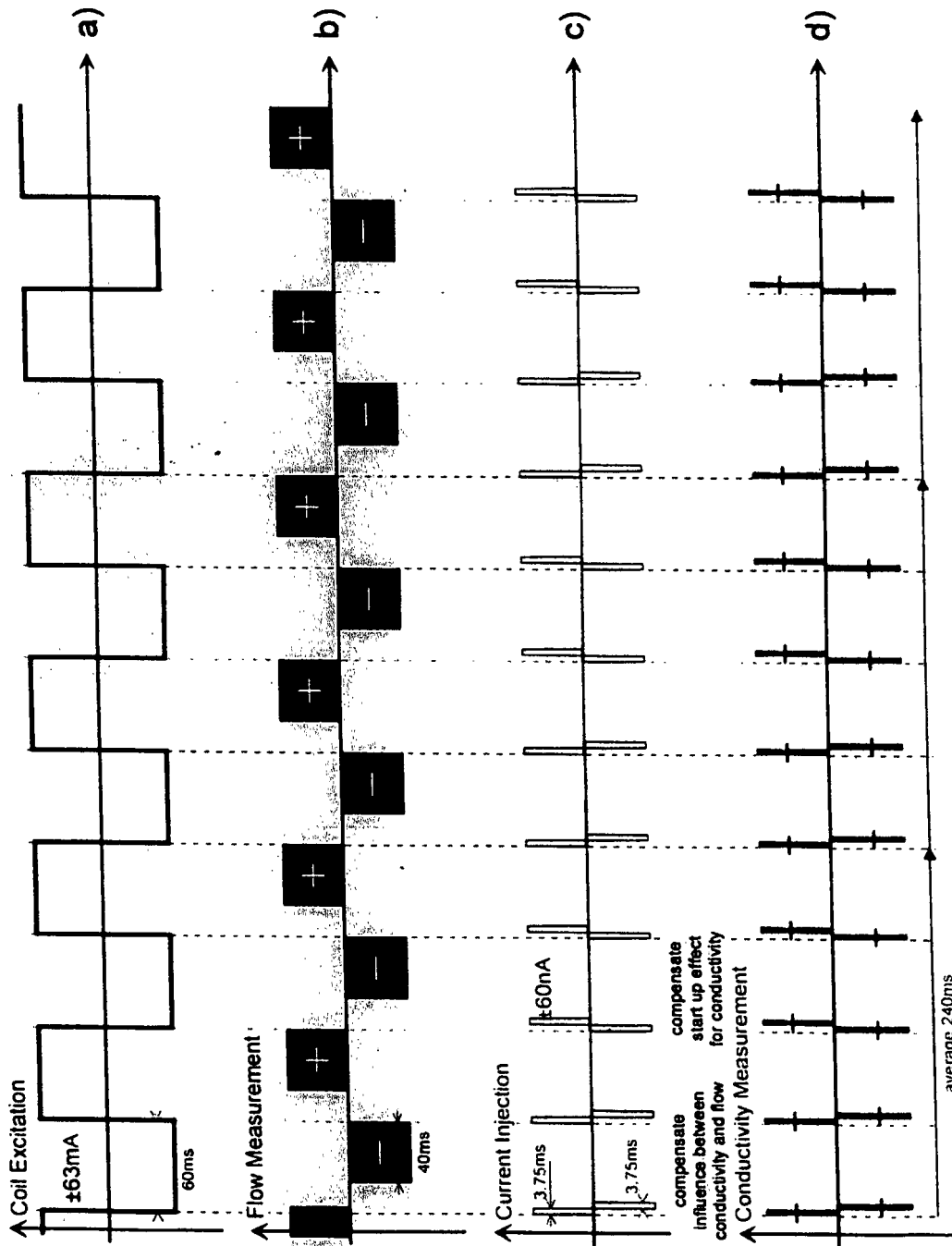


Fig. 5

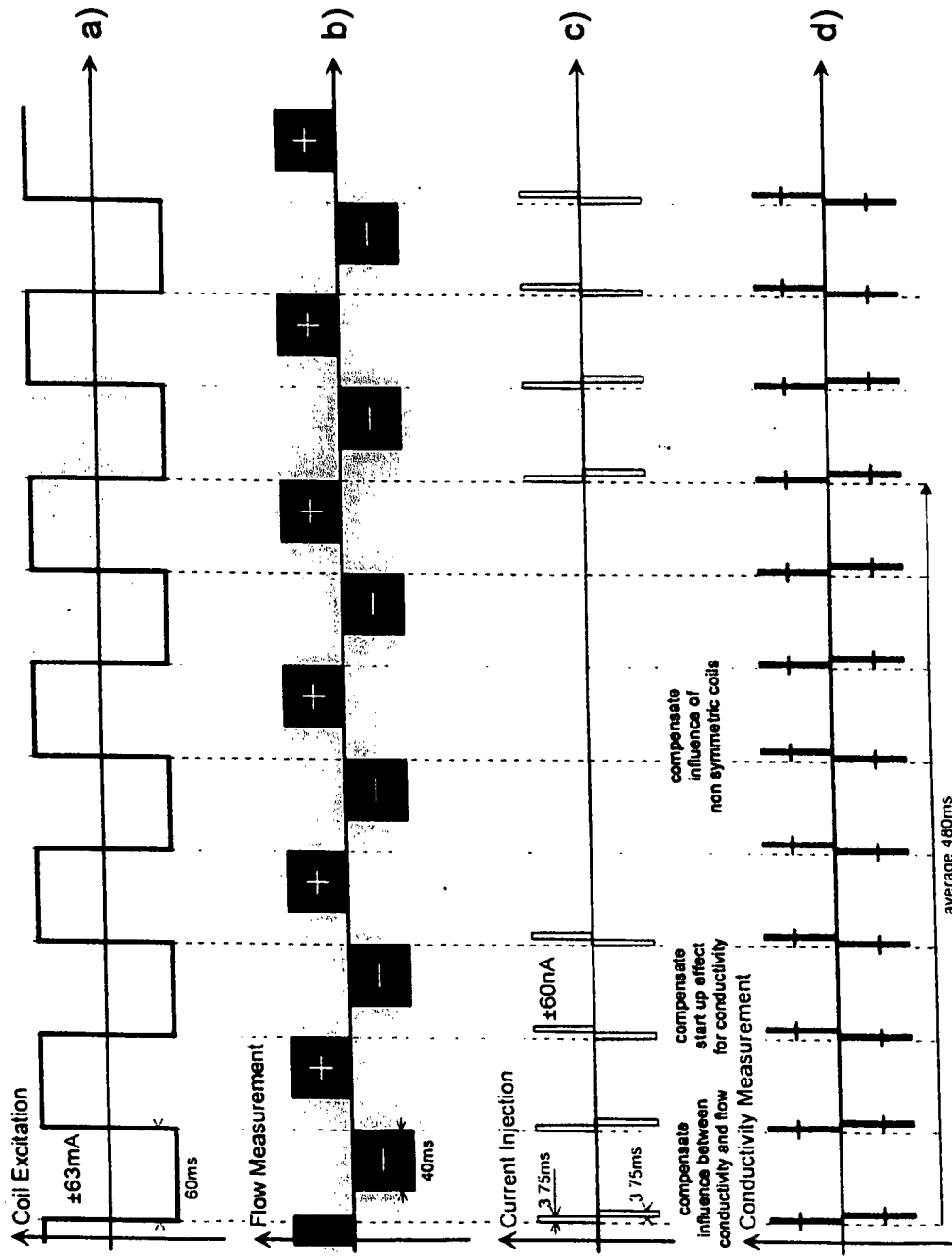


Fig. 6

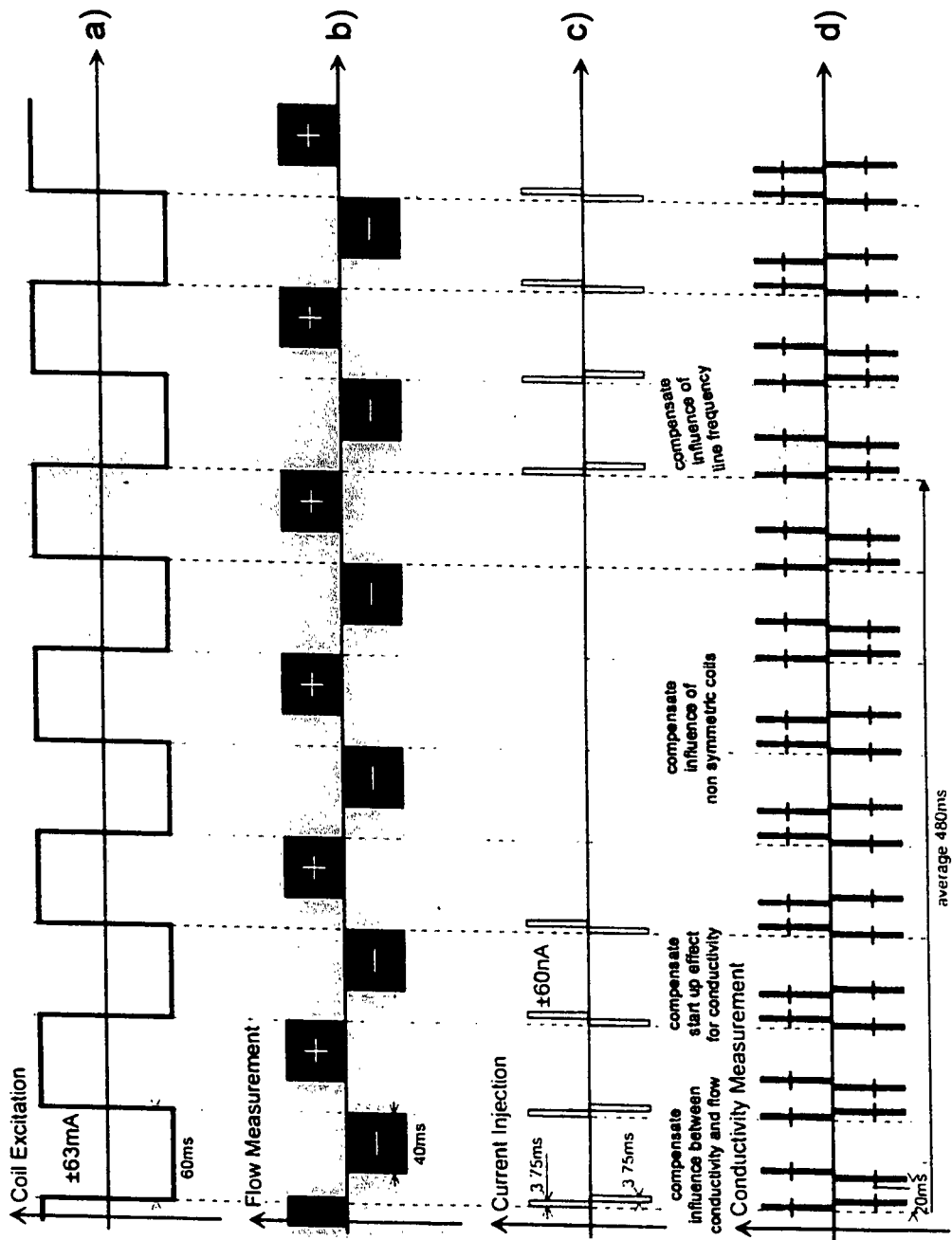


Fig. 7

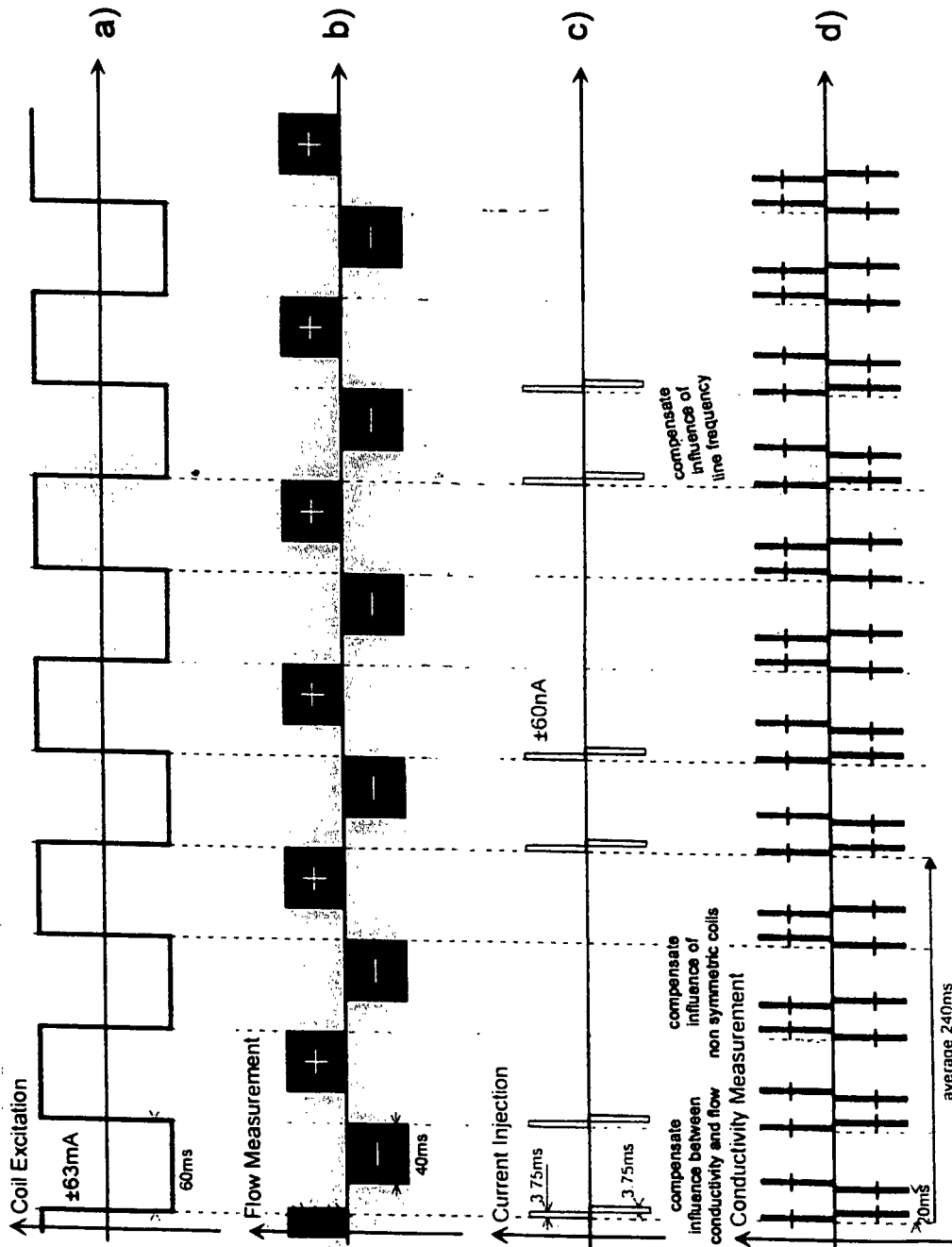


Fig. 8