

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6415081号
(P6415081)

(45) 発行日 平成30年10月31日(2018.10.31)

(24) 登録日 平成30年10月12日(2018.10.12)

(51) Int.Cl.

F 1

A61B 5/055 (2006.01)
G01N 24/08 (2006.01)
G01R 33/32 (2006.01)

A61B 5/055 351
G01N 24/08 520M
G01R 33/32

請求項の数 19 (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願2014-82767 (P2014-82767)
(22) 出願日 平成26年4月14日 (2014.4.14)
(65) 公開番号 特開2014-204992 (P2014-204992A)
(43) 公開日 平成26年10月30日 (2014.10.30)
審査請求日 平成29年2月17日 (2017.2.17)
(31) 優先権主張番号 10 2013 206 570.1
(32) 優先日 平成25年4月12日 (2013.4.12)
(33) 優先権主張国 ドイツ (DE)

(73) 特許権者 390039413
シーメンス アクチエンゲゼルシャフト
Siemens Aktiengesellschaft
ドイツ連邦共和国 D-80333 ミュンヘン ヴェアナーーフォン-シーメンス
-シュトラーセ 1
(74) 代理人 100114890
弁理士 アインゼル・フェリックス=ライ
ンハルト
(74) 代理人 100098483
弁理士 久野 琢也
(72) 発明者 ホルガー アドルフ
ドイツ連邦共和国 ツィアンドアフ アイ
ベンシュトラーセ 29

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】複数のコイル部材を独立して駆動制御するために構成された、磁気共鳴装置の送信装置を動作させる方法および送信装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

高周波コイル(3)の複数のコイル部材(4)を、相異なる送信路を介し、独立して駆動制御するために構成された、磁気共鳴装置(1)の送信装置(6)を動作させる方法であって、

前記磁気共鳴装置(1)内のコンピュータが、

相異なる位相によって前記コイル部材(4)を駆動制御するため、基準レベル(7)における位相差を、殊に前記コイル部材(4)用の複数のスロット(8)における位相差を考慮する、方法において、

前記磁気共鳴装置(1)内のコンピュータが、

1回だけ実行される第1の較正測定において、前記送信装置(6)内に前記基準レベル(7)から離れて、送信路毎に固定に取り付けられた内部測定装置により、送信される高周波信号の第1の位相を送信路毎に測定し、

較正測定のために、前記基準レベル(7)に接続すべき、殊に前記スロット(8)に接続すべき外部の第2の測定装置により、前記送信される高周波信号の第2の位相を送信路毎に測定し、

複数の前記コイル部材(4)を正しい位相で駆動制御するため、および/または、前記内部測定装置による別の複数の測定値を補正するため、前記第1の位相および前記第2の位相のうちの少なくとも1つの位相を考慮する、方法において、

前記磁気共鳴装置(1)内のコンピュータが、

10

20

送信路毎に前記第1の位相および前記第2の位相の差分から補正值を求める、
前記内部測定装置による後続の複数の測定値から前記補正值を減算して、前記基準レベル(7)においての現在の位相を求め、および/または、
高周波信号を形成する駆動制御位相を求めるために目標位相から前記第2の位相を減算して、前記基準レベル(7)における前記目標位相を得ることを特徴とする方法。

【請求項2】

請求項1に記載の方法において、

前記内部測定装置および前記外部測定装置として、アナログデジタル変換器を有する受信器(12, 14)に接続されている1つずつの方向性結合器(11, 13)を使用する

10

ことを特徴とする方法。

【請求項3】

請求項2に記載の方法において、

前記外部測定装置に対応する前記受信器(14)、殊に前記送信装置(6)内に固定に組み込まれている前記受信器(14)を前記外部測定装置用にだけに使用する、
 ことを特徴とする方法。

【請求項4】

請求項2または3に記載の方法において、

前記高周波コイル(3)を用いた磁気共鳴信号の受信用にも前記内部測定装置用の前記受信器(12)を使用する、
 ことを特徴とする方法。

20

【請求項5】

請求項1から4までのいずれか1項に記載の方法において、

前記磁気共鳴装置(1)内のコンピュータが、

前記第1の較正測定の一部として、殊に高周波コイル(3)を接続して、明瞭に定めたテスト信号を各送信路に送信し、テスト信号毎に、前記内部測定装置を用いて、進行テスト信号および反射テスト信号の振幅および位相を測定し、チェック値として記憶し、

チェック測定における後の少なくとも1つの時点に、同じ構成で、すなわち殊にここでも高周波コイル(3)を接続して、送信路毎に新たに前記テスト信号を送信し、該テスト信号毎に、前記内部測定装置を用いて進行テスト信号および反射テスト信号の振幅および位相を測定し、前記チェック値から偏差している場合には1つの送信路に対してケーブルエラーを確定して出力する、
 ことを特徴とする方法。

30

【請求項6】

請求項1から5までのいずれか1項に記載の方法において、

複数の前記送信路上に複数の信号を形成するため、1つずつの変調器(9)を使用し、複数の前記内部測定装置はそれぞれ1つの受信器または1つの前記受信器(12)を有しており、

前記磁気共鳴装置(1)内のコンピュータが、

40

前記第1の較正測定中に、

a) すべての受信器(12)の位相と、複数の前記変調器(9)のうちのあらかじめ定めた1つの基準変調器(9)の位相とを比較して、各偏差を各受信器基準位相として記憶し、および/または、

b) すべての変調器(9)の位相と、複数の前記受信器(12)のうちのあらかじめ定めた1つの基準受信器(12)の位相とを比較して、各偏差を各変調器基準位相として記憶し、

前記送信装置(6)のリスタートに続く第2の較正測定中に、

a) すべての受信器(12)の位相と、前記あらかじめ定めた基準変調器(9)の位相とを比較して、各偏差を各現在受信器の位相として記憶し、および/または、

50

b) すべての変調器(9)の位相と、前記あらかじめ定めた基準受信器(12)の位相と比較して、各偏差を各現在変調器の位相として記憶し、

各第2の較正測定の後に、送信路毎に正しい位相で駆動制御および／または補正を行うために、前記現在受信器の位相と前記受信器基準位相との間の複数の差分のうちの少なくとも1つの差分、および前記現在変調器の位相と前記変調器基準位相との間の複数の差分のうちの少なくとも1つの差分も考慮し、殊に、前記第1の位相および前記第2の位相の差分として求められた補正值に、前記現在受信器の位相と前記受信器基準位相との差分を加算し、および／または、

各第2の較正測定の後に、前記駆動制御位相を求めるため、前記目標位相から、前記是現在変調器の位相と前記変調器基準位相との前記差分も減算する、

ことを特徴とする方法。

【請求項7】

請求項6に記載の方法において、

前記磁気共鳴装置(1)内のコンピュータが、

前記送信装置(6)のリストアト毎に前記第2の較正測定を自動的に実行する、
ことを特徴とする方法。

【請求項8】

請求項6または7に記載の方法において、

前記受信器基準位相および前記現在受信器の位相を求めるため、スプリッタ(18)を用いて前記所定の基準変調器(9)の比較信号を複数の前記受信器(12)に分配する、
ことを特徴とする方法。

【請求項9】

請求項6から8までのいずれか1項に記載の方法において、

前記磁気共鳴装置(1)内のコンピュータが、

前記変調器基準位相および前記現在変調器の位相を求めるため、結合器(20)を介して、前記変調器(9)の前記比較信号を前記所定の基準受信器(12)に伝送する、
ことを特徴とする方法。

【請求項10】

1つの高周波コイル(3)の複数のコイル部材(4)を独立して駆動制御するように構成された、磁気共鳴装置用の送信装置(6)であって、

前記独立した駆動制御のため、前記送信装置(6)は、複数の送信路を有しており、

当該各送信路には、1つの変調器(9)と、1つの增幅装置(10)と、送信される高周波信号の第1の位相を測定するための当該増幅装置(10)に後置接続される1つの内部測定装置と、前記高周波コイル(3)のコイル部材(4)用の、基準レベル(7)とみなされる1つのスロット(8)であって、送信される高周波信号の第2の位相を測定するために、外部測定装置に接続可能なスロット(8)とが含まれてあり、

前記送信装置(6)はさらに、請求項1から9までのいずれか1項に記載の方法を実行するように構成された制御装置(22)とを有する、

ことを特徴とする装置。

【請求項11】

複数のコイル部材(4)を有する高周波コイル(3)と、送信装置(6)とを有する、磁気共鳴装置(1)であって、

前記送信装置(6)は、相異なる送信路を介し、相異なる位相によって前記複数のコイル部材(4)を独立して駆動制御するため、基準レベル(7)における位相差を考慮するように構成された、磁気共鳴装置(1)において、

前記送信装置(6)内に備えられた制御装置(22)は、

1回だけ実行される第1の較正測定において、前記送信装置(6)内に前記基準レベル(7)から離れて、送信路毎に固定に取り付けられた内部測定装置により、送信される高周波信号の第1の位相を送信路毎に測定し、

較正測定のために、前記基準レベル(7)に接続すべき、殊に前記スロット(8)に接

10

20

30

40

50

続すべき外部の第2の測定装置により、前記送信される高周波信号の第2の位相を送信路毎に測定し、

複数の前記コイル部材(4)を正しい位相で駆動制御するため、および/または、前記内部測定装置による別の複数の測定値を補正するため、前記第1の位相および前記第2の位相のうちの少なくとも1つの位相を考慮する、

ように構成されている、磁気共鳴装置(1)において、

送信路毎に前記第1の位相および前記第2の位相の差分から補正值を求め、

前記内部測定装置による後続の複数の測定値から前記補正值を減算して、前記基準レベル(7)においての現在の位相を求め、および/または、

高周波信号を形成する駆動制御位相を求めるために目標位相から前記第2の位相を減算して、前記基準レベル(7)における前記目標位相を得る

ことを特徴とする磁気共鳴装置(1)。

【請求項12】

請求項11に記載の磁気共鳴装置において、

前記内部測定装置および前記外部測定装置として、アナログデジタル変換器を有する受信器(12, 14)に接続されている1つずつの方向性結合器(11, 13)を使用する、

ことを特徴とする磁気共鳴装置。

【請求項13】

請求項12に記載の磁気共鳴装置において、

前記外部測定装置に対応する前記受信器(14)、殊に前記送信装置(6)内に固定に組み込まれている前記受信器(14)を前記外部測定装置用にだけに使用する、

ことを特徴とする磁気共鳴装置。

【請求項14】

請求項12または13に記載の磁気共鳴装置において、

前記高周波コイル(3)を用いた磁気共鳴信号の受信用にも前記内部測定装置用の前記受信器(12)を使用する、

ことを特徴とする磁気共鳴装置。

【請求項15】

請求項11から14までのいずれか1項に記載の磁気共鳴装置において、

前記制御装置(22)は、

前記第1の較正測定の一部として、殊に高周波コイル(3)を接続して、明瞭に定めたテスト信号を各送信路に送信し、テスト信号毎に、前記内部測定装置を用いて、進行テスト信号および反射テスト信号の振幅および位相を測定し、チェック値として記憶し、

チェック測定における後の少なくとも1つの時点に、同じ構成で、すなわち殊にここでも高周波コイル(3)を接続して、送信路毎に新たに前記テスト信号を送信し、該テスト信号毎に、前記内部測定装置を用いて進行テスト信号および反射テスト信号の振幅および位相を測定し、前記チェック値から偏差している場合には1つの送信路に対してケーブルエラーを確定して出力する、

ように構成されている、

ことを特徴とする磁気共鳴装置。

【請求項16】

請求項11から15までのいずれか1項に記載の磁気共鳴装置において、

前記送信装置(6)は、複数の前記送信路上に複数の信号を形成するため、1つずつの変調器(9)を有し、

複数の前記内部測定装置はそれぞれ1つの受信器または1つの前記受信器(12)を有しており、

前記制御装置(22)は、下記のように構成されており、

前記第1の較正測定中に、

a) すべての受信器(12)の位相と、複数の前記変調器(9)のうちのあらかじめ

10

20

30

40

50

定めた 1 つの基準変調器 (9) の位相とを比較して、各偏差を各受信器基準位相として記憶し、および / または、

b) すべての変調器 (9) の位相と、複数の前記受信器 (12) のうちのあらかじめ定めた 1 つの基準受信器 (12) の位相とを比較して、各偏差を各変調器基準位相として記憶し、

前記送信装置 (6) のリスタートに続く第 2 の較正測定中に、

a) すべての受信器 (12) の位相と、前記あらかじめ定めた基準変調器 (9) の位相とを比較して、各偏差を各現在受信器の位相として記憶し、および / または、

b) すべての変調器 (9) の位相と、前記あらかじめ定めた基準受信器 (12) の位相と比較して、各偏差を各現在変調器の位相として記憶し、

各第 2 の較正測定の後に、送信路毎に正しい位相で駆動制御および / または補正を行うために、前記現在受信器の位相と前記受信器基準位相との間の複数の差分のうちの少なくとも 1 つの差分、および前記現在変調器の位相と前記変調器基準位相との間の複数の差分のうちの少なくとも 1 つの差分も考慮し、殊に、前記第 1 の位相および前記第 2 の位相の差分として求められた補正值に、前記現在受信器の位相と前記受信器基準位相との差分を加算し、および / または、

各第 2 の較正測定の後に、前記駆動制御位相を求めるため、前記目標位相から、前記是現在変調器の位相と前記変調器基準位相との前記差分も減算する、

ことを特徴とする磁気共鳴装置。

【請求項 1 7】

請求項 1 6 に記載の磁気共鳴装置において、

前記制御装置 (22) は、

前記送信装置 (6) のリスタート毎に前記第 2 の較正測定を自動的に実行する、

ように構成されている、

ことを特徴とする磁気共鳴装置。

【請求項 1 8】

請求項 1 6 または 1 7 に記載の磁気共鳴装置において、

前記制御装置 (22) は、

前記受信器基準位相および前記現在受信器の位相を求めるため、スプリッタ (18) を用いて前記所定の基準変調器 (9) の比較信号を複数の前記受信器 (12) に分配する、
ように構成されている、

ことを特徴とする磁気共鳴装置。

【請求項 1 9】

請求項 1 6 から 1 8 までのいずれか 1 項 に記載の磁気共鳴装置において、

前記制御装置 (22) は、

前記変調器基準位相および前記現在変調器の位相を求めるため、結合器 (20) を介して、前記変調器 (9) の前記比較信号を前記所定の基準受信器 (12) に伝送する、
ように構成されている、

ことを特徴とする磁気共鳴装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0 0 0 1】

本発明は、高周波コイルの複数のコイル部材を、相異なる送信路を介し、独立して駆動制御するために構成された、磁気共鳴装置の送信装置を動作させる方法に関するものであり、ここでは上記のコイル部材を相異なる位相で駆動制御するため、基準レベルにおける位相差、殊に上記のコイル部材用のスロットにおける位相差を考慮する。さらに本発明は、磁気共鳴装置用の送信装置に関するもの。

【背景技術】

【0 0 0 2】

磁気共鳴イメージングでは、送信コイル、すなわち高周波数コイルを構成して、この送

10

20

30

40

50

信コイルが、互いに独立して駆動制御である相異なるコイル部材を含むように構成することが提案されてきた。どの磁場をどのコイル部材によって形成するかがわかれれば、これによってイメージング領域に相異なる励起パターンを形成することができ、例えば体積選択性の励起など形成することができる。このことを目的として、また例えば反射によって発生する、画像におけるより明るいなしはより暗い個所など補償するため、送信路によって定められる個々のチャネル間に所定の位相差を形成して干渉が実現されるようになることが可能である。

【 0 0 0 3 】

このようなマルチチャネル高周波送信システムを実現するため、コイル部材を独立して制御できる相応の送信装置が提案されている。このマルチチャネル高周波送信システム全体は、pTXまたはTXアレイシステムとしばしば称され、ここで「pTX」は、"parallel transmit"、すなわち「パラレル伝送」のことである。この場合、撮影すべき対象体内の核スピンを励起するために必要になるB1磁場の分布、ならびに、この対象体のSAR負荷に重要である電場の分布は、上記の個々のチャネルないしは送信フェーズ間の位相差および振幅比の変化によって制御することができる。10

【 0 0 0 4 】

上記の位相差を明瞭に定めるためには、すべての送信路に対する基準個所が必要であり、したがって磁気共鳴装置の場合には一般的に個々のコイル部材用のスロットによって得られる全体として1つの基準レベルが必要なのである。ここで注意すべきであるのは、上記のコイル部材へのケーブル長が異なることおよびこれらのコイル部材の特性が異なることを別の方法で考慮できることであり、それは基本的にはこのような高周波コイルおよびコイル部材のメーカーにより、駆動制御の際に考慮されるコイル部材のモデルが一緒に出荷されるからである。20

【 0 0 0 5 】

マルチチャネル高周波送信システム用の送信装置は一般的にまず、各送信路に1つの変調器を有しており、この変調器は、所望の高周波信号を小信号として形成し、またこの変調器には1つずつの高周波増幅器が後置接続されており、この高周波増幅器は、所望の振幅に上記の高周波信号を増幅する。このように増幅された信号は、上記のコイルのスロットに伝送される。殊に磁気共鳴イメージングの一部として正しく励起を行うのに極めて重要なのは、上記の基準レベルにおいて所望の目標位相差を正確に維持するため、上記の変調器においてすでに正しい入力位相差を調整することである。これに加え、測定によって高い信頼性で上記の正しい位相差の有無をチェックできなければならない。しかしながらこの際にはいくつか問題がある。30

【 0 0 0 6 】

高周波マルチチャネル送信システムに対しては、特に磁気共鳴において患者に適用する際には安全性を高めるために望ましいつぎのような要求がある。すなわち、

1) 上記の個々の送信路の駆動制御は、この送信路の基準レベルにおいてチャネル間に所定の位相差が生じるように行われなければならない。このように位相が合った駆動制御を行うことによってのみ、送信アレイを用いて、すなわち独立して駆動制御可能なコイル部材を有する高周波コイルを用いて、あらかじめ定めた干渉パターンを形成することができる。この際にはまず、個々の送信路の相異なる変調器が、必ずしも同じ位相の高周波信号を形成しないという問題がある。さらにシステムのリスタート時に変調器間の位相差が変化し得るという問題が発生することがあり、この際にはこれらの変調器の同期化は確かに可能であるが、技術的に極めて煩雑である。上記の基準レベルを基準にした送信路間の別の位相のすれば、ケーブル長またはケーブル特性が異なることによって、また複数の高周波増幅装置の偏差によっていることによって生じ得る。40

2) 送信路毎に送信される高周波信号(パルス)は、上記の送信路の基準レベルを基準にして、位相を合わせて検出すべきである。このことは、例えば、上記の送信システムのコンポーネントがエラー動作した場合に際にこれを遮断できるようにするため、送信されるパルスをリアルタイムに監視するという点からは望ましい。ここで上記の遮断により50

、例えば、患者においてローカルまたはグローバルな S A R 入力値が高くなりすぎることが阻止されるかまたはこれに類することが行われる。

【 0 0 0 7 】

この際にもさまざまな問題が知られている。例えば方向性結合器 (directional coupler D I C O) を含み得る上記の高周波検出器、すなわち測定装置は、上記の位相を測定しようとしている上記の基準レベル内に直接配置することはできない。このことは、殊に磁気共鳴応用の観点から問題である。なぜならば、上記の方向性結合器は、上記のコイル用のスロットには組み込むことができず、多くの場合に磁気共鳴装置の患者収容部の外部に配置され、この際には上記のスロットと方向性結合器との間に極めて長いケーブルがあるからである。さらにほとんどの場合には方向性結合器と、復調器およびアナログデジタル変換器 (A D C) を有すること多い受信器との間にはさらに 1 つのケーブルが設けられる。良好に較正されていない方向性結合器の他に、方向性結合器と受信器との間ならびに複数の受信器それ自体間のケーブルも送信路毎に相異なる位相のずれを発生させ得る。最後に受信器のリストアート時には上記の変調器と同様に位相の跳躍が発生し得る。すなわち、任意の 2 つの送信路間で検出される位相差が同じ入力信号において変化するのである。この際にも受信器 (レシーバ) を強制的に同期化することが考えられるが、このことそれ自身も必然的に構成上の煩雑さを増大させ、コストを増大させるのである。10

3) 最後に個々のチャネルの送信路における欠陥、例えばケーブル破断を検出することが望ましく、殊に測定装置とコイル部材それ自体との間の区間において検出することが望ましい。なぜならば、高周波マルチチャネル送信システムでは、コイル部材ないしはチャネルの故障は、関連する場の変化に結び付き得るからである。この際にクリティカルであるのは、上記の測定装置 (高周波検出器) とコイル部材との間のケーブル領域である。なぜならば、この個所における破断は、それ自体に方向性結合器を含み得る測定装置における信号減少に直接結び付き得ないからである。20

【 発明の概要 】

【 0 0 0 8 】

本発明の課題は、送信装置を動作させる方法および送信装置を提供することであり、この送信装置によって簡単に、位相を合わせた送信および位相差ができるようにすることである。

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 0 9 】

上記の方法についての課題を解決するため、本発明の請求項 1 により、1 回だけ実行される第 1 の較正測定において、送信装置内に基準レベルから離れて、送信路毎に固定に取り付けられた内部測定装置により、送信された高周波信号の第 1 の位相を送信路毎に測定し、

較正測定のために、基準レベルに接続すべき、殊にスロットに接続すべき外部の第 2 の測定装置により、送信される高周波信号の第 2 の位相を送信路毎に測定し、複数の上記コイル部材を正しい位相で駆動制御するため、および / または、内部測定装置による別の複数の測定値を補正するため、上記の第 1 の位相および前記第 2 の位相のうちの少なくとも 1 つの位相を考慮する。40

【 0 0 1 0 】

また上記の装置についての課題を解決するため、本発明の請求項 11 により、1 つの高周波コイルの複数のコイル部材を独立して駆動制御するように構成された、磁気共鳴装置用の送信装置であって、独立した駆動制御のため、送信装置は、複数の送信路を有しており、各送信路には、1 つの変調器と、1 つの增幅装置と、送信される高周波信号の第 1 の位相を測定するための增幅装置に後置接続される 1 つの内部測定装置と、高周波コイルのコイル部材用の、基準レベルとみなされる 1 つのスロットであって、送信される高周波信号の第 2 の位相を測定するために、外部測定装置に接続可能なスロットとが含まれてあり、上記の送信装置はさらに上記の方法を実行するように構成された制御装置を有する。

【 図面の簡単な説明 】

50

【0011】

【図1】本発明による送信装置を有する磁気共鳴装置の原理概略図である。

【図2】本発明による送信装置を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0012】

本発明の範囲内で識別されたのは、上記の送信装置がその通常動作状態にある場合ではないが、測定装置が、上記の基準レベルに、すなわち殊に上記のコイル部材用のスロットに位置できることである。しかしながら固有の固定の受信器（レシーバ）に対応付けられる付加的な外部測定装置が使用される、上記の送信装置に対する較正測定中には、基準レベルにおける測定装置の配置が完全に可能になるである。どの送信路において、つまりどのスロットにこれが接続されているかには依存しないでこれが同じに振る舞うことにより、これは、変化しない基準を提供し、この基準に対してすべての送信路を調整することできるのである。したがって第1の較正測定の測定の流れは、本発明によってつぎようになる。すなわち、まず上記の外部測定装置が、測定しようとする送信路に接続され、つぎに殊にあらかじめ設定した高周波信号（テストパルス）が上記の送信路において形成され、位相測定が、上記の内部測定装置によって行われる共に上記の外部測定装置によっても共に行われ、したがって上記の第1の位相および第2の位相が測定されるのである。この送信路に対するこの第1の位相および第2の位相は記憶されて、つぎの送信路が測定されて、各送信路に対して組みが得られるまで続けられる。第1の位相と第2の位相とから得られる差分は、内部測定装置において測定した位相と、上記の基準レベルにおける位相とが一般的に偏差するか示し、したがってケーブル長などを表すのである。10

【0013】

したがって本発明の具体的な実施形態では、送信路毎に上記の第1の位相および第2の位相の上記の差分から補正值を求め、上記の内部測定装置による後続の複数の測定値（また記録した複数の測定値）から上記の補正值を減算して、上記の基準レベルにおいての現在の位相を求める。すなわち、これによって上記の基準レベルにおける位相を求めて、この基準レベルにおける正しい位相差をつねに求めることができるのである。20

【0014】

しかしながらさらに、いずれのチャネル（送信路）に対しても同じである上記の外部測定装置より、上記の基準レベルにおける複数の位相を調整することができる。それは、各送信路において上記の高周波信号が同じ駆動制御位相で形成され、したがって上記の第2の位相は、上記の送信路における相違に起因して上記の基準レベルにおいて発生する違いを示すからである。30

【0015】

したがって本発明の有利な実施形態において具体的には、高周波信号を形成する駆動制御位相を求めるために目標位相から第2の位相を減算して、上記の基準レベルにおける目標位相を得るのである。すなわちこのことが意味するのは、所定の干渉を得るために基準レベルにおける目標位相が既知であれば、相応する目標位相を得るために上記の変調器をどのように駆動制御しなければならないかが第2の位相によって示されるということである。ここで再度示しておきたいのは、上記の基準レベルにおいてこれが最終的に位相差分になることであり、なぜならば明らかな「ゼロ位相」は一般的には定められないことによる。したがって多くの場合に目標位相は最終的に1つの基準送信路について求められ、例えば第1の送信路について求められるのである。それにもかかわらず、この場合には第2の位相を考慮すれば、上記の基準レベルに所望の位相差がつねに得られるのである。40

【0016】

ここでさらに指摘しておきたいのは、少なくとも内部測定装置の変調器ないしは受信器を同期化するためにコストのかかる電子装置を設けない場合には、変調器および受信器の位相跳躍を回避するため、すべての送信路の測定中に送信装置のシステムリストアートが発生しないようにする。これについて以下ではさらに詳しく述べる。

【0017】

50

20

30

40

50

上記の外部測定装置の接続を除き、本発明による方法のすべてのステップは当然のことながら自動で実行することができる。例えば上記の第1の較正測定によってユーザをガイドすることが可能であり、ここでこれは、このユーザに、どのスロットに上記の外部測定装置を接続すべきであるかを通知することによって行われ、このユーザは、この外部測定装置を接続したこれを動作させることができる。つぎに上記の測定が自動的に実行され、その後つぎの送信路に対する新たに指示が出力される。さらに指摘しておきたいのは、有利には上記の外部測定装置に、例えば50 終端抵抗であるダミーロード (dummy load) を後置接続できることあり、これは理想的なコイル部材を模擬し、上記の較正に使用される高周波信号の反射成分を回避することができる。

【0018】

10

したがってまとめると本発明によって提案されるのは較正、監視および駆動制御方法であり、これによってマルチチャネル高周波送信システムにおいて高周波パルス / 高周波信号の位相の合った送信および検出が可能になる。このことは、磁気共鳴装置における高周波マルチチャネル送信システムの制御ならびに患者内に形成される局所SARの監視にとって殊に重要である。ここで説明している手法は、使用される高周波コイルないしは使用されるコイル部材に依存しない。またこの手法は任意の個数の送信路に対して実現可能である。さらにこの手法は、簡単かつコスト的に有利に実現可能である。

【0019】

本発明の別の有利な実施形態では、上記の内部測定装置および外部測定装置として、アナログデジタル変換器を有する受信器に接続されている1つずつの方向性結合器を使用するようになることが可能である。上記のアナログデジタル変換器に加えて上記の受信器は復調器を有することができる。この受信器によって記録した測定値、具体的に上記の位相は、この場合にデジタル信号として上記の送信装置の制御装置に伝送され、この制御装置は、上で説明したように、上記の測定値を相応に評価して後続処理に使用する。高周波信号の位相（および場合によって付加的に振幅）に対するこのような測定装置は、従来技術においてすでに広く知られており、ここで詳しく説明する必要はない。

20

【0020】

本発明の有利な実施形態において、上記の外部測定装置に所属する受信器、殊に上記の送信装置に固定に組み込まれる受信器は、この外部測定装置用にだけに使用することができる。この外部測定装置が、可能な限りに独立して、かつ、各送信チャネルに対して同じになるようになるため、この外部測定装置に対し、専用かつこれに固定に割り当てられた受信器を使用し、この受信器は、上記の送信装置にも固定に組み込むことができるため、上記の測定結果は、上記の送信装置の制御装置に直接に伝送することができ、手動で接続すべき部分を低減することができる。

30

【0021】

本発明の1つの変形実施形態において、上記の内部測定装置の受信器がこれらの内部測定装置だけに固定に対応付けられるのに対し、高周波コイルを用いた磁気共鳴信号の受信用にも上記の内部測定装置用の受信器を使用することも可能である。この場合には、従来技術において基本的に公知であるように、送信路毎に1つの受信路も実現し、送信と受信とは、スイッチ手段によって切り換えることができる。この場合に送信された信号は、通常通りに上記の方向性結合器を通過し、また受信時に受信信号はスイッチマトリクスを通過して上記の受信器に伝送される。

40

【0022】

本発明の方法の殊に有利な実施形態では、第1の較正測定の一部として、殊に高周波コイルを接続して、明瞭に定めたテスト信号を各送信路に送信し、テスト信号毎に、上記の内部測定装置を用いて、進行テスト信号および反射テスト信号の振幅および位相を測定してチェック値として記憶する。ここではチェック測定の少なくとも1つの後の時点に同じ構成で、すなわち殊にここでも高周波コイルを接続し、送信路毎に新たに上記のテスト信号を送信して、テスト信号毎に上記の内部測定装置を用いて進行テスト信号および反射テスト信号の振幅および位相を測定する。1つの送信路に対してこれらのチェック値が偏差

50

している場合にケーブルエラーを確定してこれを出力する。このようにすることによって本発明により、例えば、内部測定装置とコイル部材との間のケーブル破断を識別することができ、そのために第1の較正測定の枠内において付加的に基準測定を行う。この際に各チャネルに、すなわち各送信路に順番に、あらかじめ定めたテスト信号を送信する。上記の送信路の進行波および反射波の位相および振幅は検出されて記憶される（このために内部測定装置の各方向性結合器に2つの受信器を接続して、上記の進行波および反射波が検出できるようになることが可能である）。ここで説明している基準測定は、高周波コイルを接続して行うことができるが、閉じていない送信ケーブル端部によって行うことも可能である。トリガに対する応答として、例えば送信装置のリストアに対する応答として、完全自動でチェック測定を行うことができる。このためには上記の第1の較正測定の一部としての基準値測定に類似して、上記のあらかじめ定めたテスト信号を順番にすべての送信路を介して送信する。ここでは上記の振幅および位相を新たに測定する。この際に示されたのは、殊に上記の位相が、破断などによるケーブルの長さ変化に極めて高い感度で反応することである。上記の内部測定装置、殊に方向性結合器と、上記のコイル部材との間の送信路が損傷した場合、反射波の振幅および位相が変化し、上記の增幅装置と方向性結合器との間のケーブルが損傷した場合、上記の進行波の振幅および位相さえも変化する。したがって位相および／または振幅と、上記の基準測定において記録したチェック値とを比較することにより、ケーブルエラーがあるか否かおよびどこにケーブルエラーがあるかを確定することできる。この際に重要であるのは、上記の測定装置が、基準測定と同じであり、したがってここでも同じ高周波コイルを接続可能であるかまたはここでもケーブル端部が開放されている（コイルが挿入されていない）ことである。ここで指摘しておきたいのは、上記のチェック測定（比較測定）の自動トリガに關係して、当然のことながら、コイルが上記の測定装置に接続されているか否かおよびどのコイルが上記の測定装置に接続されているについても検出できることであり、このことは従来技術において一般的に知られている。上記の送信路の端部を開放して動作する場合に有利であり得るのは、上記の送信装置をスタートさせた直後、かつ、高周波コイルを接続する前に上記のチェック測定を行うことである。さらに第1に指摘しておきたいのは、位相および振幅をこのように測定する際には当然のことながら、上で説明したように上記の第1および第2の位相に起因する上記の補正値をすでに使用することである。さらに、高周波コイルを接続して動作する場合、上記のコイル負荷は基準測定と同じになるはずであり、これは磁気共鳴装置において無負荷のコイルによって保証できることを指摘しておく。

【0023】

すでに述べたように上記の送信装置をリストアする際には上記の内部測定装置の変調器および受信器の相異なる位相が生じることがあり得る。これには、極めて複雑でありかつ実現が困難な同期化装置によって対抗することができる。このような装置を設ける際には、第1の較正測定の結果をつねに変化させずに継続使用することができる。しかしながらこのために大きなコストが必要であるため、これはあまり好ましくない。さらに上記の送信装置をリストア後に都度、第1の較正測定を新たに行わなければならないことはあまり望ましくない。なぜならばこれは、毎回、送信路毎に上記の外部測定装置を接続することになり得るからである。

【0024】

これらの問題を解決するため、本発明の極めて有利な形態では、複数の信号路に信号を形成するため、1つずつの変調器を使用し、上記の内部測定装置は1つずつの受信器または上記の受信器を有しており、第1の較正測定中に

a) すべての受信器の位相と、複数の変調器のうちのあらかじめ定めた1つの基準変調器の位相とを比較して、各偏差を各受信器基準位相として記憶し、および／または、

b) すべての変調器の位相と、あらかじめ定めた基準受信器の位相と比較して、各偏差を各変調器基準位相として記憶し、

送信装置のリストアに続く第2の較正測定中に、

a) すべての受信器の位相と、複数の変調器のうちのあらかじめ定めた基準変調器の

10

20

30

40

50

位相とを比較して、各偏差を各現在受信器の位相として記憶し、および／または、

b) すべての変調器の位相と、あらかじめ定めた基準受信器の位相と比較して、各偏差を各現在調器の位相として記憶し、

各第2の較正測定の後に、送信路毎に正しい位相で駆動制御および／または補正を行うために、上記の現在受信器の位相と受信器基準位相との間の複数の差分のうちの少なくとも1つの差分および現在変調器の位相と変調器基準位相との間の複数の差分のうちの少なくとも1つの差分も考慮し、殊に、上記の第1の位相および第2の位相の差分として求められた補正值に、現在受信器の位相と受信器基準位相との差分を加算し、および／または、上記の駆動制御位相を求めるため、目標位相から、現在変調の位相と変調器基準位相との上記の差分も減算する。

10

【0025】

このようにして本発明によって可能になるのは、送信装置のリスタート毎に自動的に行われる第2の較正測定により、送信装置のリスタート時における変調器または受信器（レシーバ）の位相跳躍も考慮することである。ここでこれが行われるのは、第1の較正測定中に参照値が記録されており、したがって変調器および／または受信器のどの相対的位相に対して第1の位相および第2の位相が記録されたかが既知の場合である。したがってこの場合には、場合によっては発生するさらなるシフトがわかれば、上記の補正過程ないしは駆動制御過程を修正することができ、その際には極めてコストのかかる同期化装置が必要になることはない。ここで提案されるのは、変調器における位相差を確定するために1つずつの固定の受信器を比較に使用し、また受信器における位相差を確定するために1つずつの固定の変調器を比較に使用することである。これによって固定した基準が得られ、この基準により、変調器基準位相と現在変調器の位相との比較、ないしは受信器基準位相と現在基準の位相と比較が可能になる。すなわち、最終的には送信装置のリスタート後毎に、1回だけ実行されるべき「チューンアップ」測定とも称すことの可能な第1の較正測定のステップa) およびb) を繰り返され、これによって上記の現在の位相が求められるのである。

20

【0026】

すでに述べたようにここで有利であるのは、送信装置のリスタート毎に第2の較正測定を自動的に実行する場合である。ここで指摘しておきたいのは、送信装置内の相応する「測定路」に対し、当然のことながら適当なスイッチ手段を設けられることであり、このスイッチ手段は、上記の測定を可能にするため、送信装置の制御装置によって自動的に駆動制御することも可能である。

30

【0027】

受信器基準位相および現在受信器の位相を求めるため、スプリッタを用いて所定の基準変調器の比較信号を上記の複数の受信器に分配すると有利である。これに類似して有利であるのは、変調器基準位相および現在変調器の位相を求めるため、結合器を介して変調器の比較信号を所定の基準受信器に伝送する場合である。すでに述べたようにこの場合には手動で作用を及ぼすことなく自動的に第2の較正測定を実行できるようにするため、相応する路に付加的に適当なスイッチ手段を設けることができる。

【0028】

40

上記の方法の他に本発明は、磁気共鳴装置用の送信装置にも関しており、この送信装置は、1つの高周波コイルの複数のコイル部材を独立して駆動制御するように構成されており、このためにこの送信装置は、複数の送信路を有しており、これらの送信路には、1つの変調器と、1つの増幅装置と、送信される高周波信号の第1の位相を測定するための上記の増幅装置に後置接続される1つの内部測定装置と、基準コイルのコイル部材用の、基準レベルとみなされるスロットと、送信される高周波信号の第2の位相を測定するために1つのスロットに接続可能な外部測定装置とが含まれてあり、上記の送信装置はさらに、本発明の方法を実行する制御装置とを有する。本発明に方法についてのすべての説明は、本発明による上記の送信装置に同様に転用することができるため、この送信装置によって上で説明した利点を得ることができる。殊に上で説明した構成上の実施形態、例えば結合

50

器および／またはスプリッタの使用は、本発明の送信装置に問題なく転用可能である。この送信装置は、磁気共鳴装置の一部分とすることができる、この磁気共鳴装置は、独立して駆動制御可能な複数のコイル部材を含む高周波コイルを有する高周波マルチチャネル送信システムを有する。上記の制御装置は、第1の較正測定用に構成することができ、ユーザを第1の構成測定によってガイドすることができる。このガイドは、ユーザによって行うべき行動、例えば外部測定装置の接続および／または差し替えに関係するものであり、このために、例えば、適当な出力手段、ないしは、外部測定装置の接続後にユーザが操作を行い得る適当なスイッチなどを設けることができる。上記の方法のすべての測定ステップは、また場合によっては実行すべき第2の較正測定も、自動的にトリガしてスタートさせて実行することができる。

10

【0029】

ここにおいてさらに注意しておきたいのは、ケーブル破断またはその他のケーブル損傷の検出に関して、基準測定およびチェック測定の2つの段階を実行することであり、すなわち1回は負荷ありで行い、別の1回は負荷なしで行い、2つの比較の可能性が得られるのである。

【実施例】

【0030】

本発明の別の利点および詳細は、以下で説明する実施例から明らかになり、また図面によって明らかになる。

【0031】

20

図1には磁気共鳴装置1の原理概略図が示されており、この磁気共鳴装置には、ここではわかりやすくするために詳しく示していないが、従来技術において一般である複数のコンポーネントが、例えば超伝導主磁石を有する主磁石ユニットが含まれてあり、この主磁石ユニットにより、患者ベンチを入れることの可能な患者収容部を定められる。一般的にはさらに、患者収容部を取り囲んでグラジエントコイル装置が設けられている。

【0032】

核スピンを励起するための高周波信号は、磁気共鳴装置1において高周波マルチチャネル送信システム2によって形成される。この送信システムは、高周波コイル3、例えばボディコイルを含んでおり、このボディコイルは、独立して駆動制御可能な複数のコイル部材4から構成される。これにより、個々のコイル部材4によって形成されかついわゆるB1マップとして測定されて記憶される磁場がわかれば、任意の励起を形成することができる。またこのことが意味し得るのは、コイル部材4が相異なる位相で駆動制御されて、位相差が形成され、この位相差により、例えば所定の領域において所望の干渉が発生することである。コイル部材4およびそのケーブルの位相特性が、すでに基本的に既知であり、またコイル部材4のメーカーからモデルの一部として一緒に供給される場合、このことは、コイル部材4を介して、送出すべき高周波信号を供給する送信装置6には必ずしも当てはまらない。正しい位相での駆動制御および正確な位相差のチェックを可能にするため、この実施例において送信装置6のスロット8によって定められる基準レベル7におけるこの位相差は既知でなければならない。本発明が取り扱うのは、送信される高周波信号の送信時およびチェック測定時に、発生し得る位相の相違について送信装置6を較正すること、ならびに、送信装置6の通常の動作時に較正情報を利用することである。

30

【0033】

このためにまず図2を参照して送信装置6の構造を説明する。図2は、相異なるコンポーネントの基本的な作用関係を示す基本図であるが、正確な回路図を再現してはいない。しかしながら当業者は問題なくこれを具体的に実現することが可能である。

【0034】

基本的に公知であるように送信装置6には、チャネル毎にすなわち各コイル部材4毎に1つの送信路が設けられており、この送信路ではまず高周波信号が小信号として変調器9によって形成される。この小信号は、高周波増幅器10に伝送されてそこで所望の振幅に増幅される。その後、このようにして増幅された高周波信号をスロット8に伝送すること

40

50

ができる。この実施例では、一般的には n 個である送信路毎に複数のコンポーネントが示されているのではなく、わかりやすくするため、第 1 の送信路 $i = 1$ と、最後の送信路 $i = n$ とだけに対して示されており、その他のコンポーネントは、相応する 4 点リーダで示されている。

【0035】

空間および電磁的な場の状況に起因して、磁気共鳴装置 1 において一般的に可能でないのは、高周波信号の位相および振幅を取り入れる内部測定装置をスロット 8 に配置すること、すなわち基準レベル 7 に直接に配置することである。したがって内部測定装置とスロット 8 との間では、場合によっては送信チャネル毎にケーブル長が異なり、さらに場合によっては内部測定装置自体の間で違いがある。この実施例では、増幅装置 10 に後置接続された内部測定装置は、1 つずつの方向性結合器 11 および受信器 12 によって実現されており、ここで受信器 12 には、復調器およびアナログデジタル変換器が含まれている。
10

【0036】

送信装置 6 の動作は制御装置 22 によって制御され、この制御装置も本発明の方法を実行する。

【0037】

本発明による方法を用いれば、 n 個のコイル部材 4 を有する 1 つの高周波コイル 3 において、正しい位相で複数の高周波パルス（高周波信号）で送信して検出する、送信装置 6 の動作が可能になり、このために一連の較正測定を行う。これらの較正測定は、1 回だけ行われる第 1 の較正測定（チューンアップ）と、送信装置 6 のリストアート後毎に行なわれる第 2 の較正測定とに区別される。これらをまとめて以下で詳しく説明する。
20

【0038】

送信装置 6 のコンポーネント間のケーブル接続した後、送信装置 6 を最初に接続する際には、以下の測定を 1 回実行する。この際には、変調器 9 および受信器 12 の位相跳躍を回避するため、上記の測定が終了するまで送信装置 6 のシステムリストアートが行われないように前もって注意しなければならない。

【0039】

はじめに実行される第 1 の較正測定の第 1 の部分測定には外部測定装置が使用される。この外部測定装置そのものも方向性結合器 13 および受信器 14 を有しており、この受信器は、この場合に送信装置 6 に固定に組み込まれている。方向性結合器 13 を有するこの部分は、スロット 8 に直接接続することができるため、上記の位相を実際に基準レベル 7 において測定することができる。ここでは理想コイルを定める 50 のダミーロード（"dummy load"）15 を使用する。上記の外部測定装置によって可能であるのは、これを順次にすべてのスロット 8 に接続できた後、すべての送信路に対して位相を基準レベル 7 において測定することである。これらの測定はつねに同じ外部測定装置によって行われるため、上記の位相は比較可能であり、当然のことながら測定毎に変調器 9 を同じ位相で、すなわちあらかじめ設定した高周波信号（テストパルス）で駆動制御する。
30

【0040】

測定の流れはつぎようになっている。すなわち、外部の方向性結合器を i 番目の送信路のスロット 8 に接続する。つぎに、あらかじめ設定した高周波信号を送信し、受信器 14 によって、したがって信号路 16 を介して外部の方向性結合器 13 における位相 $t_{i,i}$ を測定する。以下では位相 $t_{i,i}$ を第 2 の位相と称することにする。この第 2 の位相 $t_{i,i}$ は記憶され、また以後、補正した駆動制御位相 $c_{i,i}$ を計算するために使用することでき、ここで基準レベル 7 において目標位相 $z_{i,i}$ を得るために、この補正した駆動制御位相 $c_{i,i}$ によって i 番目の変調器 9 を駆動制御しなければならない。上記の目標位相 $z_{i,i}$ は、所望の位相差から得られる。このことが意味するのは、目標位相 $t_{i,i}$ が既知の場合、制御装置 22 はまず、すなわち以下で述べるようにまだシステムリストアートが行われないうちには、各送信路 i 每に駆動制御位相を

$$c_{i,i} = t_{i,i} - z_{i,i}$$

と計算することできる。

10

20

30

40

50

【0041】

しかしながら第1の部分測定では、同様にテストパルスとも称することができる上記のあらかじめ設定した高周波信号に対し、内部測定装置の内部の方向性結合器11における第1の位相_iも測定される。上記の第1の位相および第2の位相は、n個のすべての送信チャネルに対して測定される。この際には制御装置22によって出力手段を駆動制御することにより、ユーザのサポートを実現することができる。この制御装置は、例えば、上記の外部測定装置、すなわち方向性結合器13を所定のスロットに接続し、その後、測定の準備が整ったことを示すために操作部材を操作せよという指令を行うことができる。

【0042】

上記の第1および第2の位相が既知である場合、(少なくともシステムリスタートまで)方向性結合器10における別の測定値を換算して、基準レベル7における上記の位相が得られるようにすることが可能である。_i番目の方向性結合器11において測定した位相を_{m,i}と称する場合、以下に示すように、制御装置22によって補正を行い、対応するスロット8における位相_{s,i}が得られる。すなわち、

$$s_i = i - (i - m_i) = m_i - (i - i)$$

である。

【0043】

したがって値(i - i)は補正值であり、この補正值も上記の制御装置22に記憶される。

【0044】

しかしながら本発明による動作方法により、別の複数の作用、すなわち第1には、相異なる変調器と相異なる受信器12との間の位相比が、送信装置6のリストアの後、上記の第1の較正測定の際の位相比ともはや同じであるはずはないという事実が考慮され、また第2にはケーブル破断の可能性も考慮されるため、第1の較正測定の一部として別の複数の部分測定が行われる。したがって信号路17を介して第1の位相_iを、また信号路16を介して第2の位相_iを測定した後、上記の外部測定装置は、元のようにスロット8から取り外されて、第2の部分測定として、すべての受信器12の位相と、つねに同じ変調器9から得られる統一された基準信号とが比較され、これらの偏差が受信器基準位相_iとして記憶される。このために送信装置6は、スプリッタ18を有しており、このスプリッタは、第2の部分測定のため、相応するスイッチ手段19を介し、制御装置22によってスイッチオンすることができる。スプリッタ18は、あらかじめ設定した固定の基準変調器9の信号を受信器12に分配するため、_iを求めることができる。これらの受信器基準位相_iは記憶される。

【0045】

つぎの第3の部分測定では、すべての変調器9の位相と、あらかじめ設定した固定の基準受信器12の位相とが比較され、偏差は、変調器基準位相_iとして記憶される。このためには結合器20が使用され、この結合器にも制御装置22によって駆動制御可能な相応するスイッチ手段21が対応付けられる。つぎに実際の測定が基準受信器12において行われる。上記の記憶された値_iおよび_iは後に、送信装置6のリストアおよび第2の較正測定の後に使用され、これによって個々の変調器9ないしは受信器12の位相跳躍を確定させることができる。

【0046】

最後にさらに第4の部分測定を行う。この第4の測定は、内部測定装置によって、すなわち方向性結合器11において行われる。ここではすでに上で説明した補正值(i - i)を使用する。後にケーブル破断またはその他のケーブル損傷を確認できるようにするために、明瞭に定めたテスト信号を各送信路において送信する。しかしながら高周波コイル3にすでにコイル部材4が接続されているかまたは端部が解放されているかにかかわらず、スロット8の後方には、明瞭に定められた負荷状況が設定される。このテスト信号に対し、進行テスト信号および反射テスト信号の位相および振幅を上記の内部測定装置によって測定する。ここでは受信器12は相應に、進行波および反射波に対する装置をシンボライ

10

20

30

40

50

ズする。送信路毎に進行テスト信号および反射テスト信号の位相および振幅をチェック値として記憶する。

【0047】

これにより、チューンアップ時の第1の較正測定が終了し、送信装置6の動作を開始することができ、上記の2つの式にしたがい、駆動制御位相と、基準レベル7に関連する補正した測定値とが得られる。

【0048】

第2の較正測定は、送信装置6をリスタートした後に行われる。なぜならば、リスタートの後、変調器9の位相_iおよび受信器12の位相_iは変化し得るからである。したがって第2の較正測定では自動的に、すなわちオペレータの介入を必要とすることなく、上記の第1の較正測定の第2および第3の部分測定を繰り返し、値_{c,i}および_{s,i}を得るのである。この自動化された測定の実行は、駆動制御可能ないしはプログラム可能なスイッチ手段19, 21を使用することによって行われる。当然のことながらその他にこのようなスイッチ手段を信号路17に対しても設けることができる。

【0049】

現在受信器の位相_iおよび現在の変調器の位相_iが既知になるとはじめて、変調器9および受信器12において場合によって存在する位相跳躍を考慮することができ、補正した駆動制御位相_{c,i}に対して

$$c_{i,i} = t_{i,i} - i_i - (i^*_{i,i} - i_i)$$

が得られる。

【0050】

これに相応して方向性結合器11における位相から、基準レベル7における上記の位相を求めることができ上記の公式は、

$$s_{i,i} = m_{i,i} - (i_i - i_i) - (i^*_{i,i} - i_i)$$

と更新される。

【0051】

付加的には送信装置6のリスタートの後、上記のシステム2は、送信ケーブルの破断を検査し、この際には、第1の較正測定の第4の部分測定の場合と同じ状態を形成して、すなわち上記のチューンアップ測定に類似して、チェック測定において、明瞭に定められたテスト信号を順番にすべての送信路に送信する。すべての送信路に対して上記の補正を適用した後、上記の進行テスト信号および反射テスト信号の上記の位相および振幅を新たに測定して上記のチェック値と比較する。增幅装置10と方向性結合器11との間にケーブル破断またはケーブル損傷がある場合には進行波の振幅および位相が変化し、高周波コイル3を接続したコイル部材4においてまたは解放した端部において、コイルスロット8と方向性結合器11との間にケーブル破断またはケーブル損傷がある場合、反射波の振幅および位相が変化する。ここで全体として注意したいのは、ケーブル長変化が、上記の位相において殊に明瞭に識別できることである。エラーが確認される場合、送信装置6の動作が中断され、したがって高周波マルチチャネル送信システム2の動作が中断される。

【0052】

ここで指摘したいのは、高周波コイル3がスロットに接続されているか否か、および／またはどの高周波コイル3がスロットに接続されているかという事実は、従来技術において基本的に公知の検出装置によって容易に確認できることである。その他には、上記のチェック値に関係する、上記の2つの較正測定の部分測定を、相異なる負荷状態ないしは接続状態に対して複数回実行することも考えられる。これにより、例えば、スロットからコイル部材3に至るケーブルに、または送信装置6内に、問題があるか否かを区別することができる。

【0053】

ここまで本発明を有利な実施形態によって詳しく述べて説明して来たが、本発明は、ここで説明したこれらの実施例に限定されることなく、当業者は、本発明の権利保護範囲を逸脱することなくここから別の複数の変形実施形態を導出することができる。

10

20

30

40

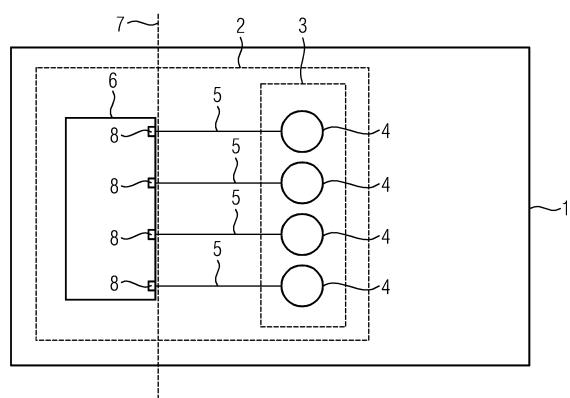
50

【符号の説明】

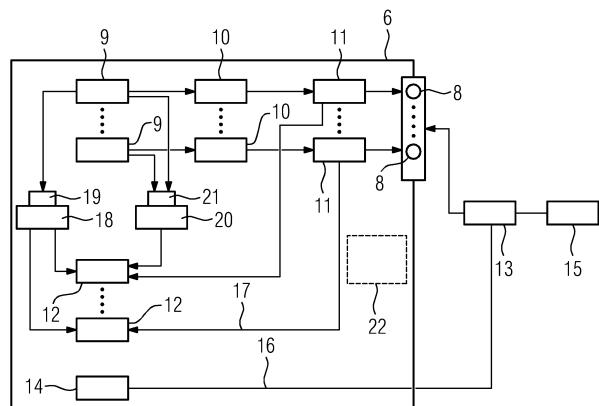
【0054】

1 磁気共鳴装置、 2 高周波マルチチャネル送信システム、 3 高周波コイル、
 4 コイル部材、 5 ケーブル、 6 送信装置、 7 基準レベル、 8 スロット、
 9 变調器、 10 増幅装置、 11 方向性結合器、 12 受信器、 13
 方向性結合器、 14 受信器、 15 終端部、 16 信号路、 17 信号路、
 18 スプリッタ、 19 スイッチ手段、 20 結合器、 21 スイッチ手段、
 22 制御装置

【図1】



【図2】



フロントページの続き

(72)発明者 トーマス ベナー
　　ドイツ連邦共和国 エアランゲン ペトラ・ケリー・ヴェーク 11
(72)発明者 ハンス・ペーター ファウツ
　　ドイツ連邦共和国 フォアヒハイム ヌスバウムシュトラーセ 39
(72)発明者 イエアク ウルリヒ フォンティウス
　　ドイツ連邦共和国 ノインキルヒエン・アム・プラント レアヒエンヴェーク 1
(72)発明者 レネ グンプレヒト
　　ドイツ連邦共和国 ヘアツォーゲンアウラッハ イン デア レーテ 1

審査官 原 俊文

(56)参考文献 特開2012-024306(JP,A)
特表2008-538968(JP,A)
特表2004-530518(JP,A)
特開2004-170424(JP,A)
特開2014-079572(JP,A)
米国特許出願公開第2011/0295531(US,A1)
米国特許出願公開第2012/0153951(US,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

A 61 B 5 / 055
G 01 N 24 / 08
G 01 R 33 / 20 - 33 / 64