

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2007-500487
(P2007-500487A)

(43) 公表日 平成19年1月11日(2007.1.11)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
H03F 3/217 (2006.01)	H03F 3/217	5J500
H03F 3/24 (2006.01)	H03F 3/24	
H03F 3/26 (2006.01)	H03F 3/26	

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願2006-533050 (P2006-533050)
 (86) (22) 出願日 平成16年5月13日 (2004. 5. 13)
 (85) 翻訳文提出日 平成17年11月11日 (2005. 11. 11)
 (86) 国際出願番号 PCT/US2004/015072
 (87) 国際公開番号 W02004/102790
 (87) 国際公開日 平成16年11月25日 (2004. 11. 25)
 (31) 優先権主張番号 10/436, 943
 (32) 優先日 平成15年5月13日 (2003. 5. 13)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

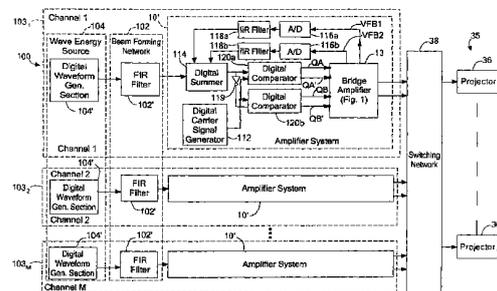
(71) 出願人 390039147
 レイセオン・カンパニー
 Raytheon Company
 アメリカ合衆国、マサチューセッツ州 O
 2451-1449、ウォルサム、ウィン
 ター・ストリート 870
 (74) 代理人 100089705
 弁理士 社本 一夫
 (74) 代理人 100076691
 弁理士 増井 忠式
 (74) 代理人 100075270
 弁理士 小林 泰
 (74) 代理人 100080137
 弁理士 千葉 昭男

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 デジタルスイッチング電力増幅器

(57) 【要約】

送信素子のアレイに接続された複数の増幅部を有するビーム形成ネットワークを含む、波動エネルギーのコリメートされた指向性ビームを送信するための装置。増幅部のそれぞれは、波動エネルギーのデジタルサンプル源、デジタルサンプルの供給を受けて、時間遅延をその複製に提供するためのデジタルフィルタ、及び増幅システムを含む。増幅システムは、ブリッジ回路を流れる電流を表すフィードバック信号を生成するブリッジ増幅器、対応するデジタルフィードバック信号を生成するためのアナログ - デジタル変換部、増幅される信号のデジタルサンプル及びデジタルフィードバック信号の供給を受けて合成デジタル信号を生成するためのデジタル加算器、並びに、合成デジタル信号及び搬送波信号源が生成した信号の供給を受けて、増幅素子の複数のスイッチング信号を生成するための変調部、を含む。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ブリッジ回路の辺に配置された複数の増幅素子を備えるブリッジ増幅器であって、前記ブリッジ回路の第 1 対のノードが電源の両端に結合され、前記ブリッジ回路の第 2 対のノードが負荷に結合され、前記増幅素子が複数のスイッチング信号の供給を受け、前記ブリッジ増幅器がフィードバック信号を生成する、ブリッジ増幅器と、

前記フィードバック信号の供給を受けて、該フィードバック信号を対応するデジタルフィードバック信号に変換するためのアナログ - デジタル変換部と、

増幅システムによって増幅される信号のデジタルサンプル及び前記デジタルフィードバック信号の供給を受けて、合成デジタル信号を生成し、前記ブリッジ増幅器増幅素子の前記複数のスイッチング信号を生成するためのデジタル加算部と、
を備える増幅システム。 10

【請求項 2】

前記デジタル加算部は、

搬送波周波数信号を表すデジタル信号を生成するための搬送波信号源と、

前記搬送波信号源によって生成された前記デジタル信号及び前記合成デジタル信号の供給を受けて、前記ブリッジ増幅器増幅素子の前記複数のスイッチング信号を生成するための変調部と、
を備える請求項 1 に記載の増幅システム。

【請求項 3】

前記変調部は、

前記合成デジタル信号及び前記搬送波信号源が生成した信号の供給を受ける比較部であって、前記複数のスイッチング信号を生成する比較部、
を備える請求項 2 に記載の増幅システム。 20

【請求項 4】

ブリッジ回路の辺に配置された複数の増幅素子を備えるブリッジ増幅器であって、前記ブリッジ回路の第 1 対のノードが電源の両端に結合され、前記ブリッジ回路の第 2 対のノードが負荷に結合され、前記増幅素子が複数のスイッチング信号の供給を受け、前記ブリッジ増幅器が、前記ブリッジ回路を流れる電流と前記第 2 対のノードの両端に該ブリッジによって生成された電圧とを表すフィードバック信号を生成する、ブリッジ増幅器と、
前記フィードバック信号の供給を受けて、該フィードバック信号を対応するデジタルフィードバック信号に変換するためのアナログ - デジタル変換部と、
増幅システムによって増幅される信号のデジタルサンプル及び前記デジタルフィードバック信号の供給を受けて、合成デジタル信号を生成するためのデジタル加算器と、
前記合成デジタル信号及び前記搬送波信号源が生成した信号の供給を受けて、前記ブリッジ増幅器増幅素子の前記複数のスイッチング信号を生成するための変調部と、
を備える増幅システム。 30

【請求項 5】

前記変調部は、

搬送波周波数信号を表すデジタル信号を生成するための搬送波信号源と、

前記合成デジタル信号及び前記搬送波信号源が生成した信号の供給を受けて、前記ブリッジ増幅器増幅素子に対する前記複数のスイッチング信号を生成するための比較部と、
を備える請求項 4 に記載の増幅システム。 40

【請求項 6】

波動エネルギーのコリメートされた指向性ビームの送信装置であって、

(A) 前記波動エネルギーのデジタルサンプル源から供給を受け、複数の出力ポートを有するビーム形成ネットワークを備え、該ビーム形成ネットワークは、前記波動エネルギーの前記デジタルサンプルを前記ポートにわたる時間遅延を分散させて結合し、該時間遅延の分散は、前記送信された波動エネルギーのビームの方向に応じたものであり、

前記ビーム形成ネットワークは、複数の増幅部を備え、該増幅部のそれぞれは、 50

(a) 前記波動エネルギーのデジタルサンプル源、
 (b) デジタルサンプルの供給を受けて、該サンプルに時間遅延を提供するためのデジタルフィルタ、
 (c) 増幅システム、を備え、
 前記増幅システムは、

(i) ブリッジ回路の辺に配置された複数の増幅素子を備えるブリッジ増幅器であって、前記ブリッジ回路の第 1 対のノードが電源の両端に結合され、前記ブリッジ回路の第 2 対のノードが負荷に結合され、前記増幅素子が複数のスイッチング信号の供給を受け、前記ブリッジ増幅器が、前記ブリッジ回路を流れる電流及び前記第 2 対のノードの両端に該ブリッジによって生成された電圧を表すフィードバック信号を生成する、ブリッジ増幅器、

10

(i i) 前記フィードバック信号の供給を受けて、該フィードバック信号を対応するデジタルフィードバック信号に変換するためのアナログ - デジタル変換部、

(i i i) 該増幅システムによって増幅される信号のデジタルサンプル及び前記デジタルフィードバック信号の供給を受けて、合成デジタル信号を生成するためのデジタル加算器、及び、

(i v) 前記合成デジタル信号及び前記搬送波信号源が生成した信号の供給を受けて、前記ブリッジ増幅器増幅素子の前記複数のスイッチング信号を生成するための変調部、を備え、

更に、送信装置は、

20

(B) 前記複数の増幅部に接続された送信素子のアレイと、
 を備える送信装置。

【請求項 7】

前記変調部は、

搬送波周波数信号を表すデジタル信号を生成するための搬送波信号源と、

前記合成デジタル信号及び前記搬送波信号源が生成した信号の供給を受けて、前記ブリッジ増幅器増幅素子の前記複数のスイッチング信号を生成するための比較部と、
 を備える請求項 6 に記載の送信装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

30

【0001】

本発明は、電力増幅器に関し、より詳細には、ブリッジ増幅器に関する。

背景技術

当該技術分野において既知のように、電力増幅器は広範囲の用途を有する。このような 1 つの電力増幅器がブリッジ増幅器である。初期のブリッジ増幅器は、1941年3月18日に発行された、発明者 S. Gubin の「Amplifier for Signal Transmission」と題する米国特許第 2, 235, 677 号に記載されている。Gubin の特許に記載されたブリッジ増幅器は、熱電子放出デバイスを使用したものである。トランジスタの出現で、Gubin の増幅器は、トランジスタにおけるミスマッチを検知し、それによって、補償電圧をトランジスタの制御電極に印加し、それによって、トランジスタの動作特性における見掛けの同一性 (apparent identity) を維持するためのフィードバック信号を含めることによってさらに改良された。このような改良は、1964年11月17日に発行された、発明者 H. B. Brown 他 の「Transistor Bridge Amplifier with a Bias Compensation Circuit Therefor」と題する米国特許第 3, 157, 839 号に記載されている。ブリッジ増幅器のさらなる改良は、特に、増幅器の出力に接続された負荷を通過する電流に比例したフィードバック信号、及び、負荷の両端に生成される電圧に比例したフィードバック信号の 1 対のフィードバック信号を使用することによって行われた。このような改良されたブリッジ増幅器は、1978年5月30日に発行された発明者 Benjamin J. White、George Moreau、Robert E. Dworkin の「Modulated Carrier Amplifying System」と題する米国特許第 4, 092, 610 号に記載されている。この米国特許は、本発明と同じ譲受人に譲渡されて

40

50

いる。

【0002】

米国特許第4,092,610号に記載されているように、増幅される信号は、フィードバック信号と組み合わせられた後、搬送波信号により変調され、その結果生成された信号はブリッジ増幅器に供給される。このような1つの増幅器回路10を図1に示す。このように、入力信号は、1対のフィードバック信号と共に加算増幅器12に供給される。このような1つのフィードバック信号 V_{FB1} は、ブリッジ増幅器13の出力端子14a、14bの両端に生成される電圧 V_L の関数であり、他方のフィードバック信号 V_{FB2} は、出力端子14a、14bの電流 I_L の関数である。加算増幅器12の出力は、図示するように、1対の比較器16a、16bにおいて、搬送波信号発生器15により生成された変調信号と組み合わせられる。この変調信号は、ここでは、例えば方形波電圧又はノコギリ波電圧である。比較器16a、16bは、パルス幅変調(PWM)された1対のスイッチング信号 PWM_1 及び PWM_2 をそれぞれ生成する。インバータ18a、18bは、パルス幅変調された補完的な1対の信号 PWM_1' 及び PWM_2' をそれぞれ発生するために設けられている。これら4つのPWM信号は、図示するように、スイッチングブリッジ増幅器13に供給される。スイッチングブリッジ増幅器13は4つの増幅器素子を含む。この4つの増幅器素子は、ここでは、トランジスタ22a、22b、22c、及び22dであり、図示するように、4つのノード N_1 、 N_2 、 N_3 、及び N_4 を有するブリッジ回路に配置されている。ノード N_1 及び N_2 は電圧源 $+V_S$ の両端に接続され、ノード N_3 及び N_4 は出力端子14a、14bに接続されている。出力端子16a、16bは、以下でより詳細に説明する方法で、ここでは抵抗 R_L によって表された負荷に接続されている。スイッチングダイオード24a、24b、24c、及び24dは、図示するように配置されている。図1に示す回路の動作及びさらに詳細な内容は、上記で引用した米国特許第4,092,610号に記載されている。この米国特許の全内容は、参照により本明細書に援用される。

10

20

【0003】

米国特許第4,092,610号に記載されているように、ブリッジ増幅器13は、トランス17をさらに備える。このトランス17は、コンデンサを介して1対の対向したノードに接続された入力巻線を有する。この1対の対向したノードは、ここではブリッジ回路のノード N_2 及び N_4 である。電流センサ19も、入力巻線と直列に接続されて、入力巻線の電流に比例した大きさを有する電圧をライン21上に提供する。電流センサ19は、その入力巻線として単一巻きのワイヤを有し、その出力巻線には複数巻きの巻線を有するトランスを備える。この出力巻線の端子の両端には、ポテンシオメータが接続されている。電流センサ19が入力巻線の回路に与えるインピーダンスは無視することができる。トランス17は巻線を有し、この巻線の信号を、ライン23を介してフィルタ25に接続する。この巻線は、ライン23の間に電圧を提供する。この電圧は、巻線によって生成された電圧に比例する。ライン21及び23の電圧は、フィードバック信号を提供する。これらのフィードバック信号は、上述したように、加算増幅器12において互いに加算されると共に、入力信号とも加算される。

30

【0004】

上述したように、出力端子14a、14bは、トランス17を介してフィルタ25に接続されている。フィルタ25は、例として、共振タンク回路及び容量性分路を備える。この共振タンク回路はインダクタ及びコンデンサを含み、容量性分路は抵抗及びコンデンサを含む。タンクは、発生器15によって生成された搬送波周波数信号の繰り返し周波数で共振する。したがって、タンク回路は、繰り返し周波数の信号の通過を阻止する一方、分路(シャント)は、入力信号の調波を短絡させ、それによって、負荷における搬送波成分及び調波周波数成分の出現を最小にする阻止帯域を提供する。この負荷は、ここではトランスデューサ又はプロジェクトである。タンクと直列のコンデンサは、負荷からの直流電流を阻止する。負荷は、抵抗素子 R_L として示され、フィルタと共同して上記通過帯域を提供する。

40

50

【 0 0 0 5 】

動作時に、増幅ユニット（すなわち、トランジスタ 2 2 a、2 2 d）が同時に電流を流すと、増幅素子（すなわち、トランジスタ 2 2 b、2 2 c）は電流を通さない。逆に、増幅素子（すなわち、トランジスタ 2 2 b、2 2 c）がスイッチング信号によって駆動されて、同時に通電させると、増幅素子（すなわち、トランジスタ 2 2 a、2 2 d）は通電させない。したがって、トランス 1 7 の入力巻線の電流方向は、正の電流パルス及び負の電流パルスの双方を負荷 R_L に提供するように方向が交番する。フィルタ 2 5 によって提供されるフィルタリングと、負荷 R_L 及びブリッジ増幅器 1 0 の素子の双方のあらゆるリアクタンスとを考慮すると、負荷 R_L に現れる信号は、増幅器システム 1 0 に供給された入力信号の瞬時振幅に追従する瞬時振幅を有する。ブリッジ増幅器 1 3 に 4 つのトランジスタを使用することによって、単に 1 つ又は 2 つのトランジスタによって提供できるものよりも多くの量の電力を負荷に印加することが可能になる。さらに、ブリッジの枝路の順次動作によって、4 つのトランジスタのそれぞれ 1 つにおける電力損失の平均値が低くなる。

10

【 0 0 0 6 】

図 1 に示す増幅器システム 1 0 の 1 つの用途はソナーシステムである。このようなシステムを図 2 に示す。ここでは、デジタル波形発生器 3 0 が、音波エネルギーのデジタルサンプルを生成する。これらのデジタルサンプルは、送信ビーム形成ネットワーク 3 2 に供給される。このビーム形成ネットワークは複数の出力ポートを有する。各出力ポートはデジタルサンプルを生成する。これらのデジタルサンプルは、音波エネルギーバーストを表すものであり、このバーストは、そのエネルギーバーストの所望の送信方向に従って所定の時間遅延を有するものである。すなわち、ビーム形成ネットワーク 3 2 は、音響エネルギーのコリメート指向性ビームを提供するのに使用される。出力ポートのそれぞれにおけるデジタルサンプルは、図示するように、デジタル - アナログ (D/A) 変換器 3 4 に供給されて、音響エネルギーのアナログ（すなわち、連続時間）バーストに変換される。これらのエネルギーバーストは、複数の、図 1 に示す増幅器システム 1 0 の対応する 1 つに供給される。増幅された音響エネルギーバーストは、図示するように、アパーチャスイッチングネットワーク (aperture switching network) 3 8 を通じて、選択された組のトランスデューサ、又は、プロジェクタ 3 6 のアレイにおける当該プロジェクタ 3 6 に供給される。

20

30

【 0 0 0 7 】

さまざまな図面における同じ参照符号は同じ要素を示す。

詳細な説明

次に図 3 を参照して、波動エネルギーの平行な指向性ビームを送信するための装置 1 0 0 が示されている。この装置 1 0 0 は、ここでは、例えばソナー（すなわち、音波エネルギー）であるが、レーダ（電磁波エネルギー）等の他の波動エネルギーもコリメートして検出できることが理解されよう。この装置 1 0 0 は、波動エネルギー源 1 0 4 の供給を受けるビーム形成ネットワーク 1 0 2 を含む。このエネルギー源 1 0 4 は、エネルギーの形状がアプオリ（先験的）に判明している場合のように、エネルギーのデジタルサンプルを生成するデジタル波形発生器とすることができる。音声はマイクによってピックアップされ、次いで、アナログ - デジタル変換を介して、連続したデータストリームが提供される場合のように、連続したデータストリーム等の他のエネルギー源を使用することができる。ここで、この実施の形態では、波形発生器 1 0 4 は、音波エネルギーのバースト又はパルスのデジタルサンプルを記憶した複数のデジタル波形発生部 1 0 4 ' を含む。この複数のデジタル波形発生部 1 0 4 ' は、ここではランダムアクセスメモリ (RAM) である。各バーストのデジタルサンプルは、そのパルスの最大帯域幅の 3 倍から 4 倍のレートで生成される。

40

【 0 0 0 8 】

デジタル波形発生部 1 0 4 ' のそれぞれによって生成されたデジタルサンプルは、図示するように、ビーム形成ネットワーク 1 0 2 の複数の有限インパルス応答 (FIR) フィ

50

ルタ102'の対応する1つに供給される。FIRフィルタ102'は、当該FIRフィルタ102'に供給されたデジタルサンプルに補間を行い、それによって、パルスの帯域幅の約10倍に、有効なデジタルサンプリングレートを増加させる。後述するように、この補間係数はプログラム可能である。FIRフィルタの補間された出力は、ビーム形成用の「精細(精密)な」遅延を提供する。粗(粗い)遅延は、RAMからのデータをインデックス(又はオフセット)処理することによって提供される。それは、コリメートビームを発生した振幅シェーディング(amplitude shading)と組合わされた、粗い遅延及び精密な遅延の組み合わせである(すなわち、後述する増幅器システム)。これらの時間遅延は、図示しない従来のビームステアリングコンピュータ(beam steering computer)によりビーム形成ネットワーク104に供給されたデジタル信号に従った方向を有するコリメートエネルギービームを表すデータを、ビーム形成ネットワーク104の出力にわたって提供するように選択される。したがって、ビーム形成ネットワーク104は、波動エネルギーのデジタルサンプルを、ネットワーク104の出力ポートにわたって、時間遅延で分散させて接続する。このような時間遅延の分散は、波動エネルギーの送信ビームの方向に従ったものである。

10

【0009】

ビーム形成ネットワーク104のデジタル出力(すなわち、FIRフィルタ104'の出力)のそれぞれは、複数の増幅器システム10'の対応する1つに供給される。増幅器システム10'のそれぞれは、デジタル搬送波信号発生器112を含む。この搬送波信号発生器112は、搬送波周波数信号のデジタルサンプルを発生する。この搬送波周波数信号は、ここでは、例えば鋸歯状波(ノコギリ波形)である。後述するように、搬送波信号波形発生器112はプログラム可能である。搬送波信号発生器112は、例えば、搬送波信号のサンプルを記憶するためのデジタルメモリ(例えばDRAM)とすることもできるし、搬送波形(例えば、傾斜、傾斜継続時間等)を表すアプリオリに記憶されたデータからこのようなサンプルを発生するためのデジタルプロセッサとすることもできる。

20

【0010】

増幅器システム10'のそれぞれは、デジタル加算器114を含む。デジタル加算器114には、当該デジタル加算器114に接続されたFIRフィルタ102'の1つによって生成されたデジタルサンプルが供給される。また、デジタル加算器114には、ブリッジ増幅器13で生成された電流及び電圧を表すデジタルサンプルも供給される。ブリッジ増幅器13は、図1に示したものであり、増幅器システム10'に含まれる。より詳細には、図示するように、ブリッジ回路13(図1)によって生成された電圧 V_{FB1} 、 V_{FB2} がアナログ-デジタル変換器116a、116bにそれぞれ供給される。変換器116a、116bによって生成されたデジタルサンプルは、図示するように、無限インパルス応答(IIR)フィルタ118a、m、118bにそれぞれ供給される。これらのIIRフィルタはプログラム可能であり、それによって、ブリッジ及び負荷の特性に整合するように、システムを調整することが可能であることに留意すべきである。変換器118a、118bによって生成されてフィルタリングされたデジタルサンプルは、図示するように、デジタル加算器114に供給される。デジタル加算器114は、当該デジタル加算器114に供給されたこれら3つの組のデジタルサンプルをデジタル結合して、合成デジタル信号にする。この合成デジタル信号は、1対のデジタル比較器120a、120bに供給される。比較器120a、120bに供給されたこれらのサンプルは、ここでは、まずインバータ119によって補数される。また、比較器120a、120bには、図示するように、搬送波信号発生器112によって生成された変調信号のデジタルサンプルも供給される。

30

40

【0011】

デジタル比較器120aの出力は、論理信号(Q_A)及びその補数 Q_A' のPWM列である。これらの信号は、図1に関して上述したトランジスタ22a、22bのスイッチング信号をそれぞれ提供する。デジタル比較器120bの出力も、同様に、論理信号(Q_B)及びその補数 Q_B' のPWM列である。これらの信号は、図1に関して上述したトラン

50

ジスタ 2 2 c、2 2 d のスイッチング信号をそれぞれ提供する。

【 0 0 1 2 】

このように、ビーム形成ネットワーク 1 0 2 は、図示するように、複数の、ここでは M 個の増幅部又はチャンネル 1 0 3₁ ~ 1 0 3_M として構成することができる。チャンネル 1 0 3₁ ~ 1 0 3_M のそれぞれは、(a) 波動エネルギーのデジタルサンプル源 1 0 4'、(b) デジタルサンプルの供給を受けて、時間遅延をその複製に提供するためのデジタルフィルタ 1 0 2'、及び (c) 増幅システム 1 0' を含む。増幅システム 1 0' はブリッジ増幅器 1 3 を含む。ブリッジ増幅器 1 3 は、ブリッジ回路のレッグ (辺) に配置された複数の増幅素子を含む。これら複数の増幅素子は、ここではトランジスタ 2 2 a ~ 2 2 d である。ブリッジ回路の第 1 の対のノードは電源の両端に接続され、ブリッジ回路の第 2 の対のノードは負荷に接続されている。増幅素子は、複数のスイッチング信号 Q_A、Q'_A、Q_B、Q'_B の供給を受ける。ブリッジ増幅器 1 3 は、ブリッジ回路を流れる電流、及び、ブリッジによって第 2 の対のノードの両端に生成された電圧を表すフィードバック信号を生成する。アナログ - デジタル変換部 1 1 6 a、1 1 6 b は、このようなフィードバック信号を、対応するデジタルフィードバック信号に変換するためのフィードバック信号の供給を受ける。デジタル加算器 1 1 4 は、増幅システムによって増幅される信号のデジタルサンプルと、合成デジタル信号を生成するためのデジタルフィードバック信号との供給を受ける。変調部 1 2 0 a、1 2 0 b は、合成デジタル信号、及び、搬送波信号源 1 1 2 が生成した信号の供給を受けて、ブリッジ増幅器 1 3 の増幅素子 2 2 a ~ 2 2 d の複数のスイッチング信号を生成する。

10

20

【 0 0 1 3 】

送信素子のアレイ 3 5 が含まれる。送信素子は、ここではプロジェクタ 3 6 である。このプロジェクタ 3 6 のアレイは、アパーチャスイッチング部 3 8 によって複数の増幅部 1 0' に選択的に接続される。

【 0 0 1 4 】

次に図 4 を参照して、図 3 の送信機システム 1 0 0 の機能ブロック図が示されている。ここでは、システム 1 0 0 は、図示しない 1 対の「他のシステム」間のインターフェース 2 0 1 を含むように示されている。このシステムインターフェース 2 0 1 は、チャンネル 1 0 3₁ ~ 1 0 3_M の対応する 1 つで使用される自立 (自蔵) 型モジュールとすることができることに留意されたい。したがって、このような各モジュール又はインターフェース 2 0 1 は、図 3 に示す F I R フィルタ 1 0 2' 及び増幅器システム 1 0' を含む。

30

【 0 0 1 5 】

1 対の「他のシステム」の一方のものは、波形データ、制御メッセージ、並びに I I R フィルタ係数及び F I R フィルタ係数をインターフェース 2 0 1 に提供する。1 対の「他のシステム」のこのような一方のものは、インターフェース及び他方のシステム (ここでは、インターフェース 2 0 1 に接続されたアパーチャスイッチングネットワーク 3 8) からステータス情報並びに性能監視 (P M) 情報及び障害特定 (F L) 情報を受信する。

【 0 0 1 6 】

インターフェース 2 0 1 は、メッセージ符号化器 / 復号器 2 0 3 を含む。メッセージ符号化器 / 復号器 2 0 3 は、データバッファ部 2 0 0 及びビーム形成ネットワーク 2 0 4 (図 3)、デジタル加算器 1 1 4、変調器 (すなわち、比較器 1 2 0 a、1 2 0 b)、並びにブリッジ増幅器 1 3 にバス 1 0 5 を介して接続されている。データ / 制御バス 2 0 5 は、図示するように、ブリッジ増幅器 1 3 の出力と共に、アパーチャスイッチングネットワーク 3 8 及びプロジェクタ 3 6 に接続されている。

40

【 0 0 1 7 】

データバッファ部 2 0 0 は、複数のデジタルメモリ 2 0 2、2 0 4、2 0 6、2 0 8、及び 2 1 0 を含む。メモリ 2 0 2 は、送信される波形のデジタルサンプルを記憶する。ここで、このような波形はアプリオリに判明しており、このようなサンプルは、図 3 の波形発生部 1 0 4' に記憶され、ビーム形成ネットワーク 1 0 4 に供給される。メモリ 2 0 4 は、ビーム形成ネットワーク 1 0 4 で使用される、図 3 の F I R フィルタ 1 0 2' の粗い

50

時間遅延係数を記憶する。メモリ206は、ビーム形成ネットワーク102のFIRフィルタ102'によって使用される補間データ及び精密な時間遅延データを記憶する。メモリ208は、発生器112(図3)によって生成された変調波形の変調パラメータ(例えば、傾斜等)を含む。IIRフィルタ118a、118b(図3)のフィードバック係数はメモリ210に記憶される。

【0018】

このように、図3及び図4の双方を参照して、ビーム形成ネットワーク104の出力は、加算器114において、フィードバック処理(すなわち、IIR118a、118b)の出力と結合されて、合成信号が生成される。この合成デジタル信号は、搬送波信号発生器112によって生成された搬送波信号で変調されて、ブリッジ増幅器13(図1)のスイッチング信号 Q_A 、 Q_B 及びそれらの補信号 Q_A' 、 Q_B' がそれぞれ生成される。

10

【0019】

このように、インターフェース201は、ステータス情報及び性能監視/障害特定情報をシステム制御素子(すなわち、図示しない他のシステム)へバス205を介して送信する。メッセージ復号器/符号化器は、ホスト/波形発生器(すなわち、上記第1の対の「他のシステム」と、送信サブシステム(すなわち、「他のシステム」の上記第2のものであるアパーチャスイッチングネットワーク38)との間のインターフェースを提供する。メッセージ復号器/符号化器は、受信メッセージを復号し、さまざまなデータ及び処理パラメータをデータバッファ部200に記憶する。次いで、メッセージ復号器/符号化器は、必要なデータ及び制御情報を送信サブシステムの他の素子へ中継する。メッセージ復号器/符号化器は、これらの素子からステータスデータ及び性能監視データを読み出して、それらのデータを符号化し、外部制御システム機能へ送信する。この機能は、システムのタイミング及び同期を提供する。

20

【0020】

上述したように、増幅されて送信される信号は、デジタルデータストリームとして受信される。このデジタルデータストリームは、メッセージ符号化器/復号器202によって受信される。上述したように、信号は、連続信号とすることもできるし、パルスとすることもできる。パルスは、ソナーパルス列のように繰り返し使用することができる/使用されることになる。代替的に、限られた組のパルス信号を使用することが望ましい場合には、それらの信号は、製造プロセスの一部として読み出し専用メモリ(ROM)に事前に記憶しておくこともできる。

30

【0021】

送信ビーム形成機能は、上述したように、粗い機能、並びに、補間及び有限遅延機能で構成される。粗い遅延機能は、各送信チャンネル $103_1 \sim 103_M$ (図3)に、供給された波形サンプリングレートずつ時間が増加する別々の遅延を適用する。これらの遅延は、図示しないビームステアリングコンピュータによって、各チャンネル $103_1 \sim 103_M$ (図3)が生成されるごとに定義される。補間及び精密遅延機能は、各チャンネル $103_1 \sim 103_M$ (図3)のより精密な送信時間遅延を得るために、且つ、変調プロセスに適合したサンプリングレートを増大させる。補間及び精密遅延機能は、各送信チャンネル $103_1 \sim 103_M$ (図3)のデジタルフィルタを計算することによってこれを行う。このデジタルフィルタは、ここではFIR102である。FIRフィルタ102は、各パス及び各チャンネルの1組のFIRフィルタ係数を利用して、入力サンプリングレートのN倍に等しいレートで計算される。ここで、Nは約10程度の整数である。この補間率、例えば、整数10は、プログラム可能である。FIRフィルタ103のサイズ、すなわち、FIRフィルタ103に使用される係数の個数、及び、補間率Nは、異なるシステム要件に対して調整することができる。

40

【0022】

各チャンネル $103_1 \sim 103_M$ (図3)について、出力アナログ電流及び出力アナログ電圧がサンプリングされ、A/D116a、116bを使用してそれぞれアナログからデジタル的に変換され、そして、IIRフィルタ118a、118bを使用してそれぞれデ

50

デジタル的にフィルタリングされる。このデジタル的にフィルタリングされたフィードバックデータは、デジタル加算器 114 において、補間された波形サンプリングレートに等しいレートで、デジタルに FIR フィルタリングされた送信波形サンプルと結合される。その結果は、上述したように、比較器 120 a、120 b に供給されて、変調機能が実行され、それによって、増幅器ブリッジ 10 のスイッチング信号 Q_A 、 Q_A' 、 Q_B 、 Q_B' が生成される。別々の IIR フィルタ係数は、IIR フィルタ 118 a、118 b のそれぞれで使用される。フィードバックチャンネルの個数は、3 状態変調、5 状態変調、7 状態変調、9 状態変調、又は n 状態変調に適合するように増加させることもできるし、減少させることもできる。ここで、 n は整数である。IIR フィルタのサイズは、異なるシステム要件に適合するように調整することができる。

10

【0023】

搬送波信号発生器 112 は、いくつかの変調波形（例えば、ノコギリ、三角等）をデジタル的に計算する。これらの波形は、初期位相及び周波数がプログラム可能であり、それによって、別々の送信チャンネル $103_1 \sim 103_M$ （図 3）は、非同期搬送波信号を使用することが可能になる。代替的な変調方式は、搬送波信号発生器 112 のプログラム可能な性質によってサポートされる。変調信号発生器（すなわち、比較器 120 a、120 b）は、補間された波形を、搬送波信号発生器 112 によって生成された搬送波信号と比較することによって、1 組のパルス幅変調信号 Q_A 、 Q_B 及びそれらの補数 Q_A' 、 Q_B' をそれぞれ発生する（すなわち、デジタル的に計算する）。その結果生成された 2 値信号 Q_A 、 Q_A' 、 Q_B 、 Q_B' は、ブリッジ増幅器 10 に対する出力回路トポロジー及びコンポーネント特性に従ってさらに処理され、上記で参照した米国特許第 4,092,610 号に記載されているように、高電圧スイッチング素子（すなわち、ダイオード 24 a、24 b、24 c、24 d と共にトランジスタ 22 a、22 b、22 c、及び 22 d）の動作を制御する。このさらなる処理は、ブリッジが所望でない状態（例えば、高電圧の電力を接地に直接接続するように 2 つのトランジスタをオンにする）に決してならないように、主として実際のトランジスタのオン - オフ特性を保証するのに使用される 1 組の論理機能を使用する。

20

【0024】

本発明の多数の実施の形態を説明したが、本発明の精神及びその範囲から逸脱することなくさまざまな変更が可能であることが理解されよう。したがって、他の実施の形態も特許請求の範囲の範囲に含まれるものである。

30

【図面の簡単な説明】

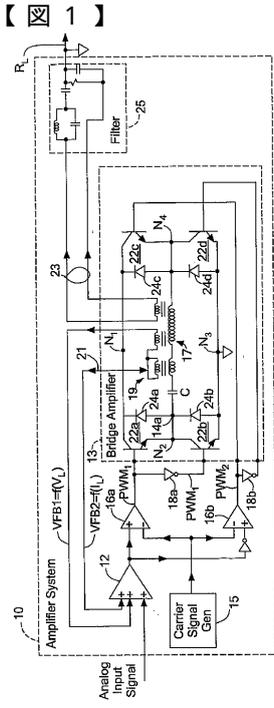
【0025】

【図 1】従来技術によるスイッチング増幅器の概略図である。

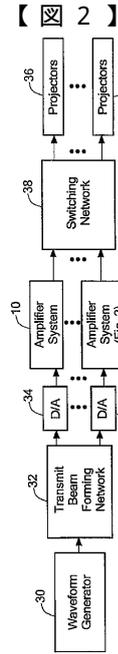
【図 2】従来技術による図 1 のスイッチング増幅器を使用する波動エネルギー送信システムのブロック図である。

【図 3】本発明による波動エネルギー送信システムのブロック図である。

【図 4】図 3 のシステムの機能ブロック図である。



PRIOR ART
FIG. 1



PRIOR ART
FIG. 2

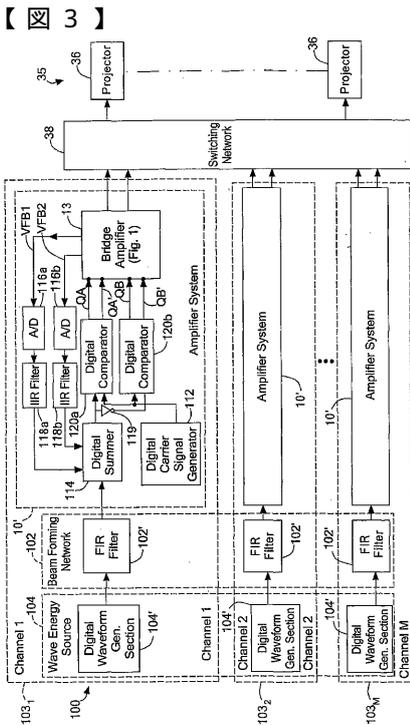


FIG. 3

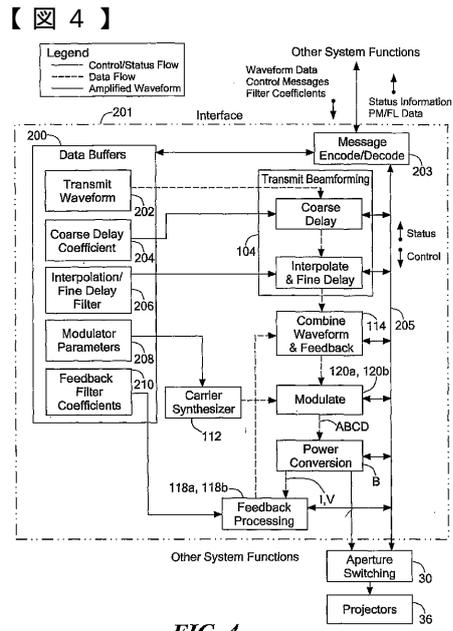


FIG. 4

【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International Application No. PCT/US2004/015072
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER IPC 7 H03F3/217		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) IPC 7 H03F		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used) EPO-Internal		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	TAKANO H ET AL: "Multiple-bridge PWM current-regulated power amplifier for magnetic resonance imaging system and its feasible digital control implementation" INDUSTRIAL ELECTRONICS SOCIETY, 1999. IECON '99 PROCEEDINGS, THE 25TH ANNUAL CONFERENCE OF THE IEEE SAN JOSE, CA, USA 29 NOV.-3 DEC. 1999, PISCATAWAY, NJ, USA, IEEE, US, 29 November 1999 (1999-11-29), pages 785-790, XP010366646 ISBN: 0-7803-5735-3 figures 2,5	1-3
X	US 6 107 876 A (O'BRIEN THOMAS JOSEPH) 22 August 2000 (2000-08-22) figures 1,2	1-3

-/--		
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of box C. <input checked="" type="checkbox"/> Patent family members are listed in annex.		
* Special categories of cited documents:		
A document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance *E* earlier document but published on or after the international filing date *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art. *&* document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 1 October 2004		Date of mailing of the international search report 14/10/2004
Name and mailing address of the ISA European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax (+31-70) 340-3018		Authorized officer Agerbaek, T

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

 International Application No
 PCT/US2004/015072

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	SMITH K M ET AL: "Realization of a digital PWM power amplifier using noise and ripple shaping" POWER ELECTRONICS SPECIALISTS CONFERENCE, 1995. PESC '95 RECORD., 26TH ANNUAL IEEE ATLANTA, GA, USA 18-22 JUNE 1995, NEW YORK, NY, USA,IEEE, US, 18 June 1995 (1995-06-18), pages 96-102, XP010150544 ISBN: 0-7803-2730-6 figures 1,4	1-3
X	WATANABE S ET AL: "Digitally-controlled optimum current tracking scheme of two-paralleled high-power PWM amplifier for magnetic resonance imaging" POWER ELECTRONICS SPECIALISTS CONFERENCE, 1997. PESC '97 RECORD., 28TH ANNUAL IEEE ST. LOUIS, MO, USA 22-27 JUNE 1997, NEW YORK, NY, USA,IEEE, US, 22 June 1997 (1997-06-22), pages 686-691, XP010241617 ISBN: 0-7803-3840-5 figure 6	1-3
X	US 6 466 087 B2 (RUHA ANTTI) 15 October 2002 (2002-10-15) figure 4	1-3
A	US 4 773 096 A (KIRN LARRY J) 20 September 1988 (1988-09-20) abstract	2,3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No
PCT/US2004/015072

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 6107876	A	22-08-2000	NONE	
US 6466087	B2	04-07-2002	US 2002084843 A1 EP 1227579 A2 JP 2002252527 A	04-07-2002 31-07-2002 06-09-2002
US 4773096	A	20-09-1988	NONE	

フロントページの続き

(81) 指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), EP(AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW

(74) 代理人 100096013

弁理士 富田 博行

(74) 代理人 100087424

弁理士 大塚 就彦

(72) 発明者 ハブブーシュ, ナミアール・ダブリュー

アメリカ合衆国マサチューセッツ州02748, ダートマウス, ワッズワース・レイン 16

(72) 発明者 コーエン, マーティン・エル

アメリカ合衆国ロードアイランド州02840, ニューポート, ケイ・ストリート 49

Fターム(参考) 5J500 AA01 AA21 AA27 AA41 AA66 AC00 AF15 AK15 AK17 AK34

AK41 AS14 AT01