(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2014 年 1 月 3 日(03.01.2014)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2014/002190 A1

(51) 国際特許分類:
H02J 17/00 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2012/066266

(22) 国際出願日: 2012 年 6 月 26 日(26.06.2012)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 株式会社日立製作所 **(HITACHI, LTD.)** [JP/JP]; 〒1008280 東京都千代田区丸の内一丁目６番６号 Tokyo (JP).

(72) 発明者; および
(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 武井　健 **(TAKEI Ken)** [JP/JP]; 〒3191292 茨城県日立市大みか町七丁目１番１号　株式会社日立製作所　日立研究所内 Ibaraki (JP).

(74) 代理人: 磯野　道造**(ISONO Michizo)**; 〒1020093 東京都千代田区平河町２丁目７番４号　砂防会館別館内　磯野国際特許商標事務所気付 Tokyo (JP).

(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

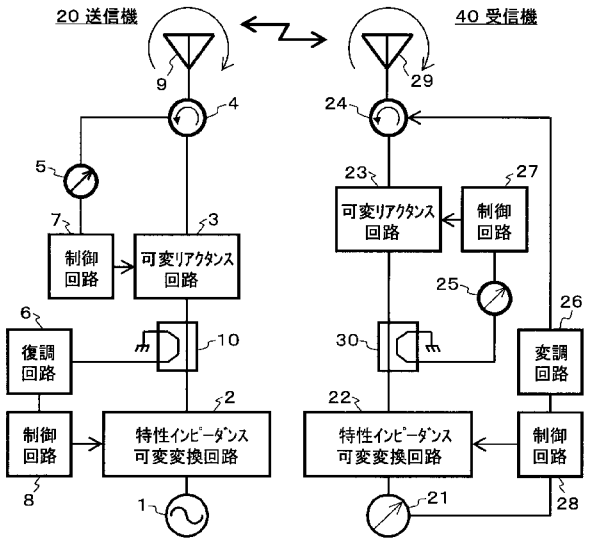
(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[続葉有]

(54) **Title**: WIRELESS POWER TRANSMISSION APPARATUS AND WIRELESS POWER TRANSMISSION SYSTEM

(54) 発明の名称 : 無線電力伝送装置、無線電力伝送システム

[図1]



2, 22 Characteristic impedance variable conversion circuit
3, 23 Variable reactance circuit
6 Demodulation circuit
7, 8, 27, 28 Control circuit
20 Transmitter
26 Modulation circuit
40 Receiver

(57) **Abstract**: The present invention is provided with a transmitter (20) and a receiver (40). The transmitter (20) has a transmission antenna (9) for transmitting electromagnetic waves and a power-transmission circuit. The receiver (40) has a reception antenna (29) for receiving electromagnetic waves and a power-reception circuit. The power-transmission circuit controls the imaginary part of the power of the electromagnetic wave to be transmitted by variably controlling circuit reactance of the power-transmission circuit on the basis of the reflected electrical power for the transmission antenna (9). The power-transmission circuit controls the real part of the electrical power of the electromagnetic wave to be transmitted by variably controlling the circuit resistance or the characteristic impedance of the power-transmission circuit on the basis of the electric power transmitted to the transmitter (20) by the receiver (40) using electromagnetic waves.

(57) 要約: 電磁波を送信する送信アンテナ９と電力送信回路とを有する送信機２０と、電磁波を受信する受信アンテナ２９と電力受信回路とを有する受信機４０と、を備え、前記電力送信回路は、前記送信アンテナ９に対する反射電力に基づいて前記電力送信回路の回路リアクタンスを可変制御することで前記送信する電磁波の電力の虚部を制御し、前記電力送信回路は、前記受信アンテナ２９から前記受信機４０が受信した電力を前記受信機４０が電力伝送の電磁波を用いて前記送信機２０に伝送した電力に基づいて前記電力送信回路の回路レジスタンスまたは特性インピーダンスを可変制御することで前記送信する電磁波の電力の実部を制御する。

WO 2014/002190 A1

添付公開書類:

— 国際調査報告（条約第 21 条(3)）

明　細　書

発明の名称 ：

無線電力伝送装置、無線電力伝送システム

技術分野

[0001] 本発明は、電磁波を用いて非接触で遠隔に電力を伝送する無線電力伝送装置、およびそれを用いた無線電力伝送システム、画像表示システム、移動体給電システム、無線バックアップ電力・情報伝送ネットワーク、無線バックアップ電力給電ネットワークに関する。

背景技術

[0002] 非接触の電力伝送は、電磁波に関連する電磁現象を用いて行うことが可能であり、電力の送信側と受信側の相対位置によって、多様な方式が実用に供されている。

[0003] 送信側と受信側の相対距離が極めて近い場合は、主に磁界を用いる電磁誘導によって高効率の電力伝送が可能である。

例えば、商用化されているクッキングヒーターは、受信側で電力を直ちに熱エネルギーに変換してしまうもので、電力伝送効率は９０％を超えている。

また、交通機関のパスカードに対する電力伝送は電磁誘導によって実現されており、パスカードと読み取り機の相対位置が極めて近い場合に高効率の電力伝送が可能となる。

[0004] これとは対照的に、送信側と受信側の相対位置が固定されていない状況において遠隔に電力を伝送する技術も各産業分野で確立している。

例えば、ＲＦＩＤ（Radio Frequency IDentification）は、その一例であり、数センチメートルから数メートルの距離において、受信側と送信側の距離を使用電磁波の波長で規格化した値の二乗で減衰すると仮定した極めて低

い電力伝送効率で電力の伝送が可能である。

[0005] また、これらの高効率かつ近傍および低効率かつ遠方の電力伝送仕様とは異なる、中距離かつ中効率といった状況での電力伝送の要求が近年高まっている。

このような要請に対する一つの期待される技術は、磁気共鳴と呼ばれる電磁界の伝送方式で、送信側と受信側の回路間で電場・磁場を共鳴させることで、ワイヤレスで電力を伝送する。この方式では、おおよそ波長の数倍程度の距離まで中効率でエネルギーを伝送できる。

特許文献１および２には、磁気共鳴と呼ばれる技術で、電力伝送に電磁界の磁界のみを使用し、送信側と受信側の電力伝送に寄与する電磁界の形態は誘導界であり、電磁エネルギーの虚成分が主体となる非放射型の電力伝送形態を用いて、波長の数倍程度の距離に相当する数メートルの送信側と受信側の距離において、４０％から８０％の電力伝送効率を実現可能とされる技術が開示されている。

また、特許文献３には、磁気共鳴の電力伝送における距離の変化に伴い電力伝送効率が大きく変化する状況で、電力発生回路と負荷回路に最大効率で電力を伝達するために、送信回路と送信アンテナ間、受信回路と受信アンテナ間のインピーダンス整合状態を改善すべく、送信回路と送信アンテナ間、受信回路と受信アンテナ間にリアクタンスを夫々挿入して該リアクタンスの値を調整する技術が開示されている。

また、特許文献４には、負荷回路の抵抗値を変えて、受信回路が取り出しうる最大電力を得る技術が開示されている。

[0006] なお、磁気共鳴の電力伝送については、補足説明を後記する。

先行技術文献

特許文献

[0007] 特許文献1：特開２０１１－２５９５８５号公報

特許文献2：特開２０１１－２１１８９５号公報

特許文献3：特開２０１２－０１０５４６号公報

特許文献4：特開２００７－１９９８７１号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0008] しかしながら、前記したクッキングヒーターやパスカードなどの電磁誘導の方式は、電力の送信デバイスと受信デバイスの距離が波長に比べて無視できるほど近く(たとえば１０の６乗分の１)でなければ、使用できないという問題がある。

[0009] また、電磁波を電力伝送に使用する方式は、電磁波は遠方界で遠方まで電力伝送が可能であるがその伝送効率は電磁波の他の要素である静電界と誘導磁界に比べて電力伝送能力が低く、その電力伝送効率は数％程度に留まるという問題がある。

[0010] また、磁気共鳴の方式を用いた特許文献１～特許文献４に開示された技術は、それぞれ受信機および送信機内に閉じており、送信機から受信機への電力伝送効率を数十パーセントという高効率に達成することはできないという問題がある。

[0011] そこで、本発明はこのような問題点を解決するものであって、その目的は、電界と磁界が共に効果を示す送信機と受信機の距離が波長に比べて無視できないオーダーにおいて、高効率電力伝送を可能とする無線電力伝送装置、無線電力伝送システム、画像表示システム、移動体給電システム、無線バックアップ電力・情報伝送ネットワーク、無線バックアップ電力給電ネットワークを提供することである。

課題を解決するための手段

[0012] 前記の目的を達成するために、各発明を以下のような構成にした。

すなわち、本発明の無線電力伝送装置は、電磁波を送信する送信アンテナと電力送信回路とを有する送信機と、電磁波を受信する受信アンテナと電力受信回路とを有する受信機と、を備え、前記電力送信回路は、前記送信アンテナに対する反射電力に基づいて前記電力送信回路の回路リアクタンスを可変制御することで前記送信する電磁波の電力の虚部を制御し、前記電力送信

回路は、前記受信アンテナから前記受信機が受信した電力を前記受信機が電力伝送の電磁波を用いて前記送信機に伝送した電力に基づいて前記電力送信回路の回路レジスタンスまたは特性インピーダンスを可変制御することで前記送信する電磁波の電力の実部を制御することを特徴とする。

また、その他の手段は、発明を実施するための形態のなかで説明する。

発明の効果

[0013] 本発明によれば、電界と磁界が共に効果を示す送信機と受信機の距離が波長に比べて無視できないオーダーにおいて、高効率電力伝送を可能とする無線電力伝送装置、無線電力伝送システム、画像表示システム、移動体給電システム、無線バックアップ電力・情報伝送ネットワーク、無線バックアップ電力給電ネットワークを提供できる。

図面の簡単な説明

[0014] [図1]本発明の第１実施形態に係る無線電力伝送装置の構成例を示す図である。

[図2]本発明の第２実施形態に係る無線電力伝送装置の構成例を示す図である。

[図3]本発明の第３実施形態に係る無線電力伝送装置の構成例を示す図である。

[図4]本発明の第４実施形態に係る無線電力伝送装置の構成例を示す図である。

[図5]本発明の第５実施形態に係る無線電力伝送装置の構成例を示す図である。

[図6]本発明の第６実施形態に係る無線電力伝送装置の構成例を示す図である。

[図7]本発明の第７実施形態に係る送信円偏波アンテナおよび受信円偏波アンテナの構造の一例を示す図である。

[図8]本発明の第８実施形態に係る無線電力伝送装置に用いられる高効率電力伝送を行う際の送信機と受信機の制御アルゴリズムを示すための各構成要素

の動作の一例を示すタイムチャートである。

[図9]本発明の第９実施形態に係る無線電力伝送装置に用いられる送信機の制御アルゴリズム一例を示すフローチャートである。

[図10]本発明の第１０実施形態に係る無線電力伝送装置に用いられる受信機の制御アルゴリズムの一例を示すフローチャートである。

[図11]本発明の第１１実施形態に係る無線電力伝送装置を用いた画像表示システムの構成の一例を示す図であり、（ａ）は画像表示システムを示し、（ｂ）は画像表示装置を示し、（ｃ）は送信円偏波アンテナと送信機可変リアクタンス回路と送信機特性インピーダンス可変変換回路とを示している。

[図12]本発明の第１２実施形態に係る無線電力伝送装置を用いた移動体給電システムの構成の一例を示す図である。

[図13]本発明の第１３実施形態の無線電力伝送装置としての送信機と受信機、および送信アンテナと受信アンテナの他の構成例１を示す図であり、（ａ）は送信アンテナと受信アンテナの構成を示し、（ｂ）は送信機の構成を示し、（ｃ）は受信機の構成を示している。

[図14]本発明の第１４実施形態の無線電力伝送装置としての送信機と送受信機の他の構成例２を示す図であり、（ａ）は送信機、（ｂ）は送受信機の構成を示している。

[図15]本発明の第１５実施形態の無線電力伝送装置としての送信機と送受信機の他の構成例３を示す図であり、（ａ）は送信機、（ｂ）は送受信機、（ｃ）は二つめの送受信機の構成を示している。

[図16]本発明の第１６実施形態の無線電力伝送装置としての送信機と送受信機の他の構成例４を示す図であり、（ａ）は送信機、（ｂ）は送受信機、（ｃ）は二つめの送受信機の構成を示している。

[図17]本発明の第１７実施形態に係る無線電力伝送を行う装置を用いたリレー式電力遠隔伝送システムの構成と、電力が順に伝送される様子を示す図であり、（ａ）は第一の送受信機の蓄電池がフル充電、（ｂ）は第一の送受信機が蓄電池内部に蓄えられている電力の半分を第二の送受信機に転送、（ｃ

）は再び第一の送受信機の蓄電池内部に電力が蓄積、（ｄ）は第二の送受信機の蓄電池がフル充電、（ｅ）は第二の送受信機が蓄電池内部に蓄えられている電力の半分を第三の送受信機に転送、（ｆ）は再び第二の送受信機の蓄電池内部に電力が蓄積される状態を示している。

[図18]本発明の第１８実施形態に係る無線電力伝送装置を用いた無線バックアップ電力・情報伝送ネットワークとそのシステムの構成の一例を示す図である。

[図19]本発明の第１９実施形態に係る無線電力伝送を用いた無線バックアップ電力給電ネットワークとそのシステムの構成の一例を示す図である。

発明を実施するための形態

[0015] 以下、本発明を実施するための形態を、図面を参照して説明する。

[0016]（第１実施形態：無線電力伝送装置の構成）

本発明の第１実施形態として、無線電力伝送装置の構成の一例を説明する。

図１は、本発明の第１実施形態に係る無線電力伝送装置の構成例を示す図である。

図１において、送信機２０から受信機４０へ電磁波による磁気共鳴の状態で電力が伝送される。なお、送信機２０と受信機４０とを併せた構成が第１実施形態の無線電力伝送装置である。

[0017]＜送信機２０＞

送信機２０では電力発生回路１により発生する高周波電力を、送信機特性インピーダンス可変変換回路（特性インピーダンス可変変換回路）２および送信機可変リアクタンス回路（可変リアクタンス回路）３を介して送信円偏波アンテナ９より空中に放射する。

ただし、送信機特性インピーダンス可変変換回路２と送信機可変リアクタンス回路３との間には送信方向性結合器１０が備えられている。

この送信方向性結合器１０は、送信機可変リアクタンス回路３から送信機特性インピーダンス可変変換回路２へと流れる電力の一部を送信復調回路（

復調回路）６に入力する。

この送信復調回路６は、前記の電力の一部から復調した復調出力を第二の送信制御回路（制御回路）８へ供給する。

この第二の送信制御回路８は、送信機特性インピーダンス可変変換回路２を制御して、送信機２０としての特性インピーダンス値を可変する。

[0018] また、送信円偏波アンテナ９と送信機可変リアクタンス回路３との間には、送信サーキュレータ４が備えられている。

また、この送信サーキュレータ４は、送信機可変リアクタンス回路３から送信円偏波アンテナ９へと電力発生回路１で生成した電力を伝達する。

また、この送信サーキュレータ４は、送信円偏波アンテナ９から送信サーキュレータ４へと流れる電力の一部を送信電力計測回路５に入力する。

この送信電力計測回路５は、前記の電力の一部から計測した計測出力を第一の送信制御回路（制御回路）７へ供給する。

この第一の送信制御回路７は、送信機可変リアクタンス回路３を制御して、送信機２０としてのリアクタンス値を可変する。

[0019] 以上のように、送信機２０は、送信円偏波アンテナ９から電力としての電磁波を空中に放射するとともに、送信機２０としての特性インピーダンス値とリアクタンス値とを制御する。なお、この制御の詳細については後記（図９のフローチャート）する。

また、図１において、送信機特性インピーダンス可変変換回路２は、「特性インピーダンス可変変換回路」と簡易的に表記している。また、同様に、送信機可変リアクタンス回路３は「可変リアクタンス回路」、第一の送信制御回路７は「制御回路」、第二の送信制御回路８は「制御回路」、送信復調回路６は「復調回路」とそれぞれ表記している。

また、第１実施形態においては、電力発生回路１、送信機特性インピーダンス可変変換回路２、送信機可変リアクタンス回路３、送信サーキュレータ４、送信電力計測回路５、送信復調回路６、第一の送信制御回路７、第二の送信制御回路８、送信方向性結合器１０を備えた回路構成が電力送信回路に

相当する。

[0020] ＜受信機４０＞

図１において、受信機４０では、受信円偏波アンテナ２９が捕獲（受信）した電力を、受信機可変リアクタンス回路（可変リアクタンス回路）２３および受信機特性インピーダンス可変変換回路（特性インピーダンス可変変換回路）２２を介して負荷回路２１へと伝送する。

ただし、受信機特性インピーダンス可変変換回路２２と受信機可変リアクタンス回路２３との間には、受信方向性結合器３０が備えられている。

この受信方向性結合器３０は、受信機可変リアクタンス回路２３から受信機特性インピーダンス可変変換回路２２へと流れる電力を受信電力計測回路２５に入力する。

この受信電力計測回路２５は、電力を計測して、その計測出力を第一の受信制御回路（制御回路）２７へ供給する。

[0021] この第一の受信制御回路２７は、受信電力計測回路２５の計測出力を参照して、受信機可変リアクタンス回路（可変リアクタンス回路）２３を制御して、受信機４０としてのリアクタンス値を可変する。

また、第二の受信制御回路（制御回路）２８は、負荷回路２１の消費電力を制御信号として、受信機特性インピーダンス可変変換回路２２を直接、制御して、受信機４０としての特性インピーダンスを可変する。

また、受信変調回路（変調回路）２６は、第二の受信制御回路２８を介して負荷回路２１の消費電力値の変調信号を出力する。

[0022] また、受信円偏波アンテナ２９と受信機可変リアクタンス回路２３との間には、受信サーキュレータ２４が備えられている。

また、この受信サーキュレータ２４は、受信円偏波アンテナ２９で捕獲している電磁波に対して、受信変調回路２６の変調信号に基づき変調を施す。

[0023] 以上のように、受信機４０は、受信円偏波アンテナ２９より電力としての電磁波を空中から捕獲するとともに、受信機４０としての特性インピーダンス値とリアクタンス値を制御する。なお、この制御の詳細については後記（

図１０のフローチャート）する。

また、図１において、受信機特性インピーダンス可変変換回路２２は、「特性インピーダンス可変変換回路」と簡易的に表記している。また、同様に、受信機可変リアクタンス回路２３は「可変リアクタンス回路」、第一の受信制御回路２７は「制御回路」、第二の受信制御回路２８は「制御回路」、受信変調回路２６は「変調回路」とそれぞれ表記している。

また、第１実施形態においては、負荷回路２１、受信機特性インピーダンス可変変換回路２２、受信機可変リアクタンス回路２３、受信サーキュレータ２４、受信電力計測回路２５、受信変調回路２６、第一の受信制御回路２７、第二の受信制御回路２８、受信方向性結合器３０を備えた回路構成が電力受信回路に相当する。

[0024] ＜送信機２０と受信機４０の他の構成と動作＞

送信機２０と受信機４０とにおける他の構成や動作について、次に述べる。

第１実施形態で用いられる送信方向性結合器１０、および受信方向性結合器３０の結合度は、送信機２０から受信機４０への電力伝送効率に与える影響を少なくする程度に低くする必要があり、たとえばー１０ｄＢからー２０ｄＢの値を用いる。

また、送信機２０内部の各回路要素への電源は、電力発生回路１から供給され、受信機４０内部の各回路要素への電源供給は、負荷回路２１から供給される。

なお、図の煩雑さを防ぐ目的で、これらの電源供給のための結線については、図示を省略している。

[0025] 第１実施形態によれば、送信機２０の内部インピーダンスの虚部は、送信機可変リアクタンス回路３に対応し、送信円偏波アンテナ９からの反射電力により制御される。

また、受信機４０の内部インピーダンスの虚部は、受信機可変リアクタンス回路２３に対応し、受信円偏波アンテナ２９からの出力電力により制御さ

れる。

これらの制御により、受信機４０には送信機２０からエネルギーが供給され、この供給されたエネルギーを参照して、受信機４０の内部インピーダンスの実部に対応する受信機特性インピーダンス可変変換回路２２は、負荷回路２１の受信電力値により直接、制御される。

また、送信機２０の内部インピーダンスの実部は、送信機特性インピーダンス可変変換回路２に対応して、負荷回路２１の受信電力値が受信変調回路２６により送信機２０と受信機４０が共有する電磁波に直接変調が施され結果として、送信機２０側に出現する変調成分を送信復調回路６で再現した後、この変調成分の電力を参照して制御される。

[0026] したがって、電力発生回路１と送信アンテナ９を含む送信機２０と、負荷回路２１と受信アンテナ２９を含む受信機の、それぞれの内部インピーダンスの実部および虚部を並行して制御可能となり、送信機２０から受信機４０への電磁波を用いた高効率の無線電力伝送が可能となる。

[0027] （第２実施形態：無線電力伝送装置の構成）

次に、本発明の第２実施形態について説明する。

図２は、本発明の第２実施形態に係る無線電力伝送装置の構成例を示す図である。

図２において、図１と異なるのは、送信サーキュレータ４（図１）および受信サーキュレータ２４（図１）の代わりに、第二の送信方向性結合器１４および第二の受信方向性結合器３４が用いられることである。

これらの第二の送信方向性結合器１４および第二の受信方向性結合器３４の結合度は、送信機から受信機への電力伝送効率に与える影響を少なくする程度に低くする必要があり、たとえば－１０ｄＢ～－２０ｄＢの値を用いる。

[0028] 第２実施形態によれば、第二の送信方向性結合器１４および第二の受信方向性結合器３４の方向性結合器は、進行波と反射波を選択的に検出する電気回路で構成されるので、平面回路で実現可能である。

一方、第１実施形態で用いた図１の送信サーキュレータ４、受信サーキュレータ２４のサーキュレータは、信号切換えのポートを選択する立体構造を備えている。

したがって、方向性結合器を用いた第２実施形態は、サーキュレータを用いた第１実施形態に比較して、無線電力伝送装置の小型化に寄与する。

なお、第２実施形態においては、負荷回路２１、受信機特性インピーダンス可変変換回路２２、受信機可変リアクタンス回路２３、第二の受信方向性結合器３４、受信電力計測回路２５、受信変調回路２６、第一の受信制御回路２７、第二の受信制御回路２８、受信方向性結合器３０を備えた回路構成が電力受信回路に相当する。

また、他の要素は図１と図２で同一の符号で表記され、構成も基本的には同一であるので、重複する説明は省略する。

[0029] （第３実施形態：無線電力伝送装置の構成）

次に、本発明の第３実施形態について説明する。

図３は、本発明の第３実施形態に係る無線電力伝送装置の構成例を示す図である。

図３において、図１と異なるのは、削除された要素については、送信サーキュレータ４および受信サーキュレータ２４、さらに送信電力計測回路５および受信電力計測回路２５が省かれたことである。

また、追加された要素については、受信復調回路３１（第２の復調回路）である。

また、変更された要素については、送信機可変リアクタンス回路３を制御する第一の送信制御回路７が送信復調回路６（第１の復調回路）の出力信号を用いて制御を行い、また、受信機可変リアクタンス回路２３を制御する第一の受信制御回路２７が、受信復調回路３１を介して受信変調回路２６の出力信号を用いて制御を行うことである。

[0030] 以上の構成においては、送信機２０の内部インピーダンスの虚部に関わる送信機可変リアクタンス回路３と、内部インピーダンスの実部に関わる特性

インピーダンス可変変換回路２が共に送信復調回路６の信号を基に制御される。

また、受信機４０の内部インピーダンスの虚部に関わる受信機可変リアクタンス回路２３と内部インピーダンスの実部に関わる特性インピーダンス可変変換回路２２が受信変調回路２６の信号を基に制御される。

なお、他の要素は、図１と図３で同一の符号で表記され、構成も基本的には同一であるので、重複する説明は省略する。

[0031] 第３実施形態においては、送信機２０および受信機４０は、内部インピーダンスの虚部の制御を個別に行うことができないため、あらかじめ、送信機２０および受信機４０の送信機可変リアクタンス回路３と受信機可変リアクタンス回路２３の初期値を送信機２０から受信機４０にある程度の電力伝達が出来るよう設定する必要がある。

しかしながら、送信機２０と受信機４０の位置が固定され、これらが置かれる周囲環境の大幅な変化がない場合、そのような初期値の設定は現実的に可能である。

図３に示した第３実施形態の構成によれば、送信機２０と受信機４０内部のサーキュレータ（４、２４、図１）および電力計測回路（５、２５、図１）が省けるので、装置の簡略化、小型化に大きな効果がある。かつ、送信機２０および受信機４０の内部インピーダンスの虚部と実部の制御が同一の信号で可能となるので、制御アルゴリズムの簡略化に効果がある。

[0032] （第４実施形態：無線電力伝送装置の構成）

次に、本発明の第４実施形態について説明する。

図４は、本発明の第４実施形態に係る無線電力伝送装置の構成例を示す図である。

図４において、図１と異なるのは、送信円偏波アンテナ９（図１）および受信円偏波アンテナ２９（図１）の代わりに、第４実施形態では、送信直線偏波アンテナ１９および受信直線偏波アンテナ３９が用いられることである。

第４実施形態によれば、本質的に２次元構造である円偏波アンテナ（９、２９、図１）に比べて、直線偏波アンテナ（１９、３９、図４）は、１次元構造なので、送信アンテナと受信アンテナが見通しで対向設置が可能な環境下では、第４実施形態の方が無線電力伝送装置のアンテナ寸法の小型化に効果がある。

なお、他の要素は図１と図４で同一の符号で表記され、構成も基本的には同一であるので、重複する説明は省略する。

[0033] （第５実施形態：無線電力伝送装置の構成）

次に、本発明の第５実施形態について説明する。

図５は、本発明の第５実施形態に係る無線電力伝送装置の構成例を示す図である。

図５において、図１と異なるのは、送信機（２０）一台に対して、受信機（４０、７０）が２台存在している点である。なお、一般的には複数台でよいが、図５では２台の場合を図示している。

２台目として新たに加わった受信機７０は、受信機４０と同一の構成である。受信機７０を構成する各回路の符号（４１～５０）は、受信機４０における対応する各回路の符号（２１～３０）とは順にそれぞれ対応している。したがって、異なる符号を表記しているが、実質的に同一の構成であるので、受信機７０の構成と各回路要素の重複する説明は省略する。

[0034] 第５実施形態では、図１の第１実施形態と同様に、図５における送信機２０および受信機４０、７０の内部インピーダンスの実部および虚部の並行制御により、送信機２０から受信機４０、７０への高効率の無線電力伝送が実現可能である。

図１の第１実施形態では、送信機２０と受信機７０の回路構成が高周波の構成としては同一なので、送信アンテナ９と受信アンテナ２９の構造が同一であれば、共振して高効率の電力伝送が実現する。この場合の送信機２０と受信機７０の内部インピーダンスの虚部および実部は、同一、あるいは、ほぼ同一の値になる。

[0035] しかしながら、図５においては、受信機（４０、７０）が２台であるので、図１とは同じとはならない。送信機２０の共振周波数は同一であるものの、送信機の電力の伝送能力は向上させる必要がある。したがって、相対的に送信アンテナの寸法を大きくして、受信アンテナの寸法を小さくことにより、送信機が伝送する電力を複数の受信機に分配することが可能となる。

また、送信機２０と受信機４０、７０とはそれぞれ概ね対向する位置関係にあって、受信機４０と受信機７０とが概ね直交するような位置関係にあると、受信機４０と受信機７０との干渉が少なくなり、さらに効率的に無線電力伝送ができる。

このように、受信機４０の台数を増加できる送信機２０の構成をとることにより、本実施形態の無線電力伝送装置を用いた電力伝送システムのシステム設計の自由度を増すことができる。

[0036] （第６実施形態：無線電力伝送装置の構成）

次に、本発明の第６実施形態について説明する。

図６は、本発明の第６実施形態に係る無線電力伝送装置の構成例を示す図である。

図６において、図１と異なるのは、受信機４０において整流回路３３と蓄電池３２を備えたことである。これによって、負荷回路２１に整流回路３３と蓄電池３２が直列に結合する。

なお、他の要素は図１と図６で同一の符号で表記され、構成も基本的には同一であるので、重複する説明は省略する。

[0037] 第６実施形態によれば、蓄電池３２に受信機４０の受信電力を蓄積可能であり、受信機４０を構成する第１の受信制御回路２７、第二の受信制御回路２８、受信機可変リアクタンス回路２３、受信機特性インピーダンス可変変換回路２２、受信変調回路２６の動作を、蓄電池３２の蓄積電力を用いて実現できるので、送信機２０から受信機４０への電力伝送の効率が向上し、かつ電力送信直後から高効率伝送状態となるまでの時間を短縮可能となる効果がある。

[0038]（第７実施形態：円偏波アンテナの構造）

次に、本発明の第７実施形態として円偏波アンテナの構造について説明する。

図７は、本発明の第７実施形態に係る送信円偏波アンテナおよび受信円偏波アンテナの構造の一例を示す図である。

図７において、送信円偏波アンテナ９は、複数の微小矩形導体３００が所定の集合として組み合わされ、形成されている。また、給電点（送信アンテナ給電点）１０９が、複数の微小矩形導体３００の集合のなかに設けられている。

[0039] また、受信円偏波アンテナ２９は、複数の微小矩形導体３００が送信円偏波アンテナ９と同じに組み合わされた集合で形成されている。また、給電点（受信アンテナ給電点）２０９が複数の微小矩形導体３００の集合のなかに設けられている。

受信円偏波アンテナ２９は、送信円偏波アンテナ９と共振しやすい同一の特性を得るために、送信円偏波アンテナ９と同じ構成、構造をとっている。

なお、図７において、微小矩形導体３００において符号３００は、外側に配置された微小矩形導体のいくつかに付しているが、すべてに付しているわけではない。符号３００を付した微小矩形導体３００と同型のものは、内側に配置された微小矩形導体を含めて、符号３００を付していなくとも前記の微小矩形導体に該当するものとする。

[0040] 第１実施形態において、前記したように、本発明に係る実施形態の無線電力伝送装置に用いられる送信円偏波アンテナ９および受信円偏波アンテナ２９は、電界および磁界に対して所定の感度を有する必要があるため、電界の発生に有効な対向面状構造と、磁界の発生に有効な周回線状構造の両方の特徴を有することが望ましい。

そのような構造を得る為の一つの手段は、アンテナを平面構造として、微小の矩形導体の集合でアンテナ構造を表現して、この微小矩形導体が存在する／しないの組み合わせを総当り的に変更する。

そして、微小矩形導体の任意の部分を２つの給電点として、総当り的に選択し、所望のアンテナの特性を示す構造を選び出す。

この方法にしたがって、本発明に係る実施形態の無線電力伝送装置に用いられる送信アンテナ９および受信アンテナ２９を設計する。

[0041] 図７に示した設計例は、アンテナを構成する微小矩形導体が前記したように１０×１０である場合の例を模式的に示したものである。図７では区画の分割線と区画の矩形との関係で９×９とも受け取られるが、以下において、１０×１０として説明する。

この場合の微小矩形導体が取りうる形状のアンテナ構造の候補の数は、総当たりで検討すると最大２の２００乗となる。また、この各構造に対して、２組の給電点の位置の候補の数は、最大（２×９０）・（２０×９０－１）／２！の二乗である。

総当たりで検証するアンテナ構造と給電点位置の組み合わせの総数は、両者の積となり膨大な数であるが、近年発達の目覚ましい計算機ハードウェアを用い、電磁界計算により各組み合わせにおける自己インピーダンスおよび相互インピーダンスを順次計算して比較することにより実行できる。

この電磁界計算の高速計算アルゴリズムを用いることにより、多くの矩形導体から構成される微細構造を持つアンテナを設計可能で、高効率電力伝送と安定的制御信号伝送を両立するより好適なアンテナ構造を見出すことができる。

[0042] （第８実施形態：送信機および受信機の制御アルゴリズム）

次に、本発明の第８実施形態として、高効率電力伝送を行うための送信機２０および受信機４０の制御アルゴリズムを説明する。

図８は、本発明の第８実施形態に係る無線電力伝送装置に用いられる高効率電力伝送を行う際の送信機と受信機の制御アルゴリズムを示すための各構成要素の動作の一例を示すタイムチャートである。

図８において、図１に示した送信機２０としては、電力発生回路１、送信機可変リアクタンス回路３、送信機特性インピーダンス可変変換回路２、お

よび受信機４０としては、負荷回路２１、受信機可変リアクタンス回路２３、受信機特性インピーダンス可変変換回路２２の各動作をタイムチャートとして示している。

なお、図８において、縦方向が時間の推移である。

[0043] 送信機２０内部の電力発生回路１の電力を発生する動作が始まると、送信機可変リアクタンス回路３の制御が開始される（ｔ１）。

後記の補足で詳細を説明するように、可変リアクタンス回路３の制御は、送信アンテナ（９、図１）および受信アンテナ（２９、図１）に電磁波の電力の虚のエネルギーが局在するように行われる。したがって、送信アンテナ９および受信アンテナ２９のそれぞれの給電点（１０９、２０９、図７）で動的に共役整合が実現するように制御が行われる。

このため、送信機２０および受信機４０が設置された状態で、送信アンテナ９および受信アンテナ２９の給電点１０９、２０９で共役整合が取れるように初期状態を設定しておけば、送信機２０から受信機４０へのある程度の電力伝送が期待できる。

その結果として、受信機４０の負荷回路２１には電力が大きな遅延なく発生し、同時に受信機可変リアクタンス回路２３の制御も開始される（略ｔ１）。

[0044] 引き続き、送信機２０および受信機４０のそれぞれの可変リアクタンス回路３、２３の制御が継続される（ｔ１～ｔ２）。

そして、良好な送信機２０および受信機４０の内部インピーダンスの虚部の状態の制御が実現した段階で、送信機２０および受信機４０の内部インピーダンスの実部の制御が特性インピーダンス可変変換回路２、２２によって開始される（ｔ２）。

[0045] 受信機４０で内部インピーダンスの実部の制御が、特性インピーダンス可変変換回路２２によって開始されると、送信機２０から受信機４０へと電力伝送を行っている電磁波に変調が出現する。

この変調に基づいて、送信機２０の特性インピーダンス可変変換回路２の

制御も遅延なく開始される（略ｔ２）。

[0046] この送信機２０および受信機４０の内部インピーダンスの実部の制御は、外部空間へのエネルギー拡散を伴う制御であり、絶対収束が保証されない制御であるので、その制御はある規定時間が過ぎたら一旦終了する（ｔ３）。

[0047] 送信機２０および受信機４０の内部インピーダンスの実部の制御が終了し、所定時間が経過した後、前記内部インピーダンスの実部の制御を再開する（ｔ４）。

[0048] 以上のｔ１からｔ４の動作を繰り返す（ｔ５～ｔ６～ｔ７）。

[0049] 送信機２０の電力伝送が終了すると、送信機２０および受信機４０の回路要素に電力を供給する電源が消失するので全制御は停止する（ｔ７）。

[0050] 再び送信機２０による電力伝送が開始される（ｔ８）。

[0051] すると、同様の動作が繰り返される（ｔ８～ｔ１４）。

[0052] 以上のように第８実施形態によれば、電力が局在化（虚部）するために絶対収束が期待できる制御と、電力が拡散する（実部）ために絶対収束が保証されないという、異なる制御を両立させ、並行実施させることができる。

[0053]（第９実施形態：送信機の制御アルゴリズム）

次に、本発明の第９実施形態として、第１～第８実施形態で述べた無線電力伝送装置に用いられる高効率電力伝送を行うための送信機の制御アルゴリズムを説明する。

図９は、本発明の第９実施形態に係る無線電力伝送装置に用いられる送信機の制御アルゴリズム一例を示すフローチャートである。

[0054]［送信機の制御アルゴリズムの概要］

図９に示したフローチャートの概要を述べる。フローチャートの各ステップの詳細については、後記する。

第９実施形態の送信機の制御アルゴリズムでは、送信機２０（図１）は電力伝送を始める準備として、可変リアクタンス回路３（図１）および特性インピーダンス可変変換回路２（図１）の値を増減する方向の初期値をあらかじめ設定しておく。

電力発生回路１（図１）で電力生成が行われると、その電力を参照して可変リアクタンス回路３のリアクタンス値を増減させる為に、一旦、アンテナ９（図１）からの反射電力を測定し、設定されている増減方向に従って前記リアクタンス値を変更する。

変更後、アンテナ９からの反射電力を測定し、この反射電力の増減を検証し、反射電力が増大した場合、リアクタンス値の変更方向を反転させる。

[0055] 次に、電力伝送に用いている電磁波に変調成分が存在するかを確認し、変調成分が存在する場合、この変調成分を復調して受信機４０（図１）の負荷回路２１（図１）の消費電力を測定する。

その後、特性インピーダンス可変変換回路２の変換値を、設定されている増減方向に従って変更する。

変更後の受信機４０の負荷回路２１の消費電力を測定し、この消費電力の増減を検証し消費電力が減少した場合、特性インピーダンス可変変換回路２の変換値の変更方向を反転させる。

そして、再び、可変リアクタンス回路３の制御へと戻る。

第９実施形態の制御アルゴリズムによれば、送信機２０の内部インピーダンスの虚部および実部の制御を、送信機可変リアクタンス回路３、送信機特性インピーダンス可変変換回路２を用いて具体的に実行できる。

[0056] ［送信機の制御アルゴリズムのフローチャートの詳細］

図９における送信機の制御アルゴリズムのフローチャートの詳細を、各ステップにしたがって、以下に順に説明する。

[0057] 《Ｓ１００１》

ステップＳ１００１においては、送信機２０が電力伝送を始める準備として、まず可変リアクタンス回路３（図１）の値を増減する方向の初期値を（例えば＋側に）あらかじめ設定する。

なお、図９において、このステップＳ１００１を「リアクタンス制御方向→‘＋’」と表記している。

そして、ステップＳ１００２に進む。

[0058] 《Ｓ１００２》

ステップＳ１００２においては、送信機２０が電力伝送を始める準備として、次に、特性インピーダンス可変変換回路２（図１）の値を増減する方向の初期値を（例えば＋側に）あらかじめ設定する。

なお、図９において、このステップＳ１００２を「特性インピーダンス制御方向→‘＋’」と表記している。

そして、ステップＳ１００３に進む。

[0059] 《Ｓ１００３》

ステップＳ１００３においては、電力発生回路１（図１）で電力の生成、つまり電力発生が行われる。なお、図９において、このステップＳ１００３を「電力発生」と表記している。

そして、ステップＳ１００４に進む。

[0060] 《Ｓ１００４》

ステップＳ１００４においては、ステップＳ１００３で発生した電力のアンテナからの反射電力（Ｐａｔ１）を測定する。

なお、図９において、このステップＳ１００４を「アンテナ反射電力測定：Ｐａｔ１」と表記している。

そして、ステップＳ１００５に進む。

[0061] 《Ｓ１００５》

ステップＳ１００５においては、ステップＳ１００４で反射電力（Ｐａｔ１）を測定した結果に基づき、設定されている増減方向に従って、測定で得られた可変リアクタンス回路（送信機可変リアクタンス回路）３の変換値であるリアクタンス値を所定値の１ステップ分だけ変更する。

なお、図９において、このステップＳ１００５を「１ステップリアクタンス制御」と表記している。

そして、ステップＳ１００６に進む。

[0062] 《Ｓ１００６》

ステップＳ１００６においては、ステップＳ１００５でリアクタンス値を

変更した後のアンテナからの反射電力（Ｐａｔ２）を再測定する。

なお、図９において、このステップＳ１００６を「アンテナ反射電力測定：Ｐａｔ２」と表記している。

そして、ステップＳ１００７に進む。

[0063] 《Ｓ１００７》

ステップＳ１００７においては、ステップＳ１００４で測定した反射電力（Ｐａｔ１）よりも、ステップＳ１００６で測定した反射電力（Ｐａｔ２）が小さいか等しくなったか否かを比較、判定する。

反射電力（Ｐａｔ２）が反射電力（Ｐａｔ１）よりも小さいか等しい場合（Ｙｅｓ：Ｓ１００７）は、ステップＳ１００９に進む。

また、反射電力（Ｐａｔ２）が反射電力（Ｐａｔ１）よりも大きくなっている場合（Ｎｏ：Ｓ１００７）は、ステップＳ１００８に進む。

なお、図９において、このステップＳ１００７を「Ｐａｔ２≦Ｐａｔ１？」と表記している。

[0064] 《Ｓ１００８》

ステップＳ１００８においては、ステップＳ１００７における反射電力の増減の検証において反射電力が増大したので、ステップＳ１００５におけるリアクタンス値の調整が好ましくなかったとして、リアクタンス値の増減の制御方向を反転させる。

なお、図９において、このステップＳ１００８を「リアクタンス制御方向反転」と表記している。

そして、ステップＳ１００９に進む。

[0065] 《Ｓ１００９》

ステップＳ１００９においては、電力伝送に用いている電磁波に変調成分（復調信号）が存在するかを確認する。

変調成分が存在する場合（Ｙｅｓ：Ｓ１００９）は、ステップＳ１０１０に進む。

変調成分が存在しない場合（Ｎｏ：Ｓ１００９）は、ステップＳ１００４

に戻り、反射電力の測定とリアクタンスの調整をやり直す。

なお、図９において、このステップＳ１００９を「変調成分あり？」と表記している。

[0066]《Ｓ１０１０》

ステップＳ１０１０においては、電力伝送に用いている電磁波の変調成分を復調して受信機４０の負荷回路２１の消費電力（ＰＩｒ１）を測定する。なお、受信機４０の負荷回路２１の消費電力は、概ね受信機４０の受信電力（ＰＩｒ１）でもある。したがって、受信機の負荷回路の消費電力を「受信電力」と表記することもある。

また、図９において、このステップＳ１０１０を「受信機負荷回路受信電力測定：ＰＩｒ１」と表記している。

そして、ステップＳ１０１１に進む。

[0067]《Ｓ１０１１》

ステップＳ１０１１においては、ステップＳ１０１０で受信電力（ＰＩｒ１）を測定した結果に基づき、設定されている増減方向に従って、測定で得られた特性インピーダンス可変変換回路（送信機特性インピーダンス可変変換回路）２の変換値である特性インピーダンス値を所定値の１ステップ分だけ変更する。

なお、図９において、このステップＳ１０１１を「１ステップ特性インピーダンス制御」と表記している。

そして、ステップＳ１０１２に進む。

[0068]《Ｓ１０１２》

ステップＳ１０１２においては、ステップＳ１０１１で特性インピーダンス値を変更した後の受信機４０の負荷回路２１の消費電力（受信電力、ＰＩｒ２）を再測定する。

なお、図９において、このステップＳ１０１２を「受信機負荷回路受信電力測定：ＰＩｒ２」と表記している。

そして、ステップＳ１０１３に進む。

[0069]《Ｓ１０１３》

ステップＳ１０１３においては、ステップＳ１０１０で測定した受信電力（ＰＩｒ１）よりも、ステップＳ１０１２で測定した受信電力（ＰＩｒ２）が大きいか等しくなったか否かを比較する。

受信電力（ＰＩｒ２）が受信電力（ＰＩｒ１）よりも大きいか等しい場合（Ｙｅｓ：Ｓ１０１３）は、ステップＳ１００４の再び可変リアクタンス回路の制御へと戻る。

また、受信電力（ＰＩｒ２）が受信電力（ＰＩｒ１）よりも小さい場合（Ｎｏ：Ｓ１０１３）は、ステップＳ１０１４に進む。

なお、図９において、このステップＳ１０１３を「ＰＩｒ２≧ＰＩｒ１？」と表記している。

[0070]《Ｓ１０１４》

ステップＳ１０１４においては、ステップＳ１０１３における受信電力の増減の検証しにおいて受信電力が減少したので、ステップＳ１０１１における特性インピーダンス値の調整が好ましくなかったとして、特性インピーダンス値の制御方向を反転させる。

なお、図９において、このステップＳ１０１４を「特性インピーダンス制御方向反転」と表記している。

そして、再びステップＳ１００４の可変リアクタンス回路３の制御へと戻る。

[0071] なお、前記したように、ステップＳ１０１３またはステップＳ１０１４から再びステップＳ１００４の可変リアクタンス回路３の制御へと戻るが、このフローは引き続き繰り返される。その理由は、受信機４０の位置が移動したり、電磁波の伝送する環境が変動したりすることによって、最適な送信機２０の内部インピーダンスが変化する可能性があり、常にその変化に対応するために前記のフローは繰り返されるのである。

[0072] 以上のように、本実施形態の送信機２０の制御アルゴリズムによれば、送信機２０の内部インピーダンスの虚部および実部の制御を、送信機可変リア

クタンス回路３、送信機特性インピーダンス可変変換回路２を用いて具体的に実行できる。

[0073]（第１０実施形態：受信機の制御アルゴリズム）

次に、本発明の第１０実施形態として、第１～第８実施形態の無線電力伝送装置に用いられる高効率電力伝送を行うための受信機４０の制御アルゴリズムを説明する。

図１０は、本発明の第１０実施形態に係る無線電力伝送装置に用いられる受信機の制御アルゴリズムの一例を示すフローチャートである。

[0074]［受信機の制御アルゴリズムの概要］

図１０に示したフローチャートの概要を述べる。フローチャートの各ステップの詳細については、後記する。

第１０実施形態の受信機の制御アルゴリズムでは、まず、受信電力があるか否かの判断が自動的に行われる。なお、受信電力がないと、受信機４０を構成する制御に関係する各回路に電源を供給できない。

受信機４０は、電力受信を始める準備として、可変リアクタンス回路２３および特性インピーダンス可変変換回路２２の値を増減する方向の初期値をあらかじめ設定しておく。

負荷回路２１で電力受信が行われると、その電力を用いて可変リアクタンス回路２３のリアクタンス値を増減させる為に、一旦、アンテナ２９からの受信電力を測定し、設定されている増減方向に従ってリアクタンス値を変更する。

変更後、アンテナ２９からの受信電力を測定し、この受信電力の増減を検証し、受信電力が減少した場合、リアクタンス値の変更方向を反転させる。

[0075] 次に、負荷回路２１の消費電力を測定し、その測定値を参照して、送信機２０と受信機４０とで電力伝送に用いている電磁波に直接変調を施す。

次に、電力伝送に用いている電磁波に変調成分が存在するかを確認し、この変調成分が存在すると、この変調成分を復調して受信機４０の負荷回路２１の消費電力を測定する。

その後、特性インピーダンス可変変換回路２２の変換値を、設定されている増減方向に従って変更する。

変更後の受信機４０の負荷回路２１の消費電力を測定し、この消費電力の増減を検証し、消費電力が減少した場合、特性インピーダンス可変変換回路２２の変換値の変更方向を反転させる。そして、再び可変リアクタンス回路２３の制御へと戻る。

第１０実施形態の受信機４０の制御アルゴリズムによれば、受信機４０の内部インピーダンスの虚部および実部の制御を、受信機可変リアクタンス回路２３、受信機特性インピーダンス可変変換回路２２を用いて具体的に実行できる。

[0076] ［受信機の制御アルゴリズムのフローチャートの詳細］

図１０における受信機４０の制御アルゴリズムのフローチャートの各ステップについて、以下に順に説明する。

[0077] 《Ｓ２００１》

ステップＳ２００１においては、まず、受信機４０において、受信電力あるか否かの判定が自動的に行われる。

受信電力がある場合（Ｙｅｓ：Ｓ２００１）は、ステップＳ２００２に進む。

受信電力がない場合（Ｎｏ：Ｓ２００１）は、ステップＳ２００１の最初に戻る。

なお、受信電力がないと、受信機４０を構成する制御に関係する各回路に電源を供給できない。

また、図１０において、ステップＳ２００１を「受信電力あり？」と表記している。

[0078] 《Ｓ２００２》

ステップＳ２００２においては、受信機４０が電力受信を始める準備として、まず可変リアクタンス回路（受信機可変リアクタンス回路）２３の値を増減する方向の初期値を（例えば＋側に）あらかじめ設定する。

なお、図１０において、このステップＳ２００２を「リアクタンス制御方向→‘＋’」と表記している。

そして、ステップＳ２００３に進む。

[0079]《Ｓ２００３》

ステップＳ２００３においては、受信機４０が電力受信を始める準備として、次に、特性インピーダンス可変変換回路（受信機特性インピーダンス可変変換回路）２２の値を増減する方向の初期値を（例えば＋側に）あらかじめ設定する。

なお、図１０において、このステップＳ２００３を「特性インピーダンス制御方向→‘＋’」と表記している。

そして、ステップＳ２００４に進む。

[0080]《Ｓ２００４》

ステップＳ２００４においては、受信アンテナ２９（図１）が受信した受信電力（Ｐａｒ１）を測定する。

なお、図１０において、このステップＳ２００４を「アンテナ受信電力測定：Ｐａｒ１」と表記している。

そして、ステップＳ２００５に進む。

[0081]《Ｓ２００５》

ステップＳ２００５においては、ステップＳ２００４で受信アンテナ２９の受信電力（Ｐａｒ１）を測定した結果に基づき、設定されている増減方向に従って、測定で得られた可変リアクタンス回路２３の変換値であるリアクタンス値を所定値の１ステップ分だけ変更する。

なお、図１０において、このステップＳ２００５を「１ステップリアクタンス制御」と表記している。

そして、ステップＳ２００６に進む。

[0082]《Ｓ２００６》

ステップＳ２００６においては、ステップＳ２００５でリアクタンス値を変更した後に、受信アンテナ２９の受信電力（Ｐａｒ２）を再測定する。

なお、図１０において、このステップＳ２００６を「アンテナ受信電力測定：Ｐａｒ２」と表記している。

そして、ステップＳ２００７に進む。

[0083]《Ｓ２００７》

ステップＳ２００７においては、ステップＳ２００４で測定した受信電力（Ｐａｒ１）よりも、ステップＳ２００６で測定した受信電力（Ｐａｒ２）が大きいか等しくなったか否かを比較する。

受信電力（Ｐａｒ２）が受信電力（Ｐａｒ１）よりも大きいか等しい場合（Ｙｅｓ：Ｓ２００７）は、ステップＳ２００９に進む。

また、受信電力（Ｐａｒ２）が受信電力（Ｐａｒ１）よりも小さい場合（Ｎｏ：Ｓ２００７）は、ステップＳ２００８に進む。

なお、図１０において、このステップＳ２００７を「Ｐａｒ２≧Ｐａｒ１？」と表記している。

[0084]《Ｓ２００８》

ステップＳ２００８においては、ステップＳ２００７における受信電力の増減の検証しにおいて受信電力が減少したので、ステップＳ２００５におけるリアクタンス値の調整が好ましくなかったとして、リアクタンス値の制御方向を反転させる。

なお、図１０において、このステップＳ２００８を「リアクタンス制御方向反転」と表記している。

そして、ステップＳ２００９に進む。

[0085]《Ｓ２００９》

ステップＳ２００９においては、負荷回路２１の消費電力（受信電力の実部に相当）を測定し、その測定値を参照して、送信機２０と受信機４０とで電力伝送に用いている電磁波に直接変調を施す。

なお、図１０において、このステップＳ２００９を「受信機負荷回路受信電力変調」と表記している。

そして、ステップＳ２０１０に進む。

[0086]《Ｓ２０１０》

ステップＳ２０１０においては、電力伝送に用いている電磁波に変調成分が存在するかを確認し、この変調成分が存在するので、この信号を復調して受信機４０の負荷回路２１の消費電力（受信電力、Ｐｌｒ１）を測定する。なお、前記したように、受信機４０の負荷回路４１の消費電力は、概ね受信機４０の受信電力でもある。

なお、図１０において、このステップＳ２０１０を「受信機負荷回路受信電力測定：Ｐｌｒ１」と表記している。

そして、ステップＳ２０１１に進む。

[0087]《Ｓ２０１１》

ステップＳ２０１１においては、ステップＳ２０１０で受信電力（Ｐｌｒ１）を測定した結果に基づき、設定されている増減方向に従って、測定で得られた特性インピーダンス可変変換回路２２の変換値である特性インピーダンス値を所定値の１ステップ分だけ変更する。

なお、図１０において、このステップＳ２０１１を「１ステップ特性インピーダンス制御」と表記している。

そして、ステップＳ２０１２に進む。

[0088]《Ｓ２０１２》

ステップＳ２０１２においては、ステップＳ２０１１で特性インピーダンス値を変更した後の受信機４０の負荷回路２１の消費電力（受信機４０の受信電力、Ｐｌｒ２）を再測定する。

なお、図１０において、このステップＳ２０１２を「受信機負荷回路受信電力測定：Ｐｌｒ２」と表記している。

そして、ステップＳ２０１３に進む。

[0089]《Ｓ２０１３》

ステップＳ２０１３においては、ステップＳ２０１０で測定した受信電力（Ｐｌｒ１）よりも、ステップＳ２０１２で測定した受信電力（Ｐｌｒ２）が大きいか等しくなったか否かを比較する。

受信電力（Ｐｌｒ２）が受信電力（Ｐｌｒ１）よりも大きいか等しい場合（Ｙｅｓ：Ｓ２０１３）は、ステップＳ２００４の再び可変リアクタンス回路２３の制御へと戻る。

また、受信電力（Ｐｌｒ２）が受信電力（Ｐｌｒ１）よりも小さい場合（Ｎｏ：Ｓ２０１３）は、ステップＳ２０１４に進む。

なお、図１０において、このステップＳ２０１３を「Ｐｌｒ２≧Ｐｌｒ１？」と表記している。

[0090] 《Ｓ２０１４》

ステップＳ２０１４においては、ステップＳ２０１３における変更後の受信機４０の負荷回路２１の消費電力（受信電力）の増減の検証において、消費電力（受信電力、Ｐｌｒ２）が減少したので、ステップＳ２０１１における特性インピーダンス値の調整が好ましくなかったとして、特性インピーダンス値の制御方向を反転させる。

なお、図１０において、このステップＳ２０１４を「特性インピーダンス制御方向反転」と表記している。

そして、ステップＳ２００４の再び可変リアクタンス回路２３の制御へと戻る。

[0091] なお、前記したように、ステップＳ２０１３またはステップＳ２０１４から再びステップＳ２００４の可変リアクタンス回路２３の制御へと戻るが、このフローは引き続き繰り返される。その理由は、受信機の位置が移動したり、電磁波の伝送する環境が変動したりすることによって、最適な受信機４０の内部インピーダンスが変化する可能性があり、常にその変化に対応するために前記のフローは繰り返されるのである。

[0092] 以上のように、本実施形態の受信機４０の制御アルゴリズムに拠れば、受信機４０の内部インピーダンスの虚部および実部の制御を、受信機可変リアクタンス回路２３、受信機特性インピーダンス可変変換回路２２を用いて具体的に実行できる。

[0093] （第１１実施形態：画像表示システムの構成）

次に、本発明の第１１実施形態について説明する。

図１１は、本発明の第１１実施形態に係る無線電力伝送装置を用いた画像表示システムの構成の一例を示す図であり、（ａ）は画像表示システム１００を示し、（ｂ)は画像表示装置１１０を示し、（ｃ）は送信円偏波アンテナ９と送信機可変リアクタンス回路３と送信機特性インピーダンス可変変換回路２とを示している。

図１１（ａ）において、画像表示システム１００は、行列状に配置された複数の画像表示装置１１０と単一の無線給電装置１０１とで構成される。

[0094] 図１１（ｂ）において、画像表示装置１１０は、上面にディスプレイ１１１を具備し、下面に受信円偏波アンテナ２９を具備する。

また、受信円偏波アンテナ２９には、第１実施形態～第５実施形態で示される受信機（２０）が結合して、ディスプレイ１１１を動作させる電源を供給する。

なお、図１１（ｂ）において、受信機４０（図１）の構成要素のうち受信機可変リアクタンス回路２３、受信機特性インピーダンス可変変換回路２２、および負荷回路２１以外の要素は省略して表記している。

[0095] また、図１１（ｃ）において、送信機２０（図１）の電力発生回路１、送信機特性インピーダンス可変変換回路２、送信機可変リアクタンス回路３を介して送信円偏波アンテナ９に電力を供給している。

なお、図１１（ｃ）においては、送信機２０（図１）の構成要素のうち送信機可変リアクタンス回路３、送信機特性インピーダンス可変変換回路２、および電力発生回路１以外の要素の記載を省略している。

図１１（ａ）において、無線給電装置１０１は、上面に複数の送信円偏波アンテナ（９）が面状に配置されている。この送信円偏波アンテナ９には、第１実施形態～第５実施形態で示される送信機２０（図１）が結合し、画像表示装置１１０への遠隔電力供給を実現する。

なお、画像表示に関するデータは、例えば無線ＬＡＮなどの配線を不要とする方式で伝送する。

[0096] 第１１実施形態によれば、電源配線が不要となるので、単位画像表示装置を面的に自由に配置して、全体として大画面の画面表示システムが構成可能となる。

したがって、画像表示装置１１０の各画素を構成する単位画像表示装置の配置に際しては、前記したように結線が不要となるので、大画面の画像を実現するための装置の設置工数の大幅な低減と、断線、ショート等の原因を除去して該装置の設置上の安全性向上に効果がある。

[0097]（第１２実施形態：移動体給電システム）

次に、本発明の第１２実施形態として、無線電力伝送装置を用いた移動体給電システムについて説明する。

図１２は、本発明の第１２実施形態に係る無線電力伝送装置を用いた移動体給電システムの構成の一例を示す図である。

図１２において、移動体給電システム２００は、移動体２０１と無線給電装置２０２とで構成される。

移動体２０１は、車輪２２２によって移動可能である。この移動体２０１は、下面に受信円偏波アンテナ２９を備える。

この受信円偏波アンテナ２９には、第６実施形態で示される受信機４０（図６）が結合し、移動体２０１に電源を供給する。

なお、図１２においては、この受信機４０の構成要素のうち受信機可変リアクタンス回路２３、受信機特性インピーダンス可変変換回路２２、および蓄電池３２以外の要素の表記は省略している。

[0098] 無線給電装置２０２は、上面に送信円偏波アンテナ９が配置され、この送信円偏波アンテナ９には、第１実施形態～第５実施形態で示される送信機が結合し、移動体２０１への遠隔電力供給を実現する。

なお、図１２においては、送信機（２０）の構成要素のうち送信機可変リアクタンス回路３、送信機特性インピーダンス可変変換回路２、電力発生回路１および送信円偏波アンテナ９以外の要素の表記を省略している。

第１２実施形態によれば、移動体２０１が必要な時に自走して無線給電装

置２０２の上方に移動し、必要とされる電源電力を充電できる。

したがって、移動体２０１に電力を充電する際の結線が不要となり、結線のための結合ハードウェアが削減でき、システムのハードウェアが簡略化できる。また、電気的結線部に発生する可能性があるとしての不安全ポテンシャルである断線、ショートを除去し、システムの安全性向上に効果がある。

[0099] （第１３実施形態：無線電力伝送装置の他の構成例１）

次に、本発明の第１３実施形態として、無線電力伝送を行う他の構成例１を説明する。

図１３は、本発明の第１３実施形態の無線電力伝送装置としての送信機１０２０と受信機１０４０、および送信アンテナ５９と受信アンテナ７９の他の構成例１を示す図であり、（ａ）は送信アンテナ５９と受信アンテナ７９の構成を示し、（ｂ）は送信機１０２０の構成を示し、（ｃ）は受信機１０４０の構成を示している。

なお、説明の都合上、（ｂ）送信機、（ｃ）受信機、（ａ）送信アンテナと受信アンテナ、の順に次に説明する。

[0100] ＜送信機１０２０＞

図１３（ｂ）において、送信機特性インピーダンス可変変換回路５２は「R_1」、送信機可変リアクタンス回路５３は「jX_1」、送信復調回路５６は、「ＤＥＭＯＤ」、第一の送信制御回路５７は「ｃｏｎｔ」、第二の送信制御回路５８は「ｃｏｎｔ」、とそれぞれ表記している。

[0101] 図１３（ｂ）において、送信機１０２０では、電力発生回路５１により発生する高周波電力を、送信機特性インピーダンス可変変換回路５２、および送信機可変リアクタンス回路５３を介して送信円偏波アンテナ５９より空中に放射する。

この送信円偏波アンテナ５９と送信機可変リアクタンス回路５３との間には、送信サーキュレータ５４が備えられている。

そして、送信サーキュレータ５４は、送信円偏波アンテナ５９から送信機可変リアクタンス回路５３へと流れる電力の一部を送信復調回路５６に入力

している。

この送信復調回路５６は、復調出力を第二の送信制御回路５８へ供給する。また、第二の送信制御回路５８は、送信機特性インピーダンス可変変換回路５２を制御する。

[0102] また、送信機可変リアクタンス回路５３と送信サーキュレータ５４との間には、送信方向性結合器６０が備えられている。

送信方向性結合器６０は、送信機可変リアクタンス回路５３から送信サーキュレータ５４へと電力発生回路５１で生成した電力を伝達する。

また、送信方向性結合器６０は、送信円偏波アンテナ５９から送信機可変リアクタンス回路５３へと流れる電力の一部を送信電力計測回路５５に入力する。この送信電力計測回路５５は、その計測出力を第一の送信制御回路５７へ供給する。また、第一の送信制御回路５７は、送信機可変リアクタンス回路５３を制御する。

[0103] ＜受信機１０４０＞

図１３（ｃ）において、受信機特性インピーダンス可変変換回路７２は「R_2」、受信機可変リアクタンス回路７３は「jX_2」、受信変調回路７６は「ＭＯＤ」、第一の受信制御回路７７は「ｃｏｎｔ」、第二の受信制御回路７８は「ｃｏｎｔ」、とそれぞれ表記している。

[0104] 図１３（ｃ）において、受信機１０４０では、受信円偏波アンテナ７９が捕獲（受信）した電力を受信機可変リアクタンス回路７３および受信機特性インピーダンス可変変換回路７２を介して負荷回路７１へと伝送する。

受信円偏波アンテナ７９と受信機可変リアクタンス回路７３との間には受信サーキュレータ７４が挿入されている。

この受信サーキュレータ７４と受信機可変リアクタンス回路７３との間には受信方向性結合器８０が挿入されている。

[0105] また、受信サーキュレータ７４から受信機可変リアクタンス回路７３へと流れる電力を受信電力計測回路７５に入力している。この受信電力計測回路７５は、その計測出力を第一の受信制御回路７７へ供給する。

また、第一の受信制御回路７７は、受信機可変リアクタンス回路７３を制御する。

第二の受信制御回路７８は、負荷回路７１の消費電力値を基に、受信機特性インピーダンス可変変換回路７２を制御する。

また、受信変調回路７６は、負荷回路７１の消費電力値を基に、受信サーキュレータ７４において、受信円偏波アンテナ７９が捕獲した電力に変調を施す。

[0106] ＜送信機１０２０と受信機１０４０の他の構成と動作＞

図１３（ｂ）、（ｃ）において、第１３実施形態で用いられる送信方向性結合器６０および受信方向性結合器８０の結合度は、送信機１０２０から受信機１０４０への電力伝送効率に与える影響を少なくする程度に低くする必要があり、たとえばー１０ｄＢからー２０ｄＢの値を用いる。

また、送信機１０２０内部の各回路要素への電源電力は、電力発生回路５１から供給さる。また、受信機１０４０内部の各回路要素への電源電力は、負荷回路７１から供給される。

図１３においては、図の煩雑さを防ぐ目的で、これらの電源供給のための結線の図示を省略している。

[0107] ＜送信アンテナ５９および受信アンテナ７９＞

図１３（ａ）において、送信アンテナ５９および受信アンテナ７９は、それぞれのアンテナに微小矩形導体（３００、図７）の組み合わせの集合による分布定数的なリアクタンスと、送信装荷リアクタンス２３９（リアクタンス素子）および受信装荷リアクタンス２４９（リアクタンス素子）が装荷される集中定数的なリアクタンスとが複合されて構成されている。

また、符号１３９および符号１４９は、それぞれ送信アンテナ５９と受信アンテナ７９の給電点である。

また、符号ｄは、送信アンテナ５９および受信アンテナ７９との距離を表している。この距離ｄは、電力を伝送する電磁波の波長の半分以下であることが望ましい。

なお、図１３（ａ）においては、アンテナ（５９、７９）を構成する微小矩形導体の集合は、少ない個数で簡易的に表記されている。

[0108] ここで、図１３（ａ）において、送信アンテナ５９および受信アンテナ７９の設計は、図７に示したアンテナ９、２９と同様にアンテナを構成する微小矩形導体が１０×１０であるとした場合には、図７の第７実施形態の円偏波アンテナの構造で説明した同じ条件でアンテナ設計のシミュレーションが実行されることになる。

ただし、図１３（ａ）では、リアクタンス素子２３９（２４９）が更に装荷される。このリアクタンス素子２３９の装荷は前記した図７のアンテナ９、２９には示されていなかったことである。

ここで、図１３（ａ）でアンテナを構成する微小矩形導体が１０×１０であると想定した場合には、リアクタンス素子を装荷する微小矩形導体の接合辺の候補の数は、（１０－１）×１０×２である。

[0109] したがって、前記したように総当たりで検証するアンテナ構造とリアクタンス装荷位置と給電点位置の組み合わせの総数に対して、リアクタンス素子を装荷する場合の数が積となって、さらに組み合わせの総数は膨大な数となる。

しかしながら、前記したように、超高速の計算機ハードウェアと、電磁界計算の高速計算アルゴリズムを用いることにより、多くの矩形導体から構成されるより微細構造を持ち、リアクタンス素子を装荷されたアンテナの設計が可能で、高効率電力伝送と安定的制御信号伝送を両立するより好適なアンテナ構造を見出すことができる。

[0110] ＜送信機と受信機と送信、受信アンテナの総合動作＞

図１３（ａ）、（ｂ）、（ｃ）において、第１３実施形態によれば、送信機１０２０の内部インピーダンスの虚部は、送信円偏波アンテナ５９からの反射電力により制御され、受信機１０４０の内部インピーダンスの虚部は受信円偏波アンテナ７９からの受信電力により制御される。

この制御によって、受信機１０４０には送信機１０２０からエネルギーが

供給され、この供給されたエネルギーを用いて、受信機１０４０の内部インピーダンスの実部は、負荷回路７１の受信電力値によって制御される。

また、送信機１０２０の内部インピーダンスの実部は、負荷回路７１の受信電力値が受信変調回路７６により送信機１０２０と受信機１０４０とが共有する電磁波に直接変調が施される。その結果として送信機側に出現する変調成分を送信復調回路５６で再現した後、同電力を用いて制御される。

[0111] したがって、電力発生回路５１と送信アンテナ５９とを含む送信機１０２０と、負荷回路７１と受信アンテナ７９とを含む受信機１０４０の、それぞれの内部インピーダンスの実部および虚部を並行して制御可能となる。

この制御によって、送信機１０２０から受信機１０４０への電磁波を用いた高効率の無線電力伝送が可能となる。

さらに、第１３実施形態によれば、前記したように、送信アンテナ５９および受信アンテナ７９は、微小矩形導体（３００、図７）が集合して構成する形状（パターン）による分布定数的なリアクタンスと、装荷したリアクタンス素子２３９、２４９（図１３）による集中定数的なリアクタンスが存在する。

この集中定数的なリアクタンスが存在する構成により、送信機１０２０および受信機１０４０の内部リアクタンス変化に対する送受信間の電力伝送効率の変化を増大させることが可能となる。したがって、送信機１０２０及び受信機１０４０の内部インピーダンスの実虚部の制御により、送受信機間の電力伝送効率を大きく変化させることが出来る。

[0112] （第１４実施形態：無線電力伝送装置の他の構成例２）

次に、本発明の第１４実施形態として、無線電力伝送を行う装置の他の構成例２を説明する。

図１４は、本発明の第１４実施形態の無線電力伝送装置としての送信機１０２０と送受信機１０５０の他の構成例２を示す図であり、（ａ）は送信機１０２０、（ｂ）は送受信機１０５０の構成を示している。

図１３に示した第１３実施形態と図１４の第１４実施形態との異なる点は

、図１３における受信機１０４０が図１４において送受信機１０５０となっていることである。

[0113] 具体的には、送受信機１０５０において、受信機１０４０の負荷回路７１と並列に検波・インバータ回路８１と蓄電池８２の従属接続が備えられている。

また、この検波・インバータ回路８１と内部インピーダンスの実部を可変制御する第二の受信制御回路７８および受信変調回路７６を統括制御するプロセッサユニット８３が具備されている。

また、サーキュレータ７４を介して受信アンテナ７９より得られる信号を復調して、プロセッサユニット８３に入力する受信復調回路８４（第２の復調回路）を具備したことである。なお、このとき送信復調回路５６は第１の復調回路とも称する。

そして、これらの構成によって、検波・インバータ回路８１より発生する電力を、サーキュレータ７４を介して受信アンテナ７９より外部空間に放出することである。

[0114] また、プロセッサユニット８３は、受信電力の有無を負荷回路７１の消費電力より検知し、受信電力があると判定して、かつ電力受信要求があることを受信復調回路８４の信号により認識した場合に、検波・インバータ回路８１を検波モードとして送受信機１０５０の受信電力（交流電力）を直流電力に変換して蓄電池８２に蓄える。

その際、受信変調回路７６を用いて外部に電力受信中である信号を送出する。

また、負荷回路７１の消費電力により受信電力が無いことを認識した場合、プロセッサユニット８３は、検波・インバータ回路８１をインバータモードとして蓄電池８２に蓄えられた直流電力を交流電力に変換し、サーキュレータ７４を介し、受信アンテナ７９より外部に電力を送出する。

その際、プロセッサユニット８３は、受信変調回路７６を用いて電力受信要求信号を、受信アンテナ７９を介して外部空間に送出する。

[0115] 第１４実施形態によれば、無線により遠隔に伝送した電力を、この遠隔の地点から再度外部空間に放出することが可能となる。

なお、図１４（ｂ）において、受信復調回路８４（第２の復調回路）は「ＤＥＭＯＤ」、プロセッサユニット８３は「ＭＰＵ」とそれぞれ表記している。

また、図１４（ａ）の送信機１０２０は、図１３（ｂ）と同一の構成であり、図１４（ｂ）の送受信機１０５０において、前記のように説明した以外の要素は、図１３（ｃ）で同一の符号で表記され、構成も基本的には同一であるので、重複する説明は省略する。

[0116] （第１５実施形態：無線電力伝送装置の他の構成例３）

次に、本発明の第１５実施形態として、無線電力伝送を行う装置の他の構成例３を説明する。

図１５は、本発明の第１５実施形態の無線電力伝送装置としての送信機１０２０と送受信機１０５１、１０５２の他の構成例３を示す図であり、（ａ）は送信機１０２０、（ｂ）は送受信機１０５１、（ｃ）は二つめの送受信機１０５２の構成を示している。

図１５に示す第１５実施形態が図１４に示す第１４実施形態と異なる点は、図１４の送受信機１０５０と同一構成の送受信機が、図１５において、送受信機１０５１と送受信機１０５２の２台となり、送信機１０２０とによる無線電力伝送のシステムを構成していることである。

なお、送信機１０２０は、図１４と図１５で同一の符号で表記され、構成も基本的には同一であるので、重複する説明は省略する。

[0117] 送信機１０２０および送受信機１０５１は、一対の組で電力の無線伝送を行う。この一対の組で電力伝送を行う機器のインピーダンスの実部および虚部の関係は、電力伝送効率が最大となるように制御される。

また、他の送受信機１０５２は、一対の組の送信機１０２０および送受信機１０５２との電力伝送効率が最低となるように設定される。このとき、送信機１０２０および送受信機１０５１のインピーダンスの実部および虚部の

関係は、電力伝送効率が最大となるように制御されることになる。

[0118] また、送信機１０２０および送受信機１０５２は、一対の組で電力の無線伝送を行う。この一対の組で電力伝送を行う機器のインピーダンスの実部および虚部の関係は、電力伝送効率が最大となるように制御される。

また、他の送受信機１０５１は、一対の組の送信機１０２０および送受信機１０５１との電力伝送効率が最低となるように設定される。このとき、送信機１０２０および送受信機１０５２のインピーダンスの実部および虚部の関係は、電力伝送効率が最大となるように制御されることになる。

以上のように、第１５実施形態によれば、一つの送信機１０２０より複数の送受信機１０５１、１０５２に電力を伝送可能とすることができる。

[0119] （第１６実施形態：無線電力伝送装置の他の構成例４）

次に、本発明の第１６実施形態として、無線電力伝送を行う装置の他の構成例４を説明する。

図１６は、本発明の第１６実施形態の無線電力伝送装置としての送信機１０２０と送受信機１０６１、１０６２の他の構成例４を示す図であり、（ａ）は送信機１０２０、（ｂ）は送受信機１０６１、（ｃ）は二つめの送受信機１０６２の構成を示している。

図１６に示す第１６実施形態が図１５に示す第１５実施形態と異なる点は、送受信機１０５１、１０５２の代わりに、異なる構成の送受信機１０６１、１０６２を備えたことである。なお、送信機１０２０については、図１５と図１６とで同じ構成である。

[0120] 送受信機１０６１、１０６２が送受信機１０５１、１０５２と異なる点は、方向性結合器３８０、４８０およびの受信電力計測回路３７５、４７５を備えていないことである。その代わりに、受信機可変リアクタンス回路３７３、４７３の制御を、それぞれ負荷回路３７１、４７１の消費電力を用いてプロセッサユニット３８３、４８３の命令により第一の制御回路３７７、４７７により行うことである。

第１６実施形態によれば、受信機可変リアクタンス回路３７３、４７３の

制御を、負荷回路３７１、４７１の消費電力を用いて実現するので、送信機１０２０から送受信機１０６１、１０６２への電力伝送の効率が向上し、かつ電力送信直後から高効率伝送状態となるまでの時間を短縮することが可能である。

なお、他の要素は図１５と図１６で同一の符号で表記され、構成も基本的には同一であるので、重複する説明は省略する。

[0121]（第１７実施形態：無線電力伝送装置の他の構成例５）

次に、本発明の第１７実施形態として、無線電力伝送を行う装置の他の構成例５を説明する。本実施形態の第１７実施形態においては、第１５実施形態で示した送信機１０２０と複数台の送受信機（１０５１、１０５２）とを用いた場合で、電力をリレー式に伝送する例について説明する。なお、第１７実施形態においては、送受信機１０５３が追加されている。

図１７は、本発明の第１７実施形態に係る無線電力伝送を行う装置を用いたリレー式電力遠隔伝送システムの構成と、電力が順に伝送される様子を示す図であり、（ａ）は第一の送受信機の蓄電池がフル充電、（ｂ）は第一の送受信機が蓄電池内部に蓄えられている電力の半分を第二の送受信機に転送、（ｃ）は再び第一の送受信機の蓄電池内部に電力が蓄積、（ｄ）は第二の送受信機の蓄電池がフル充電、（ｅ）は第二の送受信機が蓄電池内部に蓄えられている電力の半分を第三の送受信機に転送、（ｆ）は再び第二の送受信機の蓄電池内部に電力が蓄積される状態を示している。

なお、（ａ）～（ｆ）は、時間の推移における各状態を示している。

[0122] 図１７において、送信アンテナ５９と電力発生回路５１を具備する第１５実施形態の送信機１０２０が備えられている。

また、受信アンテナ３７９および検波・インバータ回路３８１および蓄電池３８２を備えた第一の送受信機１０５１と、同様の構成を示す受信アンテナ４７９および検波・インバータ回路４８１および蓄電池４８２を備えた第二の送受信機１０５２と、同様の構成を示す受信アンテナ５７９および検波・インバータ回路５８１および蓄電池５８２を備えた第三の送受信機１０５

３が間隔を置き、備えられている。

[0123] 《第１段階》

以上の構成の図１７は、一つの送信機と三つの送受信機の状態の変化を特に蓄電池に蓄えられる電力量に着目して時系列的に示したものである。

先ず、送信機１０２０および第一の送受信機１０５１は、電力伝送効率が高くなるようにそれぞれの内部インピーダンスの実部と虚部の値を調整する。

また、送信機１０２０および第二の送受信機１０５２は、電力伝送効率が低くなるようにそれぞれの内部インピーダンスの実部と虚部の値を調整する。

また、送信機１０２０および第三の送受信機１０５３は、電力伝送効率が低くなるようにそれぞれの内部インピーダンスの実部と虚部の値を調整する。

これらの調整は、送信機１０２０および送受信機１０５１、１０５２、１０５３が有する変調回路と復調回路で生成および再生する信号を用いて、各機器の間で無線によって行われる。

[0124] 《第２段階》

第一の送受信機１０５１の蓄電池３８２がフル充電と見なされる（図１７（ａ））ようになると、第一の送受信機１０５１は、電力伝送開始信号をプロセッサユニットにあらかじめ格納されている第二の送受信機１０５２に対応するＩＤ（Identification）を付与して発信する。なお、蓄電池３８２がフル充電された状態をハッチングで黒く示された状態で表現している。

第二の送受信機１０５２は、自己のＩＤが付与された電力伝送開始信号を受信し、第一の送受信機１０５１と第二の送受信機１０５２は、電力伝送効率が高くなるように其々の内部インピーダンスの実部と虚部の値を調整する。

また、自己のＩＤとは異なるＩＤが付与された電力伝送開始信号を受信した送信機１０２０と第三の送受信機１０５３は、他の機器との電力伝送効率

が低くなるようにそれぞれの内部インピーダンスの実部と虚部の値を調整する。

その結果として第一の送受信機１０５１が蓄電池内部に蓄えられている電力の半分を第二の送受信機１０５２に転送する（図１７（ｂ））。なお、蓄電池３８２と蓄電池４８２が半分だけ充電された状態をハッチングで半分黒く示された状態で表現している。

[0125] 《第３段階》

また、第一の送受信機１０５１が第二の送受信機１０５２への電力転送量があらかじめ定められている規定値を下回ることを確認したら、この第一の送受信機１０５１は送信機のＩＤを付与して電力受信開始信号を送信する。

送信機１０２０は自分のＩＤが付与された電力受信開始信号を受信し、送信機１０２０と第一の送受信機１０５１は、電力伝送効率が高くなるようにそれぞれの内部インピーダンスの実部と虚部の値を調整する。

また、自己のＩＤとは異なるＩＤが付与された電力受信開始信号を受信した第二の送受信機１０５２と第三の送受信機１０５３は、他の機器との電力伝送効率が低くなるようにそれぞれの内部インピーダンスの実部と虚部の値を調整する。

その結果として、再び、第一の送受信機１０５１の蓄電池３８２内部に電力が蓄積される（図１７（ｃ））。

また、第一の送受信機の蓄電池３８２がフル充電と見なされるようになると、同様の動作が繰り返される。

[0126] 《第４段階》

その後、第二の送受信機１０５２の蓄電池４８２がフル充電と見なされる（図１７（ｄ））ようになると、第二の送受信機１０５２は電力伝送開始信号をプロセッサユニットにあらかじめ格納されている第三の送受信機１０５３に対応するＩＤを付与して発信する。

第三の送受信機１０５３は、自分のＩＤが付与された電力伝送開始信号を受信し、第二の送受信機１０５２と第三の送受信機１０５３は、電力伝送効

率が高くなるようにそれぞれの内部インピーダンスの実部と虚部の値を調整する。

また、自己のＩＤとは異なるＩＤが付与された電力伝送開始信号を受信した送信機１０２０と第一の送受信機１０５１は他の機器との電力伝送効率が低くなるように其々の内部インピーダンスの実部と虚部の値を調整する。

その結果として第二の送受信機１０５２が蓄電池４８２内部に蓄えられている電力の半分を第三の送受信機１０５３に転送する（図１７（ｅ））。

[0127]《第５段階》

また、第二の送受信機１０５２が第三の送受信機１０５３への電力転送量があらかじめ定められている規定値を下回ることを確認したら、第二の送受信機１０５２は、第一の送受信機１０５１のＩＤを付与して電力受信開始信号を送信する。

第一の送受信機１０５１は、自分のＩＤが付与された電力受信開始信号を受信し、第一の送受信機１０５１と第二の送受信機１０５２は、電力伝送効率が高くなるようにそれぞれの内部インピーダンスの実部と虚部の値を調整する。

また、自己のＩＤとは異なるＩＤが付与された電力受信開始信号を受信した送信機１０２０と第三の送受信機１０５３は、他の機器との電力伝送効率が低くなるようにそれぞれの内部インピーダンスの実部と虚部の値を調整し、結果として、再び、第二の送受信機１０５２の蓄電池４８２内部に電力が蓄積される（図１７（ｆ））。

[0128]《第６段階》

同様の動作が繰り返され、最終的にすべての送受信機の充電池がフル充電される（不図示）。

第１７実施形態によれば、複数の電力伝送用送受信機を遠隔に配列することにより、遠方に電力をリレー形式で伝送することができる。

なお、第１７実施形態において、送受信機は第１５実施形態の送受信機１０５１、１０５２で説明したが、第１４実施形態や第１６実施形態で説明し

た送受信機を用いても同様のリレー式の電力の伝送が可能である。

[0129] （第１８実施形態：無線バックアップ電力・情報伝送ネットワーク）

次に、本発明の第１８実施形態として、前記した各実施形態の無線電力伝送装置を用いた無線バックアップ電力・情報伝送ネットワークとそのシステムの構成例を説明する。

図１８は、本発明の第１８実施形態に係る無線電力伝送装置を用いた無線バックアップ電力・情報伝送ネットワークとそのシステムの構成の一例を示す図である。

図１８において、親装置５００と複数の子装置６００は、無線電力伝送装置が備えられ、電力と情報を伝送する給電装置である。

電力と情報を伝送する一つの親装置５００は、複数の子装置６００と複数の情報・電力伝送ケーブル５５０により接続されている。

子装置６００のあるものは親装置５００と直接、情報・電力伝送ケーブル５５０により接続されている。また、子装置６００のあるものは、他の子装置６００を介して親装置５００と情報・電力伝送ケーブル５５０により接続されている。

[0130] 親装置５００には、第１４実施形態で説明した送信アンテナ５９と電力発生回路５１とを備える無線電力伝送装置の送信機１０２０が設置されている。

また、子装置６００には、第１４実施形態で説明した受信アンテナ７９と検波・インバータ回路８１、および蓄電池８２を備える無線電力伝送装置の送受信機１０５０が設置されている。

第１８実施形態では、親装置５００と子装置６００との間で有線である情報・電力伝送ケーブル５５０により情報と電力の相互伝送が実現されている。

また、親装置５００と子装置６００との間、および複数の子装置６００の相互間で、無線による電力の伝送を行う無線電力伝送３０００も可能な構成となっている。

なお、有線である複数の情報・電力伝送ケーブル５５０によって、電力・情報伝送ネットワーク（有線ネットワーク（５５０））が形成され、無線である複数の無線電力伝送３０００によって、無線ネットワーク（３０００）が形成され、電力・情報伝送ネットワーク（有線ネットワーク）を無線ネットワークがバックアップするネットワークとシステムを構成している。

[0131] したがって、この情報・電力伝送ケーブル５５０に障害が生じ、有線で親装置５００と子装置６００の間の情報と電力の相互伝送が遮断された場合には、前記した無線電力伝送３０００による送信機１０２０および送受信機１０５０により電力の伝送がバックアップされる。

さらに電力伝送装置が有する送信機１０２０および送受信機１０５０間で実現されている制御信号通信用の無線回線を用いて通信をする機能も兼ね揃えているので、電力伝送と通信を実現する無線バックアップ電力・情報伝送ネットワークによる電力と情報のバックアップが可能となる。

なお、第１８実施形態において、送受信機は第１４実施形態の送受信機１０５０で説明したが、第１５実施形態～第１７実施形態で説明した送受信機を用いても同様のリレー式の電力の伝送が可能である。

[0132] （第１９実施形態：無線バックアップ電力給電ネットワーク）

次に、本発明の第１９実施形態として、前記した各実施形態の無線電力伝送装置を用いた無線バックアップ電力給電ネットワークとそのシステムの構成例を説明する。

図１９は、本発明の第１９実施形態に係る無線電力伝送を用いた無線バックアップ電力給電ネットワークとそのシステムの構成の一例を示す図である。

図１９において、統合管理装置１５００と複数の給電装置１６００は、無線電力伝送装置が備えられ、電力と情報を伝送する給電装置である。

一つの統合管理装置１５００は、複数の給電装置１６００と複数の情報・電力伝送ケーブル５５０により接続されている。

また、給電装置１６００のあるものは統合管理装置１５００と直接、情報

・電力伝送ケーブル５５０により接続されている。

また、給電装置１６００のあるものは、他の給電装置１６００を介して統合管理装置１５００と情報・電力伝送ケーブル５５０により接続されている。

[0133] また、給電装置１６００の周囲には、パワーショベル機器１７００、およびフォークリフト機器１８００の活動エリア２０００が確保されている。

また、パワーショベル機器１７００およびフォークリフト機器１８００は、必要な電力を給電装置１６００より随時調達し、統合管理装置１５００への情報の相互伝送を、給電装置１６００を介して行う。

統合管理装置１５００には、第１４、第１８実施形態で説明した送信アンテナ５９と電力発生回路５１を具備する無線電力伝送装置の送信機が設置されている。

また、給電装置１６００には、第１４、第１８実施形態で説明した受信アンテナ７９と検波・インバータ回路８１、および蓄電池８２を具備する無線電力伝送装置の送受信機が設置されている。

[0134] なお、活動エリア２０００は、隣接する給電装置１６００間で安定的な無線電力伝送を実現すために数ｍの範囲であることが望ましい。機器の活動エリアを数１０ｍに拡大する為には、本図には図示されていないが、隣接する給電装置１６００間に複数の送信アンテナ５９と電力発生回路５１を具備する無線電力伝送装置を従属的に配置することにより対応可能である。

[0135] 第１９実施形態では、統合管理装置１５００と給電装置１６００との間で、情報・電力伝送ケーブル５５０により情報と電力の相互伝送が実現されている。

この情報・電力伝送ケーブル５５０に障害が生じ、有線で統合管理装置１５００と給電装置１６００との間の情報と電力の相互伝送が遮断されても、この無線電力伝送３０００を実行する送信機１０２０（５９、５１）および送受信機１０５０（７９、８１、８２）により電力の伝送はバックアップされる。

さらに電力伝送装置が有する送信機および送受信機間で実現されている制御信号通信用の無線回線を用いて通信をする機能も兼ね揃えているので、電力伝送と通信を実現する有線ネットワーク（５５０）の無線ネットワーク（３０００）によるバックアップが可能となる。

[0136] ただし、無線ネットワーク（３０００）による電力伝送の供給能力は、有線ネットワーク（５５０）に比べて低いので、有線ネットワーク（５５０）が遮断し、統合管理装置１５００と有線により切り離された給電装置１６００に付属する活動エリアにいる機器は、無線ネットワーク（３０００）より十分な電力の供給を受けた後、有線ネットワークが統合管理装置１５００と繋がっている他の給電装置１６００に付属する活動エリアに移動することが望ましい。

[0137] （その他の実施形態）

以上、本発明の実施形態について図面を参照して詳述したが、本発明はこれら実施形態およびその変形に限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲の設計変更等があってもよく、以下にその例をあげる。

[0138] 《送信機と受信機の内部インピーダンスの実部の調整》

図１に示した第１実施形態において、送信機２０と受信機４０の内部インピーダンスの実部の調整は、それぞれ送信機特性インピーダンス可変変換回路２と受信機特性インピーダンス可変変換回路２２を用いて行う例を示した。しかしながら「特性インピーダンス」という概念に拘らずに、内部インピーダンスの実部の調整を行うという観点では、「回路レジスタンス」という概念でよい。つまり、「特性インピーダンス」でも「回路レジスタンス」でもインピーダンスの実部であるという観点では概ね同一である。

したがって、送信機２０と受信機４０の内部インピーダンスの実部である回路レジスタンスを調整するという観点の回路としてもよい。

[0139] このとき、送信機２０と受信機４０の内部インピーダンスの実部の調整は、回路レジスタンス可変変換回路で行う。より詳しくは、それぞれ送信機回路レジスタンス可変変換回路（２）、受信機回路レジスタンス可変変換回路

（２２）によって行う。

また、図１においてのみならず、図２～図６における特性インピーダンス可変変換回路（２、２２、４２）および図１３～図１６における特性インピーダンス可変変換回路（５２、７２、３７２、４７２）は、回路レジスタンス可変変換回路を用いることもできる。

また、特性インピーダンス可変変換回路の代わりに回路レジスタンス可変変換回路を用いた場合には、図８のタイムチャート、図９、図１０のフローチャートにおいて、特性インピーダンスに該当する箇所は、回路レジスタンスに置き換えるものとする。

[0140] 《複数ステップの調整》

図９に示した送信機２０のフローチャートにおいて、送信機２０のリアクタンス値を１ステップずつ変更する箇所がある。すなわち、ステップＳ１００５で、リアクタンス値を所定値の１ステップ分だけ変更する。そして、以降のフローの手順を実施し、適切ではない場合に、再びステップＳ１００５に戻ったときに、さらにリアクタンス値を所定値の１ステップ分だけ変更する。これを繰り返して、徐々に最適化を図る方式である。

しかしながら、所定値の１ステップ分だけ変更では、最適化のための変化が小さいと検知した場合には、複数のステップ分を一度に変更する方式もある。

また、図９のフローチャートにおいては、ステップＳ１０１１で、特性インピーダンス値を所定値の１ステップ分だけ変更する。この場合においても、所定値の１ステップ分だけ変更では、最適化のための変化が少ないと検知した場合には、複数のステップ分を一度に変更する方式もある。

[0141] また、同様に、図１０の受信機４０のフローチャートにおいて、ステップＳ２００５で、リアクタンス値を所定値の１ステップ分だけ変更する工程がある。また、ステップＳ２０１１で、特性インピーダンス値を所定値の１ステップ分だけ変更する工程がある。

これらの場合においても、所定値の１ステップ分だけ変更では、最適化の

ための変化が少ないと検知した場合には、複数のステップ分を一度に変更する方式も同様にある。

また、複数のステップ分を変更した際に、ステップＳ１００８、Ｓ１０１４、Ｓ２００８、Ｓ２０１４において、制御方向の反転が頻繁に起こる場合には、１ステップ分だけの変更に戻したり、さらに０．５ステップ分としたりして、変更分を可変して、短時間の収束性と高精度を両立させる方法もある。

[0142]《アンテナの種類》

図１の第１実施形態において、アンテナは、送信円偏波アンテナ９、受信円偏波アンテナ２９として、円偏波アンテナの実施形態例を説明した。

また、図４の第４実施形態において、アンテナは、送信直線偏波アンテナ１９、受信直線偏波アンテナ３９として、直線偏波アンテナの実施形態例を説明した。

しかしなから、これらのアンテナに限定されるものではない。図１の第１実施形態で直線偏波アンテナを用いてもよく、また図４の第４実施形態において、円偏波アンテナを用いてもよい。また、円偏波アンテナや直線偏波アンテナ以外のアンテナを用いることも可能である。

[0143]《アンテナを構成する微小矩形導体》

図７では、アンテナを構成する微小矩形導体が前記したように１０×１０である場合の例を模式的に示したが、アンテナの構成が１０×１０に限定されるものではない。

区画の一辺が１０を超えて、例えば２０×２０でもよい。また、計算機ハードウェアの計算能力の向上や計算ソフトの改良が進めば、例えば１００×１００でもよいし、それ以上の個数の構成でもよい。アンテナを構成する区画数が増大すれば、円形や多角形のアンテナも近似よくシミュレーションが可能となる。

また、１０×１０の正方形の形状でなくとも、例えば１０×２０のような長方形の形状で、シミュレーションを行う方法もある。

[0144] また、アンテナを構成する微小矩形導体が正方形などの矩形でなくとも、三角形や六角形であってもよい。また、例えば、三角形と四角形の組み合わせでもよい。

また、アンテナの形状は平面に限定されるものではなく、三次元の形状や、表面に凹凸を持つ平面構造であってもよい。

また、アンテナを構成する素材が、平面や立体や凹凸構造の各部分において、異なった素材で構成されてもよい。

このような方法により、アンテナの構成の種類が増加し、より目的に適った特性のアンテナを選択できる可能性がある。

[0145] 《装荷リアクタンス》

図１３（ａ）では、送信アンテナ５９と受信アンテナ７９のそれぞれに送信装荷リアクタンス２３９および受信装荷リアクタンス２４９として、それぞれ１個ずつのリアクタンス素子を装荷する例を示した。

しかしながら、装荷するリアクタンス素子は１箇所に限定されるものではない。複数個所にリアクタンス素子を装荷してもよい。また、複数個の装荷したリアクタンス素子の静電容量値や周波数特性などの特性が異なる場合もある。

このような複数個のリアクタンス素子を装荷した場合には、より目的に適った特性のアンテナを選択できる可能性がある。

[0146] 《無線ネットワークと有線ネットワークの関係》

図１８、図１９に示した第１８、第１９実施形態においては、情報・電力伝送ケーブル５５０が設けられた経路に、無線電力伝送３０００が設けられ、情報・電力伝送ケーブル５５０に障害が発生した場合に、同じ経路に配置された無線電力伝送３０００がバックアップするという構成例を示した。したがって、情報・電力伝送ケーブル５５０で構成された有線ネットワーク（５５０）と無線電力伝送３０００で構成された無線ネットワーク（３０００）が概ね同じ構成である例を示した。

[0147] しかしながら、前記の有線ネットワーク（５５０）と無線ネットワーク（

３０００）は必ずしも同じ構成である必要はない。

例えば、親装置５００（図１８）あるいは統合管理装置１５００（図１９）が対象領域の概ね円の中心に位置し、複数の情報・電力伝送ケーブル５５０が放射状に配置され、その先、もしくは途中に子装置６００や給電装置１６００が配置されて有線ネットワーク（５５０）を構成する。また、複数の無線電力伝送３０００は、配置された子装置６００や給電装置１６００を円周状もしくは同心円状の経路に配置されて無線ネットワーク（３０００）を構成する。この場合には、有線ネットワークと無線ネットワークは位相幾何学的に異なる形状であるが、有線ネットワークに発生した障害を無線ネットワークでバックアップすることが可能となる。

[0148]《無線で電力を受ける機器》

図１９に示した第１９実施形態においては、給電装置１６００からパワーショベル機器１７００、およびフォークリフト機器１８００が電力を給電することを示した。しかし、給電を受ける機器は、パワーショベル機器１７００やフォークリフト機器１８００に限定されるものではない。例えば、クレーンやトレンチャーでもよい。また、工事現場の機器に限らず、農作におけるトラクター、コンバイン、耕運機、田植機などの農耕機器でもよい。このように無線によって、給電を受ける機器は様々である。

[0149]《無線電力伝送の周波数》

図１～図６、図１３～図１６の実施形態においては、無線電力伝送における無線の周波数は所定の周波数で行うものとして説明した。

しかしながら、環境や電力伝送の対象とする機器によっては、無線電力伝送における無線の周波数を可変とする方式もある。

また、電力伝送を受信する機器が複数台ある場合には、受信する機器に応じて周波数を切換える方式もある。

このような複数の周波数を選択することによって、そのときの環境やノイズ状況に適した信頼度の高い無線電力伝送ができる可能性がある。

[0150]（本発明、本実施形態の補足）

以下に、本発明、本実施形態で用いた非接触の電磁波による磁気共鳴による電力伝送の手法、手段、およびその関連技術について補足説明する。

[0151] ＜磁気共鳴による電力伝送について＞

送信アンテナと受信アンテナで構成される系は、両アンテナ間を電力伝送する能力を示す相互インピーダンスと各アンテナの入力インピーダンスを示す自己インピーダンスによって記述される。

送信機と受信機の距離が波長に比べて無視できないオーダーにあるとき、送信アンテナと受信アンテナの間には電界および磁界が無視できない程度に共存する。したがって、これらアンテナ間の相互インピーダンスは、虚部と実部がお互いに無視できないオーダーで存在する。

このため、電力発生回路側から送信アンテナ側を見込んだインピーダンスは、虚部と実部が互いに無視できないオーダーで共存し、逆に、負荷回路側から受信アンテナ側を見込んだインピーダンスも虚部と実部がお互いに無視できないオーダーで共存する。

[0152] また、電磁波の電力にも実部と虚部で表現されるエネルギーがある。

電磁波によって伝送される電力の実部は、放射性のエネルギーであって、電磁波として電界と磁界によりエネルギーが伝搬され、距離とともに、単位体積当たりのエネルギーが減少していく。なお、この現象を用いてエネルギーを伝搬させるのが一般的な電磁波による電力伝送である。

[0153] 一方、電磁波によって伝送される電力の虚部は、非放射性のエネルギーであって、送信アンテナと受信アンテナの近傍に放射されずに蓄積されている。

しかしながら、送信アンテナと受信アンテナの距離が電磁現象の波長λより概ね（λ／２）以下の短い距離（送信アンテナと受信アンテナの往復ではλ）の範囲においては、送信アンテナと受信アンテナの近傍に放射されずに蓄積されているそれぞれの電力の虚部のエネルギーは、非放射性のエネルギーとして相互作用をする。

そして、送信アンテナと受信アンテナのインピーダンスがマッチングする

と、共振現象に類する作用によって、送信アンテナから受信アンテナに電磁エネルギーを伝搬させることができる。なお、非放射性であるので送信アンテナと受信アンテナの近傍以外にはエネルギーが流出せずに伝搬するので、高効率の電力伝送となる。

この現象が磁気共鳴による電力伝送と称されるものである。

[0154] この現象は、前記したように、送信アンテナと受信アンテナの距離が電磁現象の波長より短い範囲に限定されるが、これらの距離においては、一般的な電磁波による電力伝送よりも遥かに高い効率で電力伝送ができる。なお、前記したように、送信アンテナと受信アンテナのインピーダンスがマッチングしていることが重要な要件である。

このため、電力発生回路と負荷回路の内部インピーダンスを動的に制御し、電力発生回路と送信アンテナを含む送信回路と負荷回路と受信アンテナを含む受信回路の実部および虚部のインピーダンス整合を行うことで送信側から受信側への最大電力伝送効率が実現可能である。

[0155] ＜実施形態の着目点＞

ここで、残存する問題は、送信アンテナと受信アンテナの内部インピーダンスの虚部および実部をどのような手段で動的に制御するかであるが、これらの虚部と実部の物理的性質に着目することにより解決手段は明らかになる。

すなわち、内部インピーダンスの虚部は、電力伝送による電磁波エネルギーの虚成分に対応するので、この虚部に関わるエネルギーは、前記したように、送信アンテナおよび受信アンテナ近傍に局在化させることができる。

送信側から受信側に高効率の電力伝送が実現している場合、この虚のエネルギーは送信アンテナおよび受信アンテナ近傍に局在化し、外部空間へのエネルギーの散逸が抑制されていると考えられるから、送信側の内部インピーダンスの虚部の制御は、電力発生回路と送信アンテナの間のエネルギー変動が極小となるようにすれば良い。

[0156] 同様に、受信側の内部インピーダンスの虚部の制御は、負荷回路と受信ア

ンテナの間のエネルギー変動が極小となるようにすれば良い。

すなわち、内部インピーダンスの虚部の制御は送信側、受信側で個別に制御可能でこれにより、送信側から受信側へのある程度の電力伝送が期待できる。

このように、内部インピーダンスの虚部の制御により送信側から受信側への電力供給がある程度実行されると、この供給電力を用いて負荷回路の受信電力の値を送信側に送る手段を講じる準備が整う。

[0157] ＜実施形態に適用された技術＞

電磁波のエネルギーの実部は、電界と磁界が共存する形態で発生するから、外部空間へと広がりを持ち、送信アンテナおよび受信アンテナ近傍に局在することは望めない。

このため、負荷回路の受信電力を最大化させるためには、同受信電力の状態を直接用いて送信側および受信側、すなわち電力発生回路と負荷回路の内部インピーダンスの実部を制御（特性インピーダンス可変変換回路２、２２、図１）する必要がある。

送信側および受信側の内部インピーダンスの虚部の制御（可変リアクタンス回路３、２３、図１）により、受信側には使用可能な電力が存在しており、かつ送信側と受信側は、電磁波の虚のエネルギーで結合しているから、受信側で同電磁波に得られた電力を用いて受信電力値を計測（受信電力計測回路２５、図１）する。

[0158] そして、この電力値を符号化して送信側から受信側へと流入する電磁波に同符号を用いて、受信側で変調（受信変調回路２６、図１）を施すことにより、同変調の状態は、前記電磁波の虚のエネルギーを通じて即座に送信側にも出現する。

この変調を送信側で復調（送信復調回路６、図１）することにより負荷回路の受信電力値を知ることができ、同受信電力値を用いて送信側、すなわち電力発生回路（１、図１）の内部インピーダンスの実部を動的制御可能（特性インピーダンス可変変換回路２、図１）となる。受信側すなわち負荷回路

の内部インピーダンスの実部は、受信側で得られる負荷回路の受信部電力値をそのまま用いて動的制御可能である。

符号の説明

[0159] １、５１　　電力発生回路

２、５２　　特性インピーダンス可変変換回路、送信機特性インピーダンス可変変換回路、（回路レジスタンス可変変換回路、送信機回路レジスタンス可変変換回路）

３、５３　　可変リアクタンス回路、送信機可変リアクタンス回路

４、５４　　送信サーキュレータ

５、５５　　送信電力計測回路

６、５６　　送信復調回路（第１の復調回路）

７、５７　　第一の送信制御回路

８、５８　　第二の送信制御回路

９、５９　　送信円偏波アンテナ

１０、６０　　送信方向性結合器

１４　　第二の送信方向性結合器

１９　　送信直線偏波アンテナ

２０、１０２０　　送信機

２１、４１、７１、３７１、４７１　　負荷回路

２２、４２、７２、３７２、４７２　　特性インピーダンス可変変換回路、受信機特性インピーダンス可変変換回路、（回路レジスタンス可変変換回路、受信機回路レジスタンス可変変換回路）

２３、４３、７３、３７３、４７３　　可変リアクタンス回路、受信機可変リアクタンス回路、

２４、４４、７４、３７４、４７４　　受信サーキュレータ

２５、４５、７５、３７５、４７５　　受信電力計測回路

２６、４６、７６、３７６、４７６　　受信変調回路（変調回路）

２７、４７、７７、３７７、４７７　　第一の受信制御回路

２８、４８、７８、３７８、４７８　　第二の受信制御回路

２９、４９、７９、３７９、４７９、５７９　　受信円偏波アンテナ

３０、５０、８０、３８０、４８０　　受信方向性結合器

３１、８４、３８４、４８４　　受信復調回路（第２の復調回路）

３２、８２、３８２、４８２、５８２　　蓄電池

３３　　整流回路

３４　　第二の受信方向性結合器

３９　　受信直線偏波アンテナ

４０、７０、１０４０　　受信機

１０５０、１０５１、１０５２、１０５３、１０６１、１０６２　　送受信機

８１、３８１、４８１、５８１　　整流・インバータ回路

８３、３８３、４８３　　プロセッサユニット

１００　　画像表示システム

１０１、２０２　　無線給電装置

１０９、１３９　　送信アンテナ給電点

１１０　　画像表示装置

１１１　　ディスプレイ

１４９、２０９　　受信アンテナ給電点

２００　　移動体給電システム

２０１　　移動体

２２２　　車輪

２３９　　送信装荷リアクタンス（リアクタンス素子）

２４９　　受信装荷リアクタンス（リアクタンス素子）

３００　　微小矩形導体

５００　　親装置

５５０　　情報・電力伝送ケーブル（有線ネットワーク）

６００　　子装置、

１５００　統合管理装置

１６００　給電装置

１７００　パワーシャベル装置

１８００　フォークリフト装置

２０００　活動エリア

３０００　無線電力伝送（無線ネットワーク）

請求の範囲

[請求項1] 電磁波を送信する送信アンテナと電力送信回路とを有する送信機と、

電磁波を受信する受信アンテナと電力受信回路とを有する受信機と、

を備え、

前記電力送信回路は、前記送信アンテナに対する反射電力に基づいて前記電力送信回路の回路リアクタンスを可変制御することで前記送信する電磁波の電力の虚部を制御し、

前記電力送信回路は、前記受信アンテナから前記受信機が受信した電力を前記受信機が電力伝送の電磁波を用いて前記送信機に伝送した電力に基づいて前記電力送信回路の回路レジスタンスまたは特性インピーダンスを可変制御することで前記送信する電磁波の電力の実部を制御する

ことを特徴とする無線電力伝送装置。

[請求項2] 請求の範囲第１項において、

前記電力送信回路と前記電力受信回路が、ともに可変リアクタンス回路と、回路レジスタンス可変変換回路または特性インピーダンス可変変換回路、とを具備し、

前記電力送信回路と前記電力受信回路のそれぞれの回路リアクタンスの制御をそれぞれの前記可変リアクタンス回路によって行い、

前記電力送信回路と前記電力受信回路のそれぞれの回路レジスタンスまたは特性インピーダンスの制御を、それぞれの前記回路レジスタンス可変変換回路または前記特性インピーダンス可変変換回路によって行う

こと特徴とする無線電力伝送装置。

[請求項3] 電磁波を送信する送信アンテナと電力送信回路とを有する送信機と、

電磁波を送受信する送受信アンテナと電力送受信回路とを有する送受信機と、

整流回路と、

インバータ回路と、

蓄電池と、

を備え、

前記電力送信回路は、前記送信アンテナに対する反射電力に基づいて前記電力送信回路の回路リアクタンスを可変制御することで前記電磁波の電力の虚部を制御し、

前記電力送信回路は、前記送受信アンテナから前記送受信機が受信した電力を前記送受信機が電力伝送の電磁波を用いて前記送信機に伝送した電力に基づいて前記電力送信回路の回路レジスタンスまたは特性インピーダンスを可変制御することで前記電磁波の電力の実部を制御し、

前記電力送受信回路が取り込んだ電力を前記整流回路で直流電力に変換し、

該直流電力を前記蓄電池に保存し、

該蓄電池に保存された直流電力を前記インバータ回路によって交流電力に変換し、

該交流電力を前記電力送受信回路が、前記送受信アンテナを介して外部空間に送出することを特徴とする無線電力伝送装置。

［請求項4］ 請求の範囲第３項において、

前記電力送信回路と前記電力送受信回路が、ともに可変リアクタンス回路と、回路レジスタンス可変変換回路または特性インピーダンス可変変換回路、とを具備し、

前記電力送信回路と前記電力送受信回路のそれぞれの回路リアクタンスの制御をそれぞれの前記可変リアクタンス回路によって行い、

前記電力送信回路と前記電力送受信回路のそれぞれの回路レジスタ

ンスまたは特性インピーダンスの制御を、それぞれの前記回路レジスタンス可変変換回路または前記特性インピーダンス可変変換回路によって行う

こと特徴とする無線電力伝送装置。

[請求項5] 請求の範囲第１項乃至第４項のいずれか一項において、

前記電力送信回路が第１の復調回路を具備し、

前記電力受信回路または前記電力送受信回路が、変調回路および第２の復調回路を具備し、

前記変調回路は、前記電力受信回路または前記電力送受信回路の受信電力に基づいて、前記電力伝送の電磁波を変調し、

前記第１または第２の復調回路は、前記電力伝送の電磁波の変調した信号を復調し、

前記第１または第２の復調回路が復調した信号に基づいて、前記電力送信回路および、前記電力受信回路または前記電力送受信回路の回路レジスタンスまたは特性インピーダンスを制御する

こと特徴とする無線電力伝送装置。

[請求項6] 請求の範囲第２項乃至第４項のいずれか一項において、

前記電力送信回路および、電力受信回路または電力送受信回路は、それぞれの回路リアクタンスの制御と、回路レジスタンスまたは特性インピーダンスの制御を時系列的に交互に行うことを特徴とする無線電力伝送装置。

[請求項7] 請求の範囲第２項乃至第４項のいずれか一項において、

前記電力送信回路および、電力受信回路または電力送受信回路は、それぞれの回路リアクタンスの制御を、回路レジスタンスまたは特性インピーダンスの制御の前に行うことを特徴とする無線電力伝送装置。

[請求項8] 請求の範囲第２項乃至第４項のいずれか一項において、

前記電力送信回路および、電力受信回路または電力送受信回路は、

それぞれの回路の回路レジスタンスまたは特性インピーダンスの制御を間欠的に交互に行うことを特徴とする無線電力伝送装置。

[請求項9] 請求の範囲第１項乃至第４項のいずれか一項において、

前記送信アンテナおよび、前記受信アンテナまたは前記送受信アンテナが、円偏波アンテナまたは直線偏波アンテナであることを特徴とする無線電力伝送装置。

[請求項10] 請求の範囲第１項乃至第４項のいずれか一項において、

前記送信アンテナおよび、前記受信アンテナまたは前記送受信アンテナが、微小矩形導体の集合体で形成されることを特徴とする無線電力伝送装置。

[請求項11] 請求の範囲第１項乃至第４項のいずれか一項において、

前記送信アンテナおよび、前記受信アンテナまたは前記送受信アンテナに、リアクタンス素子が装荷されることを特徴とする無線電力伝送装置。

[請求項12] 請求の範囲第１項または第２項において、

前記電力受信回路がさらに整流回路と蓄電池を具備し、受信電力を前記整流回路を介して前記蓄電池に蓄積することを特徴とする無線電力伝送装置。

[請求項13] 請求の範囲第１項乃至第４項のいずれか一項において、

前記受信機または前記送受信機の数が、前記送信機の数より多いことを特徴とする無線電力伝送装置。

[請求項14] 請求の範囲第１項または第２項に記載の無線電力伝送装置の前記送信機の集合体である無線電力供給装置と、複数の前記受信機を具備する画像表示装置とを備えることを特徴とする画像表示システム。

[請求項15] 請求の範囲第１項または第２項に記載の無線電力伝送装置の前記送信機を具備する無線給電装置と、前記受信機を具備する移動体とを備えたことを特徴とする移動体給電システム。

[請求項16] 請求の範囲第３項または第４項に記載の無線電力伝送装置の前記送

信機と複数の前記送受信機とで電力伝送を行う際に、

隣接する特定の一組の前記送信機と前記送受信機との間で電力伝送効率が高くなるように前記電力送信回路および前記送受信回路において回路の特性インピーダンスの制御を行い、

他の複数の一組の前記送信機と前記送受信機との間で電力伝送効率が低くなるように前記電力送信回路および前記送受信回路において特性インピーダンスの制御を行う

ことを特徴とする無線電力伝送システム。

[請求項17] 請求の範囲第３項または第４項に記載の無線電力伝送装置の前記送信機と前記送受信機とで電力伝送を行う際に、

特定の前記送信機を含む隣接する電力伝送効率の高い前記送信機と前記送受信機の組が、同一の機器であって送信機と受信機の役割を交互に換えながら他の前記送信機と前記送受信機の組へ電力伝送を行い、

異なる前記送信機と前記送受信機の組がリレー式に電力伝送を行い、

該電力伝送を繰り返すことによって、前記特定の送信機から離れた地点の前記送受信機に電力を伝送する

ことを特徴とする無線電力伝送システム。

[請求項18] 請求の範囲第３項または第４項に記載の無線電力伝送装置が複数の給電装置に設置され、

該複数の給電装置が有線ケーブルで接続され、

さらに該複数の給電装置の間を、無線で電力および情報を相互伝送する

ことを特徴とする無線バックアップ電力・情報伝送ネットワーク。

[請求項19] 請求の範囲第３項または第４項に記載の無線電力伝送装置が複数の給電装置に設置され、

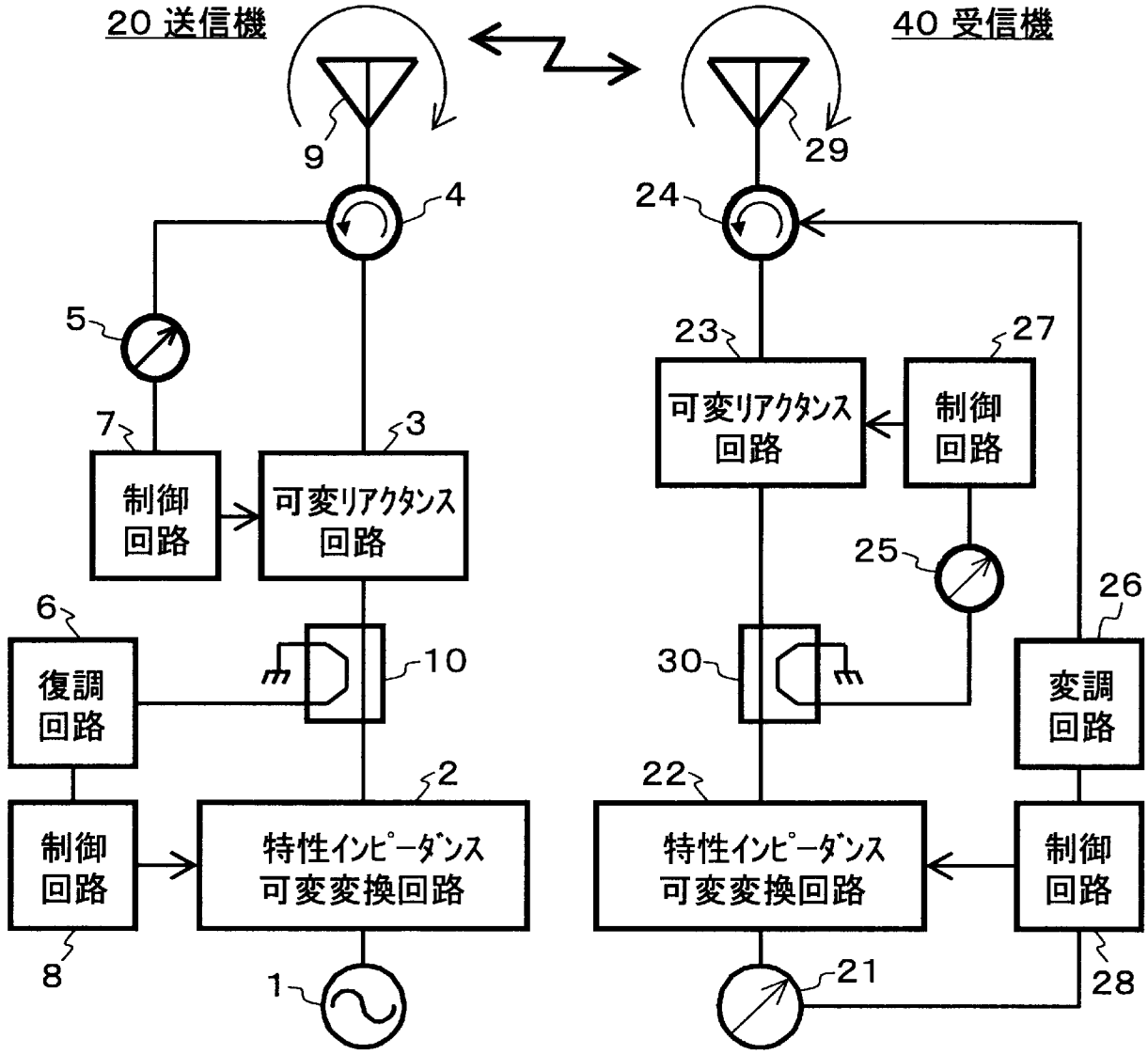
該複数の給電装置が有線ケーブルで接続され、

該複数の給電装置の間を、無線で電力および情報を相互伝送し、

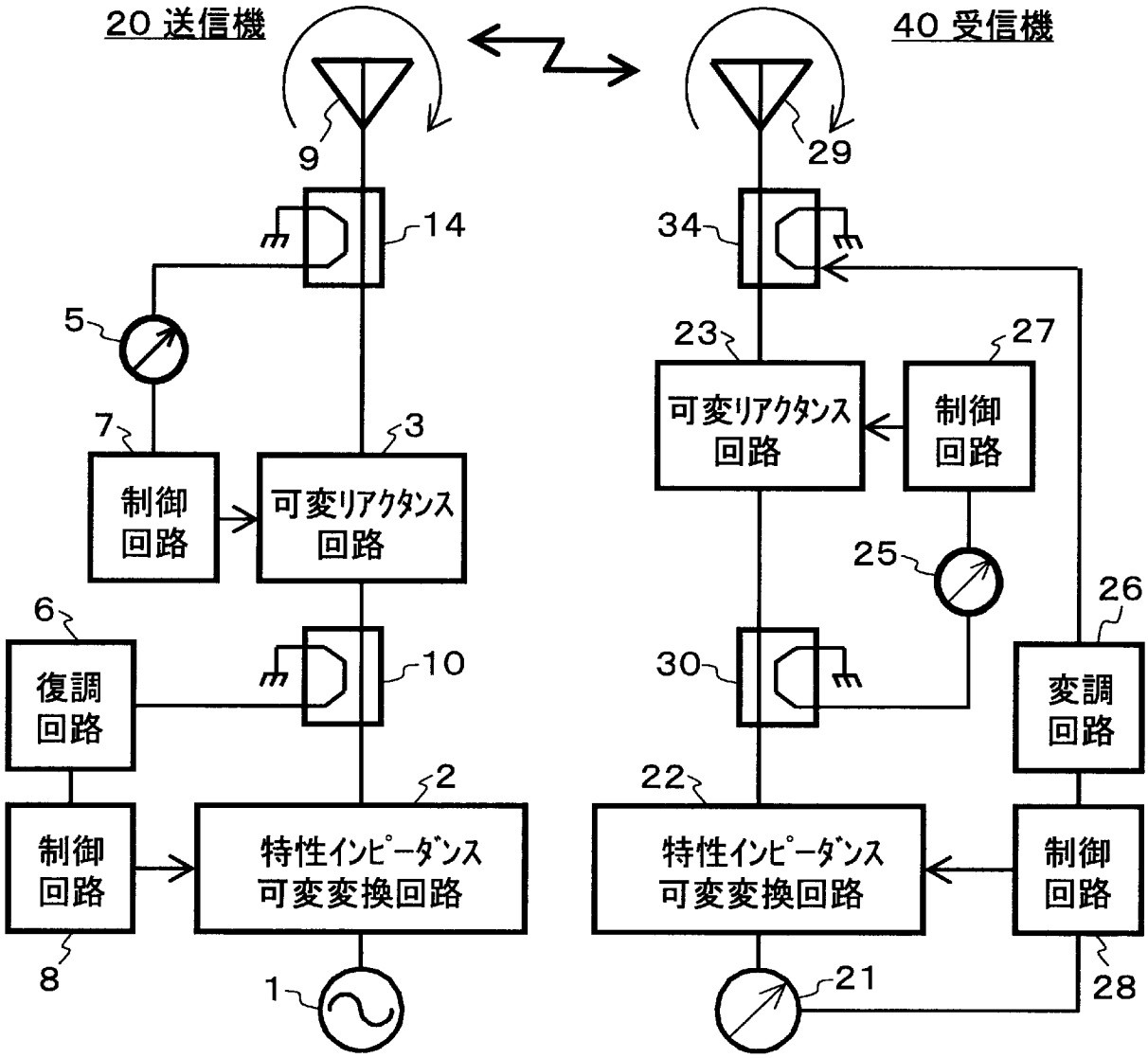
さらに前記各給電装置が有限のエリアを統括し、該エリア内で活動する機器に電力を給電する

ことを特徴とする無線バックアップ電力給電ネットワーク。

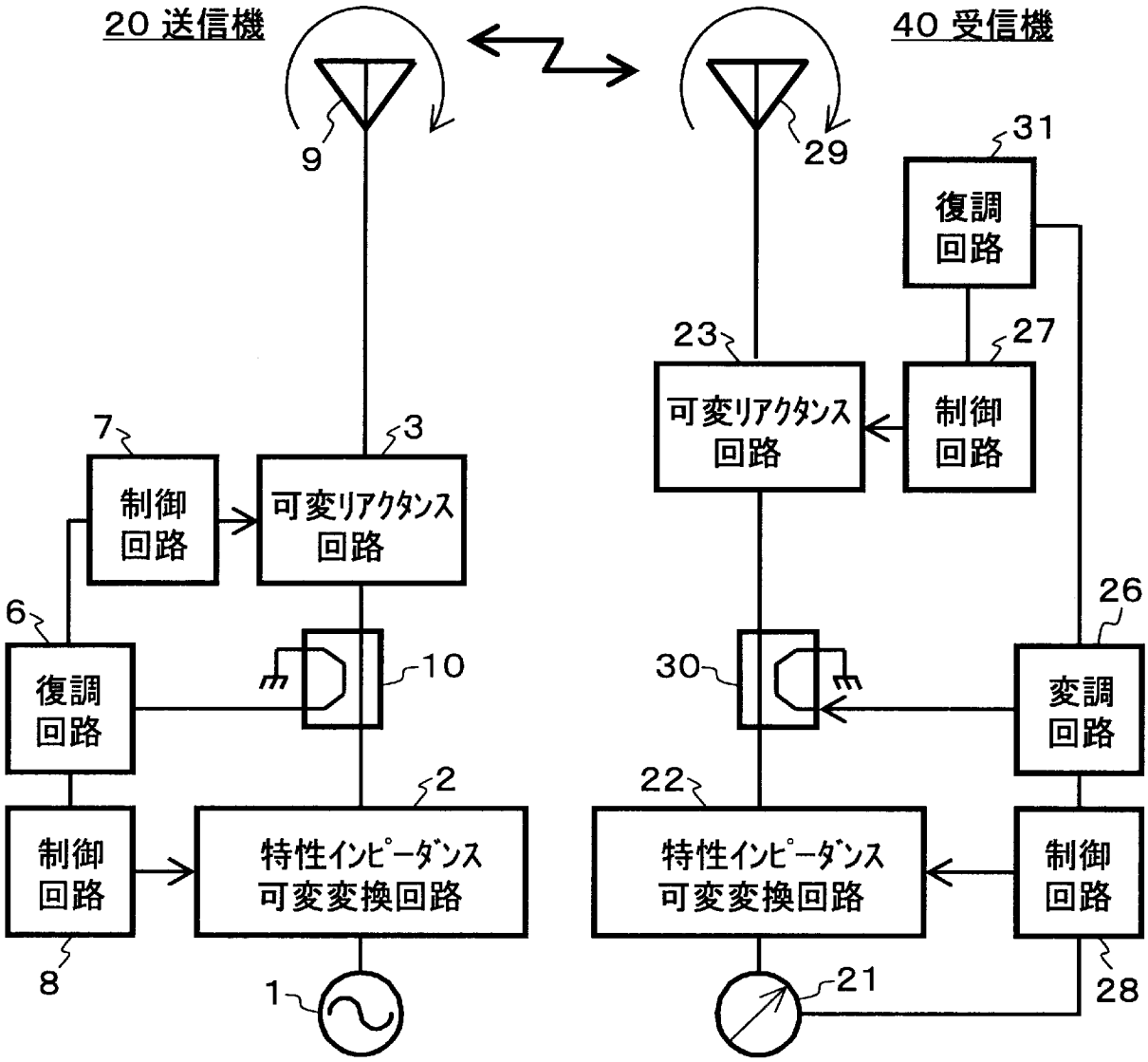
[図1]


20 送信機
40 受信機
9
29
4
24
5
23
27
7
3
可変リアクタンス回路
制御回路
制御回路
25
6
26
10
30
復調回路
変調回路
2
22
制御回路
特性インピーダンス可変変換回路
特性インピーダンス可変変換回路
制御回路
8
1
21
28

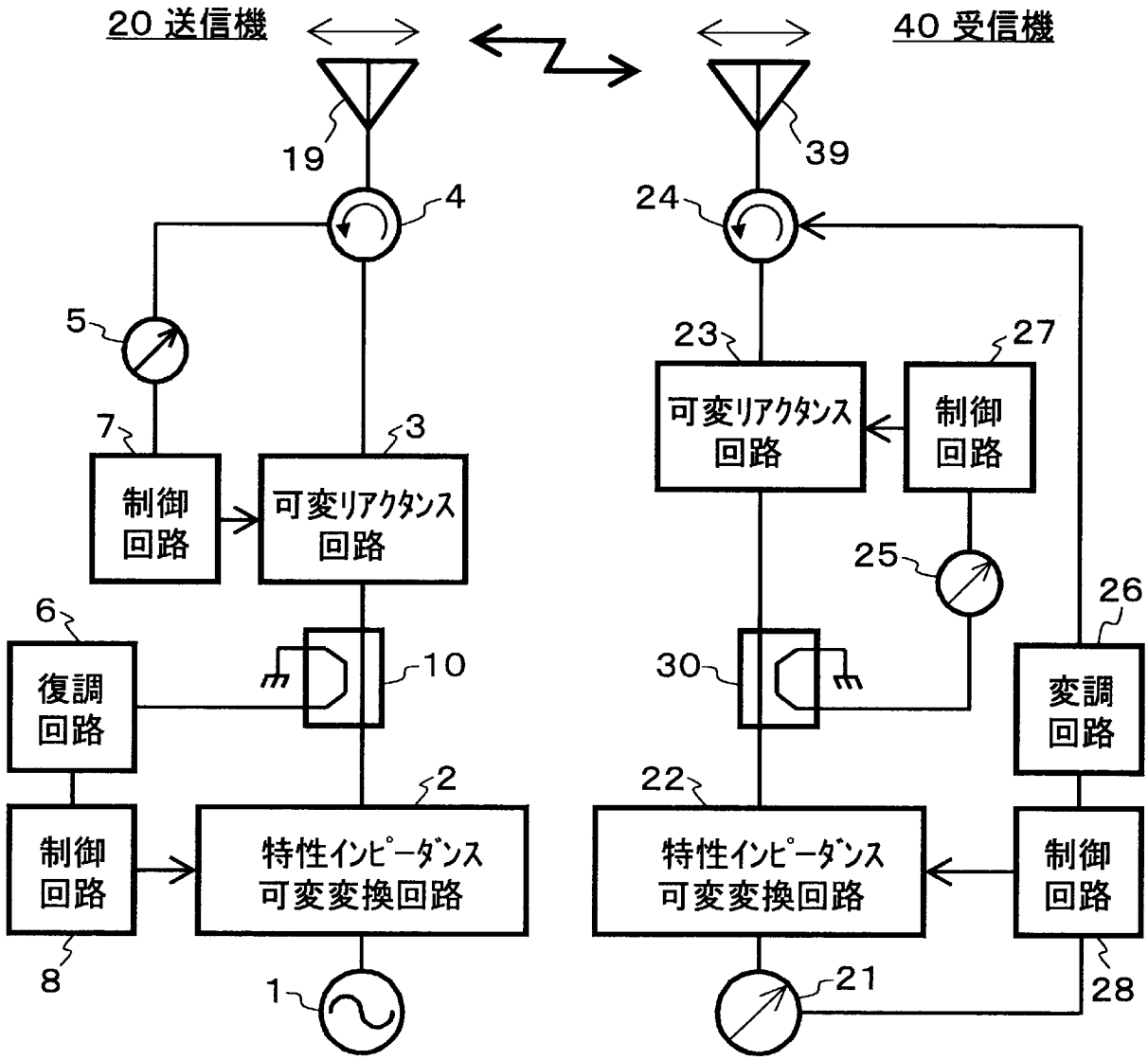
[図2]


20 送信機
40 受信機
9
29
14
34
5
23
27
7
3
制御回路
可変リアクタンス回路
可変リアクタンス回路
制御回路
25
6
26
10
30
復調回路
変調回路
2
22
制御回路
特性インピーダンス可変変換回路
特性インピーダンス可変変換回路
制御回路
8
1
21
28

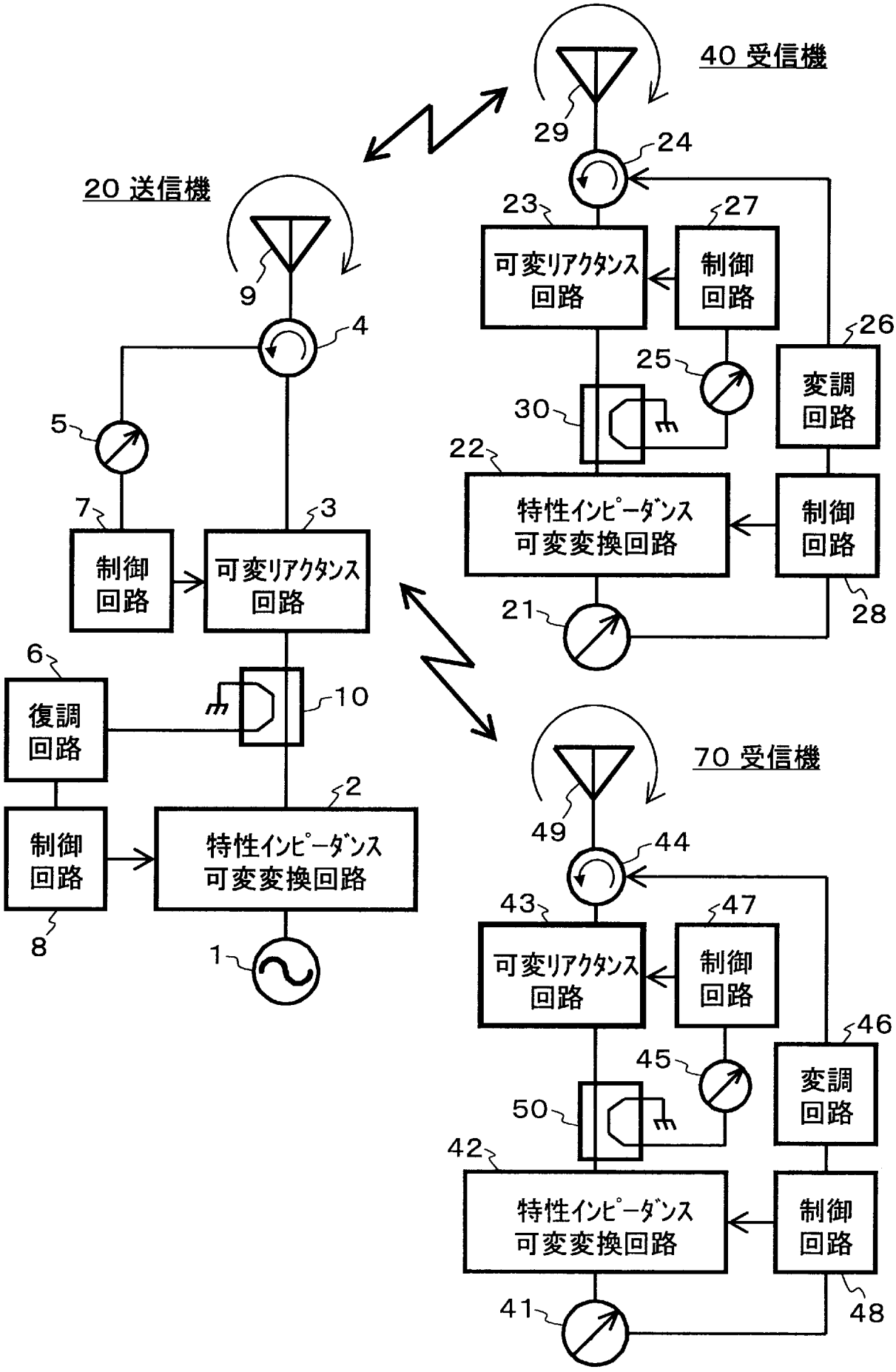
[図3]


20 送信機
40 受信機
9
29
31
復調
回路
23
27
可変リアクタンス
回路
制御
回路
7
3
制御
回路
可変リアクタンス
回路
6
26
10
30
復調
回路
変調
回路
2
22
制御
回路
特性インピーダンス
可変変換回路
特性インピーダンス
可変変換回路
制御
回路
8
1
21
28

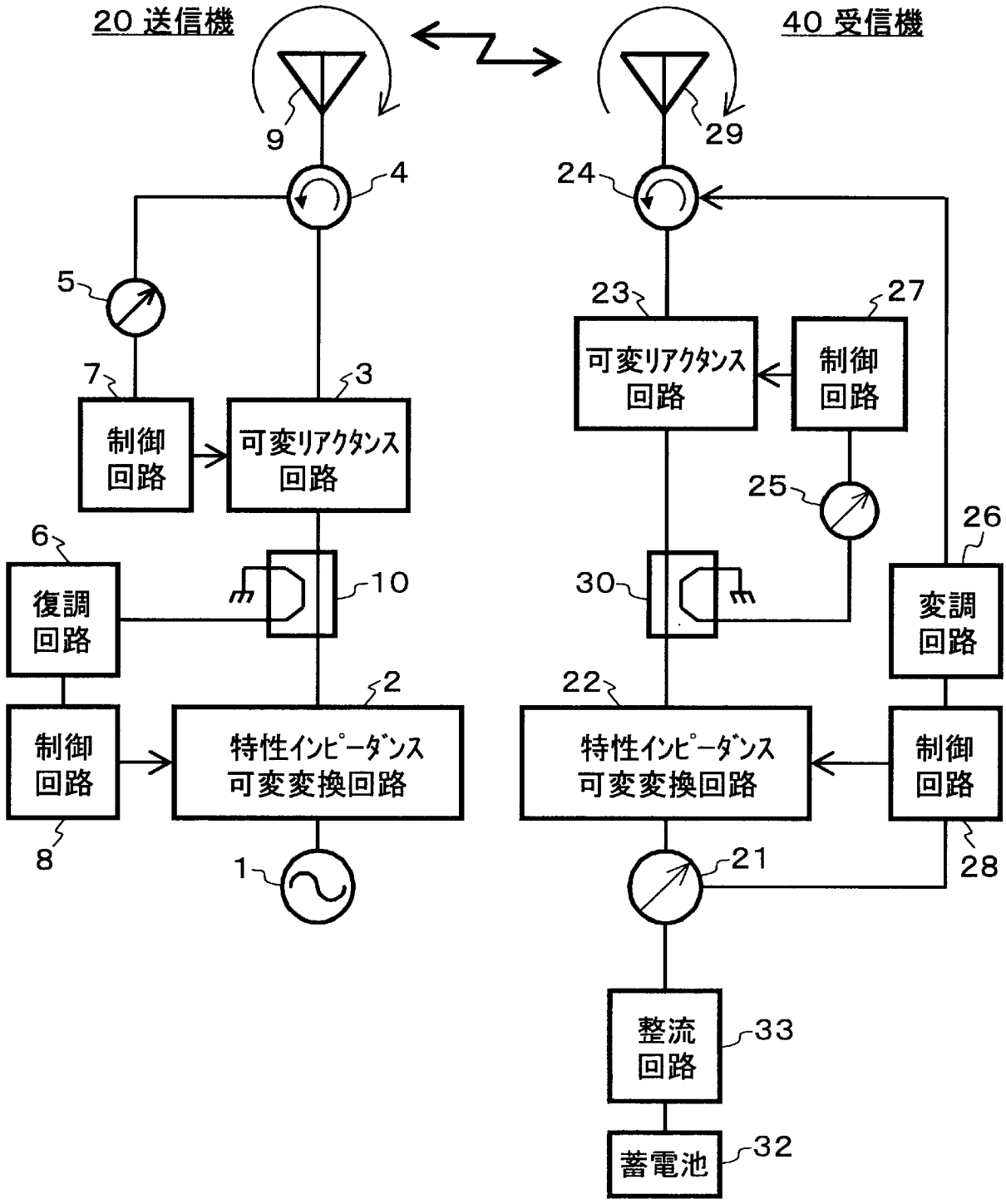
[図4]


20 送信機
40 受信機
19
39
4
24
5
23
27
7
3
制御回路
可変リアクタンス回路
可変リアクタンス回路
制御回路
25
6
26
10
30
復調回路
変調回路
2
22
制御回路
特性インピーダンス可変変換回路
特性インピーダンス可変変換回路
制御回路
8
1
21
28

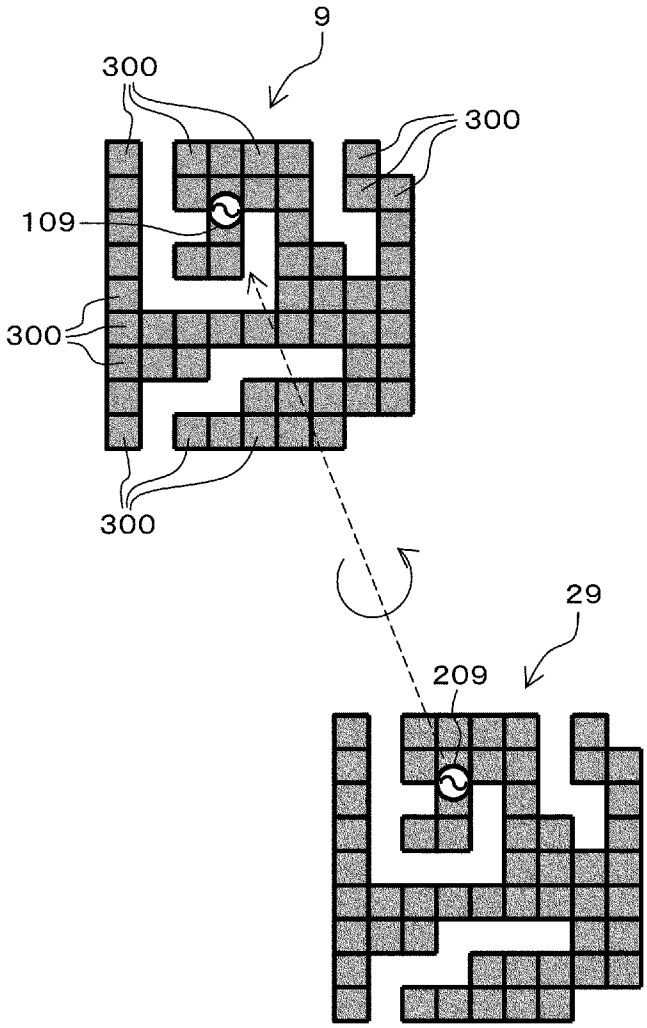
[図5]


40 受信機
20 送信機
70 受信機
可変リアクタンス回路
制御回路
変調回路
特性インピーダンス可変変換回路
復調回路
9
4
5
7
3
6
10
2
8
1
29
24
23
27
26
25
30
22
28
21
49
44
43
47
46
45
50
42
48
41

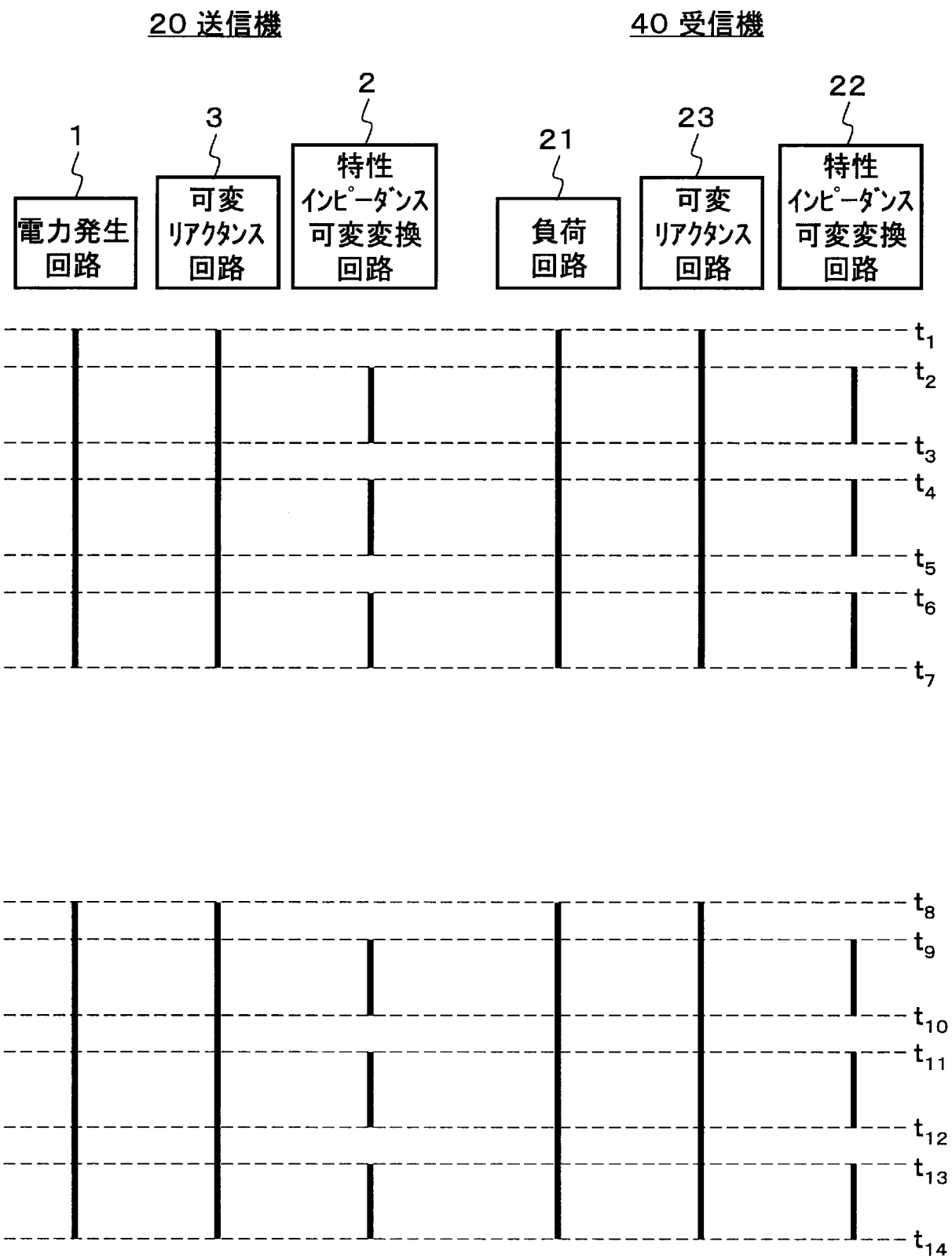
[図6]


20 送信機
40 受信機
9
29
4
24
5
23
27
7
3
制御回路
可変リアクタンス回路
可変リアクタンス回路
制御回路
25
6
26
10
30
復調回路
変調回路
2
22
制御回路
特性インピーダンス可変変換回路
特性インピーダンス可変変換回路
制御回路
8
1
21
28
整流回路
33
蓄電池
32

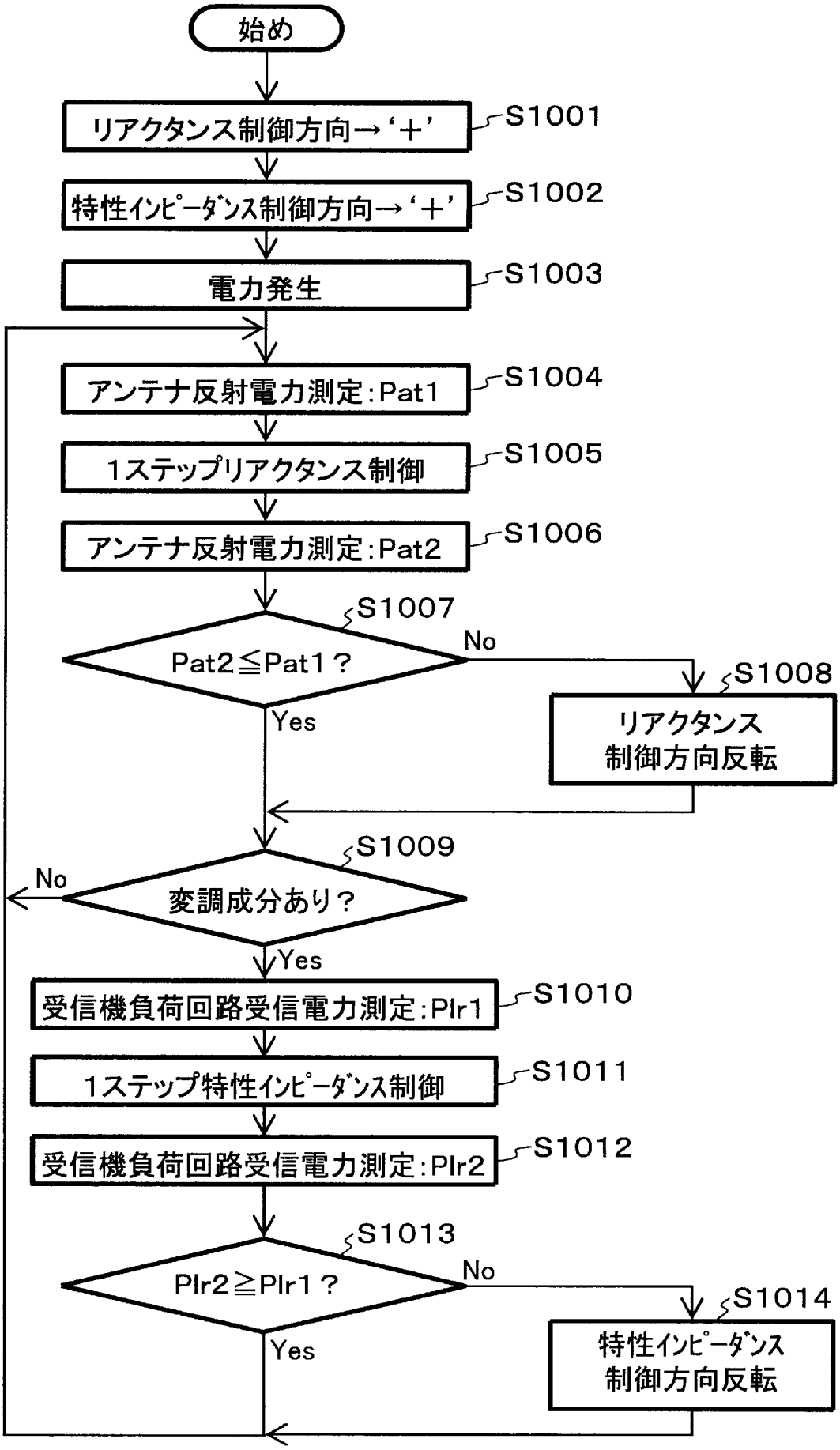
[図7]



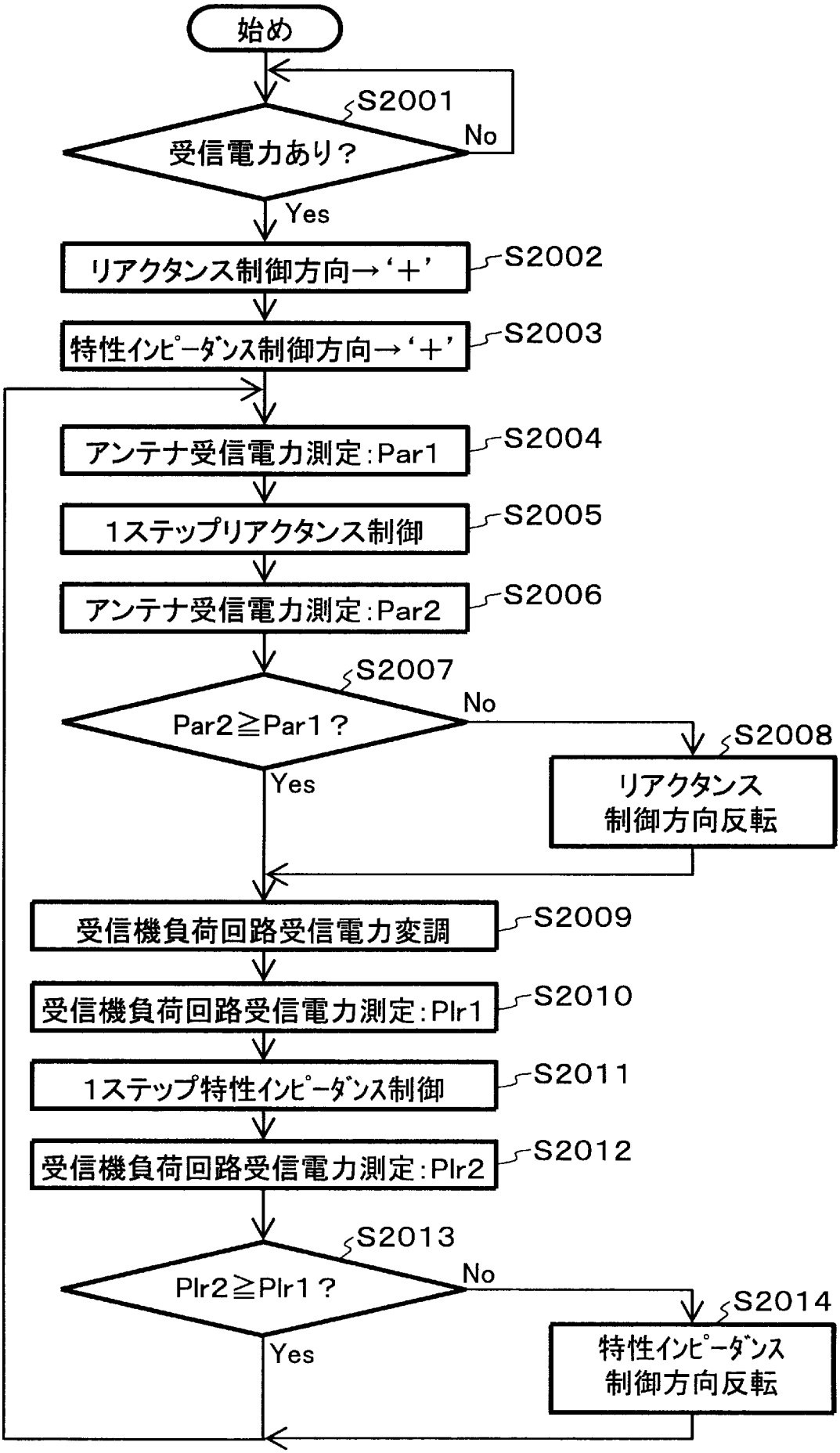
[図8]


20 送信機
40 受信機
1
電力発生回路
3
可変リアクタンス回路
2
特性インピーダンス可変変換回路
21
負荷回路
23
可変リアクタンス回路
22
特性インピーダンス可変変換回路
t1
t2
t3
t4
t5
t6
t7
t8
t9
t10
t11
t12
t13
t14

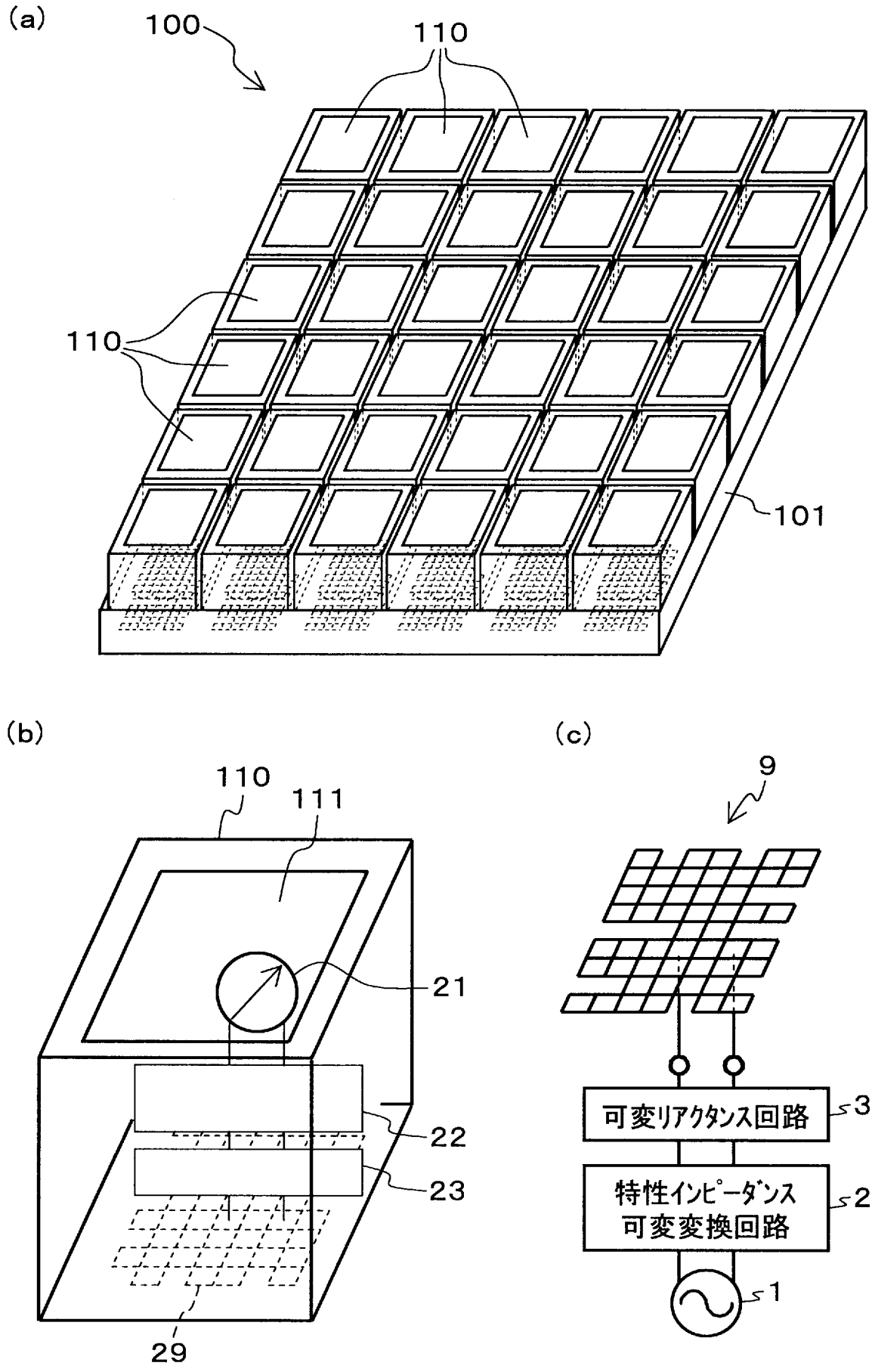
[図9]


始め
リアクタンス制御方向→‘+’
S1001
特性インピーダンス制御方向→‘+’
S1002
電力発生
S1003
アンテナ反射電力測定:Pat1
S1004
1ステップリアクタンス制御
S1005
アンテナ反射電力測定:Pat2
S1006
S1007
Pat2≦Pat1？
No
S1008
リアクタンス
制御方向反転
Yes
S1009
No
変調成分あり？
Yes
受信機負荷回路受信電力測定:Plr1
S1010
1ステップ特性インピーダンス制御
S1011
受信機負荷回路受信電力測定:Plr2
S1012
S1013
Plr2≧Plr1？
No
S1014
特性インピーダンス
制御方向反転
Yes

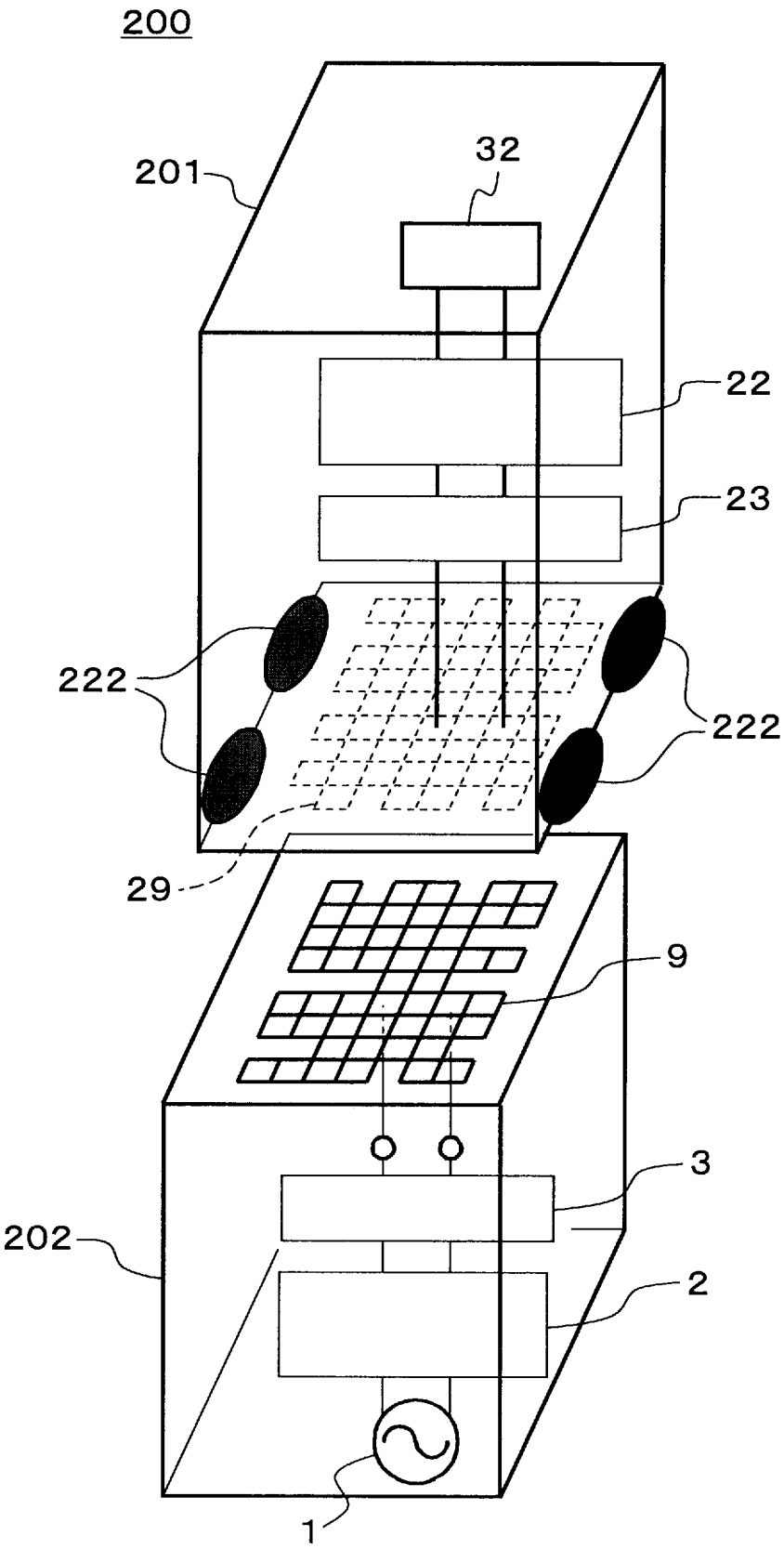
[図10]


始め
S2001
受信電力あり？
No
Yes
リアクタンス制御方向→‘＋’
S2002
特性インピーダンス制御方向→‘＋’
S2003
アンテナ受信電力測定：Par1
S2004
1ステップリアクタンス制御
S2005
アンテナ受信電力測定：Par2
S2006
S2007
Par2≧Par1？
No
S2008
リアクタンス
制御方向反転
Yes
受信機負荷回路受信電力変調
S2009
受信機負荷回路受信電力測定：Plr1
S2010
1ステップ特性インピーダンス制御
S2011
受信機負荷回路受信電力測定：Plr2
S2012
S2013
Plr2≧Plr1？
No
S2014
特性インピーダンス
制御方向反転
Yes

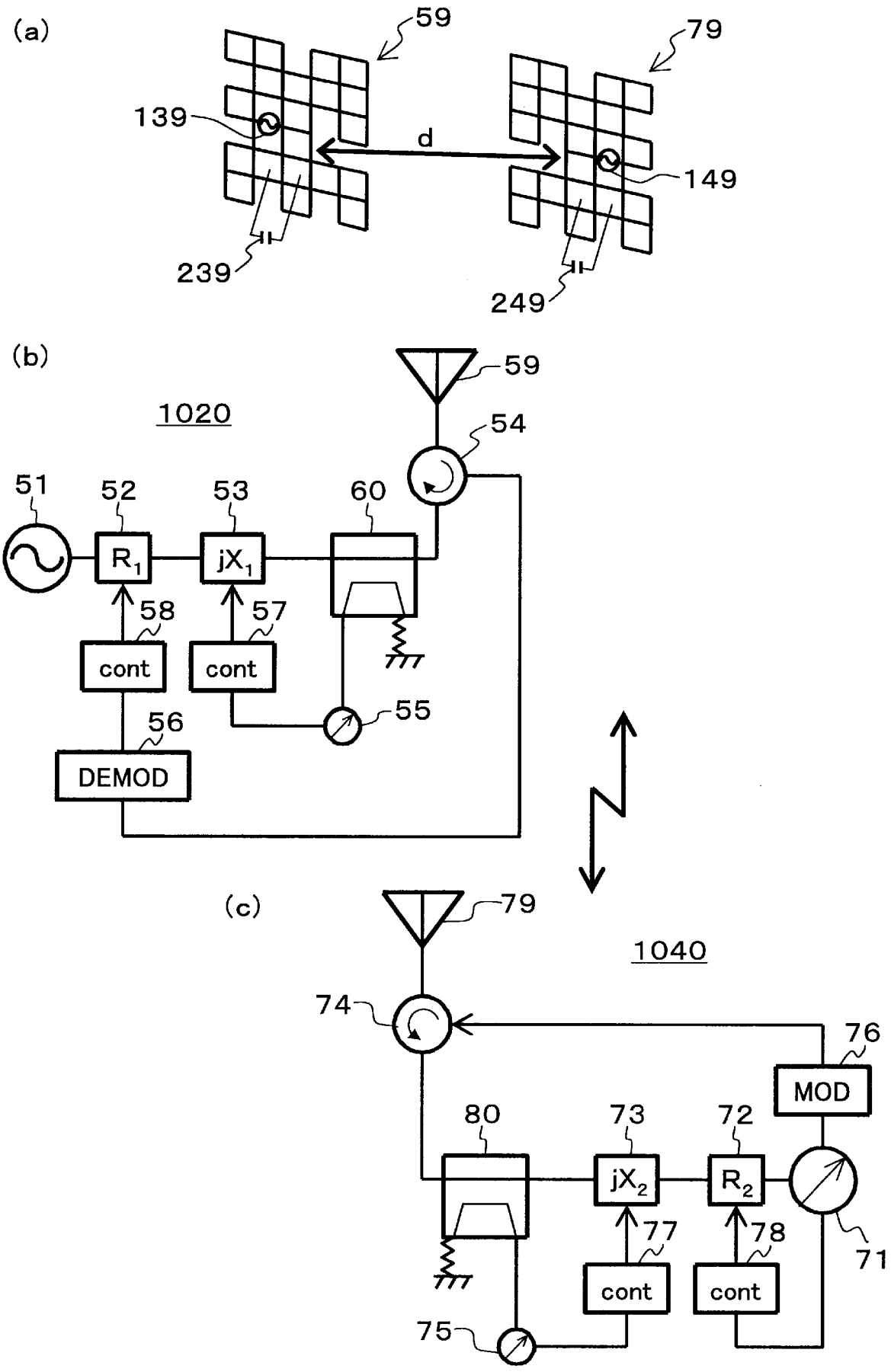
[図11]


(a)
100
110
110
101
(b)
110
111
21
22
23
29
(c)
9
可変リアクタンス回路
3
特性インピーダンス
可変変換回路
2
1

[図12]

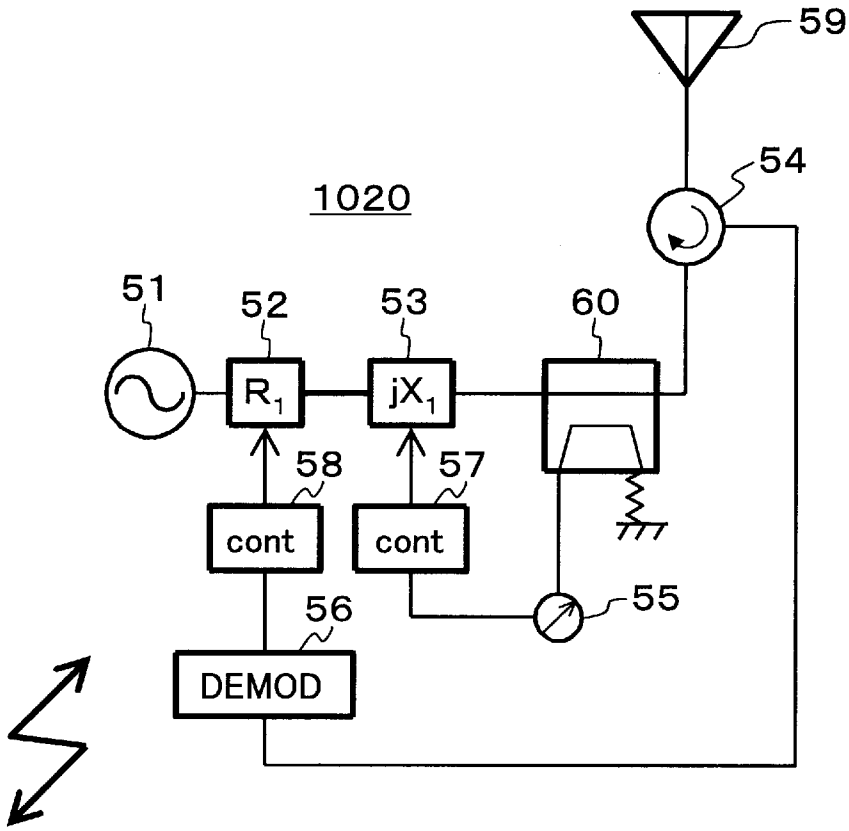


[図13]

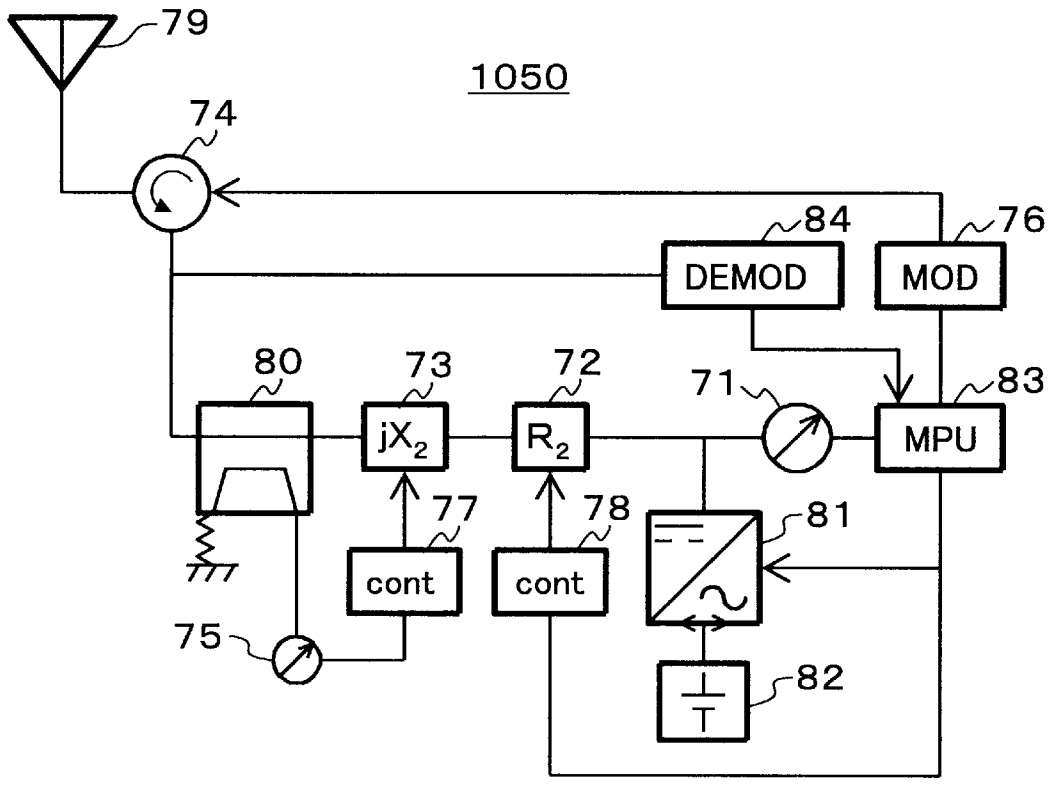

(a)
59
79
139
d
149
239
249
(b)
59
1020
54
51
52
53
60
R1
jX1
58
57
cont
cont
55
56
DEMOD
(c)
79
1040
74
76
MOD
80
73
72
jX2
R2
77
78
71
cont
cont
75

[図14]

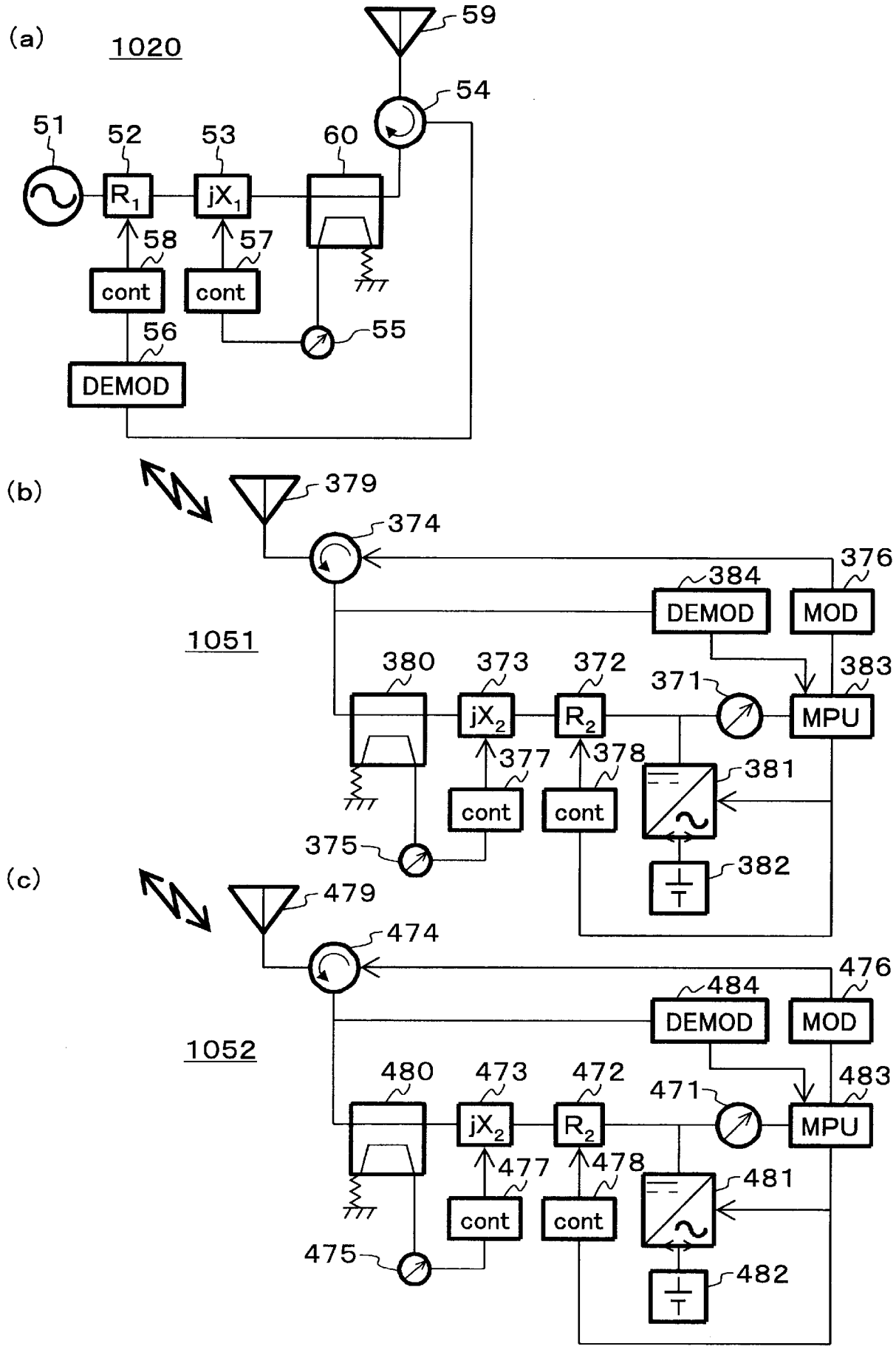
(a)


59
54
1020
51
52
53
60
R1
jX1
58
57
cont
cont
55
56
DEMOD

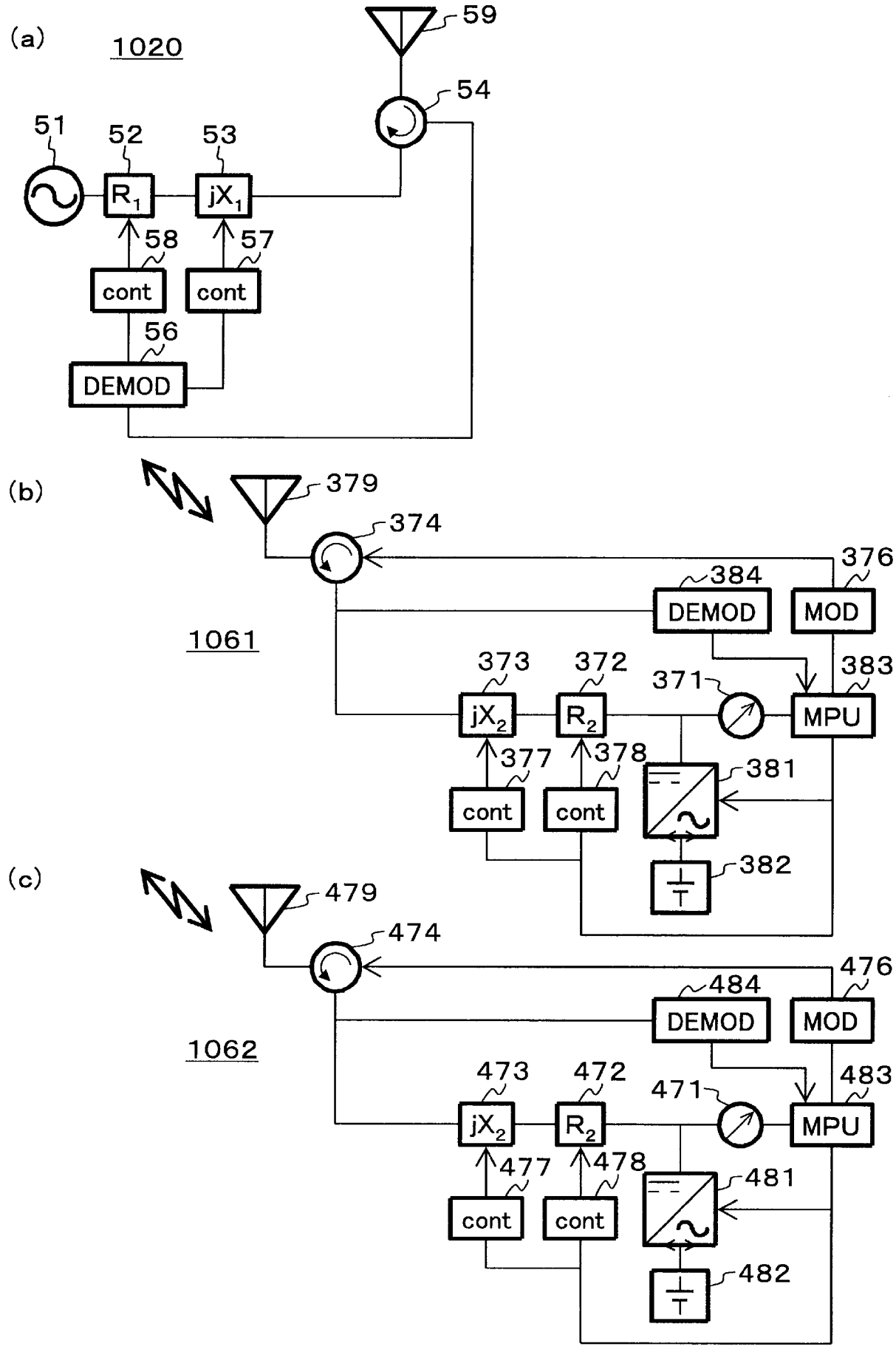
(b)


79
1050
74
84
76
DEMOD
MOD
80
73
72
71
83
jX2
R2
MPU
77
78
81
cont
cont
75
82

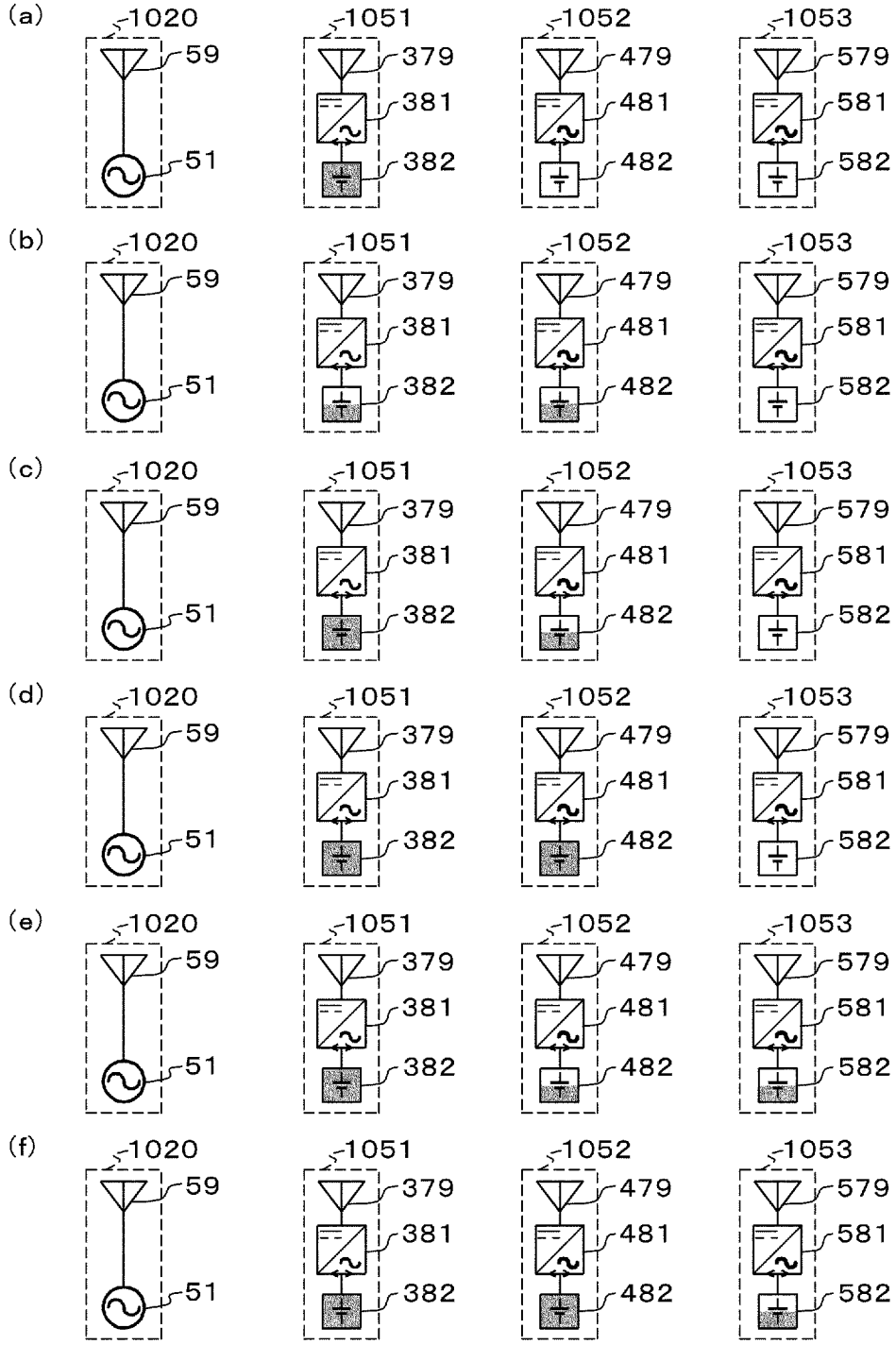
[図15]


(a)
1020
59
54
51
52
53
60
R1
jX1
58
57
cont
cont
56
55
DEMOD
(b)
379
374
376
384
DEMOD
MOD
1051
380
373
372
371
383
jX2
R2
MPU
377
378
381
cont
cont
375
382
(c)
479
474
476
484
DEMOD
MOD
1052
480
473
472
471
483
jX2
R2
MPU
477
478
481
cont
cont
475
482

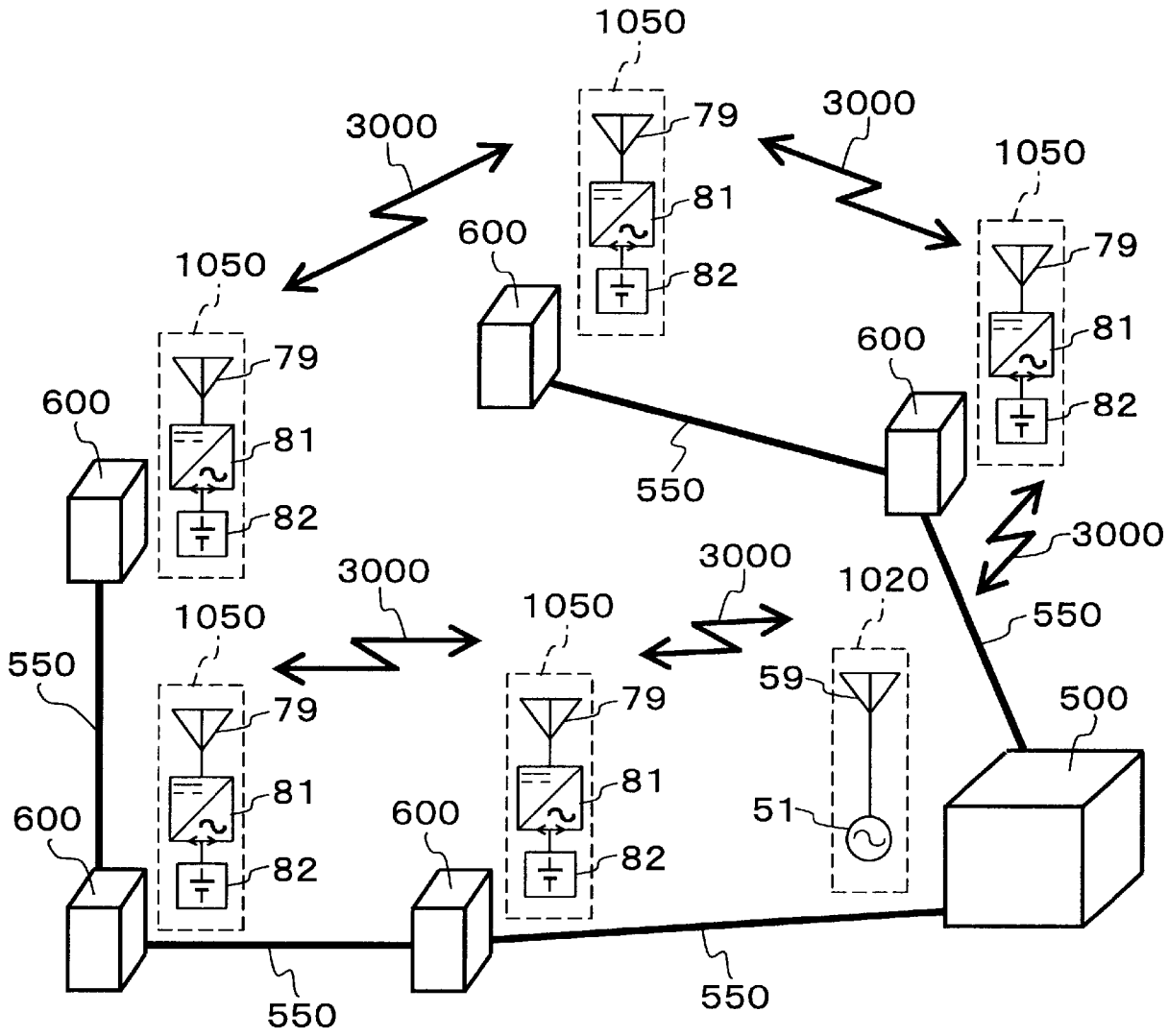
[図16]


(a)
1020
59
54
51
52
53
R1
jX1
58
57
cont
cont
56
DEMOD
(b)
379
374
376
384
DEMOD
MOD
1061
373
372
371
383
jX2
R2
MPU
377
378
381
cont
cont
382
(c)
479
474
476
484
DEMOD
MOD
1062
473
472
471
483
jX2
R2
MPU
477
478
481
cont
cont
482

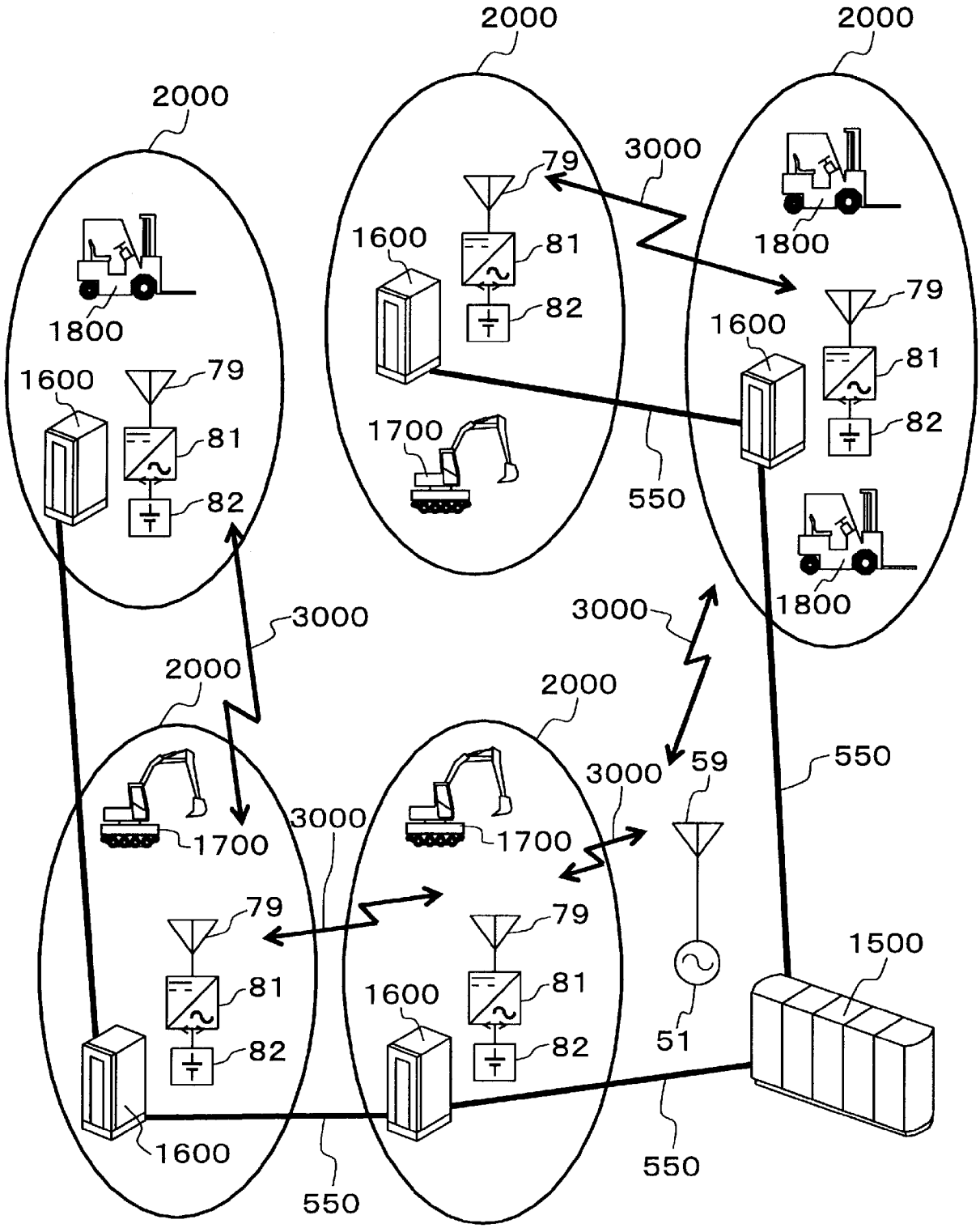
[図17]


(a)
1020
59
51
1051
379
381
382
1052
479
481
482
1053
579
581
582
(b)
1020
59
51
1051
379
381
382
1052
479
481
482
1053
579
581
582
(c)
1020
59
51
1051
379
381
382
1052
479
481
482
1053
579
581
582
(d)
1020
59
51
1051
379
381
382
1052
479
481
482
1053
579
581
582
(e)
1020
59
51
1051
379
381
382
1052
479
481
482
1053
579
581
582
(f)
1020
59
51
1051
379
381
382
1052
479
481
482
1053
579
581
582

[図18]



[図19]


2000
2000
2000
2000
2000
3000
3000
3000
3000
3000
79
81
82
1600
1700
1800
550
59
51
1500

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2012/066266

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
H02J17/00(2006.01)i

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)
H02J17/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2012
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2012	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2012

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2012-60807 A (Toyota Motor Corp.), 22 March 2012 (22.03.2012), entire text; all drawings (Family: none)	1-19
A	WO 2011/042974 A1 (Hitachi, Ltd.), 14 April 2011 (14.04.2011), paragraphs [0018] to [0027], [0063] to [0064] (Family: none)	1-19
A	JP 2010-141977 A (Toyota Industries Corp.), 24 June 2010 (24.06.2010), paragraph [0010] & EP 2357717 A1 & WO 2010/067763 A1 & CN 102239622 A & KR 10-2011-0081886 A	1-19

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family 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 application or patent 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	Date of mailing of the international search report
19 July, 2012 (19.07.12)	31 July, 2012 (31.07.12)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office Facsimile No.	Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2012/066266

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2011-50140 A (Sony Corp.), 10 March 2011 (10.03.2011), entire text; all drawings & US 2011/0049995 A1 & EP 2290782 A2 & CN 102005827 A & TW 201112628 A	1-19
A	WO 2012/073349 A1 (Toyota Motor Corp.), 07 June 2012 (07.06.2012), entire text; all drawings (Family: none)	1-19

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１２／０６６２６６

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　H02J17/00(2006.01)i

Ｂ．　調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　H02J17/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	１９２２－１９９６年
日本国公開実用新案公報	１９７１－２０１２年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１２年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１２年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

Ｃ．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
Ａ	JP 2012-60807 A（トヨタ自動車株式会社）2012.03.22, 全文、全図（ファミリーなし）	１－１９
Ａ	WO 2011/042974 A1（株式会社日立製作所）2011.04.14, [0018]-[0027]、[0063]-[0064]（ファミリーなし）	１－１９
Ａ	JP 2010-141977 A（株式会社豊田自動織機）2010.06.24, ［００１０］ & EP 2357717 A1 & WO 2010/067763 A1 & CN 102239622 A & KR 10-2011-0081886 A	１－１９
Ａ	JP 2011-50140 A（ソニー株式会社）2011.03.10, 全文、全図 & US 2011/0049995 A1 & EP 2290782 A2 & CN 102005827 A & TW 201112628	１－１９

☑　Ｃ欄の続きにも文献が列挙されている。　　☐　パテントファミリーに関する別紙を参照。

＊　引用文献のカテゴリー
「Ａ」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「Ｅ」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「Ｌ」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「Ｏ」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「Ｐ」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献
「Ｔ」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「Ｘ」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Ｙ」特に関連のある文献であって、当該文献と他の１以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「＆」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日 １９．０７．２０１２	国際調査報告の発送日 ３１．０７．２０１２
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ） 郵便番号１００－８９１５ 東京都千代田区霞が関三丁目４番３号	特許庁審査官（権限のある職員）　５Ｔ　９３８４ 吉田　美彦 電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３５６８

Ｃ（続き）．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
Ａ	A WO 2012/073349 A1（トヨタ自動車株式会社）2012.06.07，全文、全図（ファミリーなし）	１－１９