

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号
特許第6526644号
(P6526644)

(45) 発行日 令和1年6月5日 (2019. 6. 5)

(24) 登録日 令和1年5月17日 (2019. 5. 17)

(51) Int. Cl.

F I

HO 2 J 50/12 (2016. 01)

HO 2 J 50/80 (2016. 01)

HO 4 B 5/02 (2006. 01)

HO 2 J 50/12

HO 2 J 50/80

HO 4 B 5/02

請求項の数 51 (全 31 頁)

(21) 出願番号	特願2016-520630 (P2016-520630)	(73) 特許権者	518116433
(86) (22) 出願日	平成26年10月16日 (2014. 10. 16)		フィリップス アイピー ベンチャーズ
(65) 公表番号	特表2016-535569 (P2016-535569A)		ビー ヴィ
(43) 公表日	平成28年11月10日 (2016. 11. 10)		オランダ国 5 6 5 6 アーエー アイン
(86) 国際出願番号	PCT/US2014/060828		ドーフエン ハイテック キャンパス 5
(87) 国際公開番号	W02015/057923	(74) 代理人	110001690
(87) 国際公開日	平成27年4月23日 (2015. 4. 23)		特許業務法人M&Sパートナーズ
審査請求日	平成29年10月16日 (2017. 10. 16)	(74) 代理人	100122769
(31) 優先権主張番号	14/056, 294		弁理士 笛田 秀仙
(32) 優先日	平成25年10月17日 (2013. 10. 17)	(72) 発明者	ジョシュア ビー. テイラー
(33) 優先権主張国	米国 (US)		アメリカ合衆国, ミシガン 4 9 3 4 1,
			ロックフォード, シンプルウィード レー
			ン ノース イースト 6 5 3 7

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 無線電力通信

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

無線電力供給源から無線電力を受信するための遠隔デバイスであって、該遠隔デバイスは、

誘導結合を通して前記無線電力供給源から電力を受信することができる適応電力レシーバであって、前記適応電力レシーバは、第 1 のモードに構築可能、および、第 2 のモードに構築可能である、適応電力レシーバと、

前記適応電力レシーバにおいて生成された電力を受信するための負荷であって、前記第 1 のモードにおいて、前記適応電力レシーバは前記無線電力供給源から受信したエネルギーを格納することができ、前記第 2 のモードにおいて、前記適応電力レシーバは前記格納されたエネルギーを前記負荷に開放する、負荷と、

前記適応電力レシーバに結合して動作するコントローラであって、該コントローラは、前記第 1 のモードと前記第 2 のモードとの間で前記適応電力レシーバを選択的に構成することによって、前記無線電力供給源から受信した電力をコントロールすることができる、コントローラと、

を具備し、

前記コントローラは、前記無線電力供給源と通信するために、ビット・タイムにわたり、前記第 2 のモードに関して前記第 1 のモードのデューティ・サイクルをコントロールすることによって、前記適応電力レシーバによって受信された電力をコントロールし、

前記デューティ・サイクルを増加することは、前記適応電力レシーバが前記第 1 のモー

10

20

ドにある時間の期間を増やし、

前記デューティ・サイクルを減少することは、前記適応電力レシーバが前記第 1 のモードにある時間の期間を減らし、

前記コントローラは、前記デューティ・サイクルを前記遠隔デバイスのインピーダンスをシフトするために 2 つの値の間で選択的に調節することによって前記無線電力供給源に通信することができ、

前記デューティ・サイクルを 2 つの値の間で調節することは、前記デューティ・サイクルを 1 つ以上の中間のデューティ・サイクル値の間で調節することを含む、

遠隔デバイス。

【請求項 2】

10

前記第 1 のモードは、高 Q モードであり、前記第 2 のモードは、低 Q モードである、請求項 1 に記載の遠隔デバイス。

【請求項 3】

前記コントローラは、前記適応電力レシーバの有効 Q を閾値の上に、または、下に維持するために、前記適応電力レシーバが前記高 Q モードにある期間をコントロールし、それによって、前記無線電力供給源と前記遠隔デバイスとの間の電力伝送の効率を改善する、請求項 2 に記載の遠隔デバイス。

【請求項 4】

前記適応電力レシーバは、受信した電力を調整すること、および、適応電力レシーバを前記第 1 のモードと前記第 2 のモードとの間でスイッチすることの両方が可能である適応 20
コントロール回路を含む、請求項 1 に記載の遠隔デバイス。

【請求項 5】

前記 1 つ以上の中間のデューティ・サイクル・ステップの数とサイズは、前記通信においてリングングを減少させるように選択される、請求項 1 に記載の遠隔デバイス。

【請求項 6】

前記 1 つ以上の中間のデューティ・サイクル・ステップの数とサイズは、ゼロ・ビット減衰を減少させるように選択される、請求項 1 に記載の遠隔デバイス。

【請求項 7】

前記 1 つ以上の中間のデューティ・サイクル・ステップの数とサイズは、前記ビット・タイムの部分の間、一定のデューティ・サイクルを生成するように選択される、請求項 1 30
に記載の遠隔デバイス。

【請求項 8】

前記 1 つ以上の中間のデューティ・サイクル・ステップの数とサイズは、全ビット・タイムの間、種々のデューティ・サイクルを生じるように選択される、請求項 1 に記載の遠隔デバイス。

【請求項 9】

前記第 1 のモードは高共鳴であり、前記第 2 のモードは、共鳴である、請求項 1 に記載の遠隔デバイス。

【請求項 10】

誘導結合を通して前記無線電力供給源から電力を受信することができる補助レシーバを更に備え、前記第 1 のモードにおいて、前記適応電力レシーバは、前記負荷に直接電力を提供することをバイパスし、前記第 2 のモードにおいて、前記適応電力レシーバは、前記負荷に直接電力を提供する、請求項 1 に記載の遠隔デバイス。 40

【請求項 11】

前記適応電力レシーバは前記第 1 のモードにおいて、前記第 2 のモードに比較して等価直列抵抗を減少した、請求項 1 に記載の遠隔デバイス。

【請求項 12】

前記適応電力レシーバは、前記無線電力供給源と誘導的に結合することができる単一のインダクタを含む、請求項 1 に記載の遠隔デバイス。

【請求項 13】

50

遠隔デバイスにおいて無線電力供給源から受信される電力をコントロールするための方法であって、該方法は、

前記無線電力供給源で誘導結合を介して適応電力レシーバにおいて電力を受信するステップと、

前記適応電力レシーバを選択的に第1のモードに構成するステップであって、該第1のモードにおいて、前記適応電力レシーバは、無線電力供給源から受信したエネルギーを格納することができる、ステップと、

前記適応電力レシーバを選択的に第2のモードに構成するステップであって、該第2のモードにおいて、適応電力レシーバは、格納されたエネルギーを負荷に開放する、ステップと、

前記適応電力レシーバによって受信された電力の量を制御するために第1のデューティ・サイクルにおいて前記第1のモードと前記第2のモードとの間で循環するステップと、

前記適応電力レシーバによって受信された電力の量を制御するために第2のデューティ・サイクルにおいて前記第1のモードと前記第2のモードとの間で循環するステップと、

前記無線電力供給源と通信するために、前記第1のデューティ・サイクルにおける前記第1のモードと前記第2のモードとの間での循環、および、第2のデューティ・サイクルにおける前記第1のモードと前記第2のモードとの間での循環の間に移行するステップであって、前記移行するステップは、1つ以上の中間のデューティ・サイクルにおける前記第1のモードと前記第2のモードとの間での循環を含み、前記中間のデューティ・サイクルは、前記第1のデューティ・サイクルと前記第2のデューティ・サイクルとの間にある、ステップと、

を具備する方法。

【請求項14】

前記第1のモードは、高Qモードであり、前記第2のモードは、低Qモードである、請求項13に記載の方法。

【請求項15】

前記適応電力レシーバの有効Qを閾値の上に、または、下に維持するために、前記適応電力レシーバが前記高Qモードにある期間をコントロールするステップを含み、それによって、前記無線電力供給源と前記遠隔デバイスとの間の電力伝送の効率を改善する、請求項14に記載の方法。

【請求項16】

前記1つ以上の中間のデューティ・サイクル・ステップの数とサイズは、前記通信においてリングングを減少させるように選択される、請求項13に記載の方法。

【請求項17】

前記1つ以上の中間のデューティ・サイクル・ステップの数とサイズは、ゼロ・ビット減衰を減少させるように選択される、請求項13に記載の方法。

【請求項18】

無線電力供給源から遠隔デバイスに無線電力を伝送し、該遠隔デバイスから該無線電力供給源に通信するための無線電力システムであって、前記無線電力システムは、

ワイヤレス電力供給源から誘導結合を通して電力を受信することができる適応電力レシーバであって、前記適応電力レシーバは、第1のモードに構成可能、および、第2のモードに構成可能である、適応電力レシーバ、

前記適応電力レシーバにおいて生成された電力を受信するための負荷であって、前記第1のモードにおいて、前記適応電力レシーバは、無線電力供給源から受信したエネルギーを格納することができ、前記第2のモードにおいて、前記適応電力レシーバは、前記格納されたエネルギーを前記負荷に開放する、負荷、および、

前記適応電力レシーバに結合して動作するコントローラであって、該コントローラは、前記第1のモードと前記第2のモードとの間で適応電力レシーバを選択的に構成することによって、前記無線電力供給源から受信した電力をコントロールすることができる、コントローラ、

10

20

30

40

50

を含む遠隔デバイスであって、

前記コントローラは、前記無線電力供給源と通信するために、ビット・タイムにわたり、前記第 2 のモードに関して前記第 1 のモードのデューティ・サイクルをコントロールすることによって、前記適応電力レシーバによって受信された電力をコントロールし、前記デューティ・サイクルを増加することは、前記適応電力レシーバが前記第 1 のモードにある時間の期間を増やし、前記デューティ・サイクルを減少することは、前記適応電力レシーバが前記第 1 のモードにある時間の期間を減らし、

前記コントローラは、前記デューティ・サイクルを前記遠隔デバイスのインピーダンスをシフトするために 2 つの値の間で選択的に調節することによって前記無線電力供給源に通信することができ、前記デューティ・サイクルを 2 つの値の間で調節することは、前記デューティ・サイクルを 1 つ以上の中間のデューティ・サイクル値の間で調節することを含む、

遠隔デバイスと、

無線電力を前記遠隔デバイスに送信することができる無線電力トランスミッタと、
を具備する無線電力システム。

【請求項 19】

前記デューティ・サイクルを前記遠隔デバイスのインピーダンスをシフトするために 2 つの値の間で選択的に調節することによって前記通信においてリングングを減少させるように構成され、前記デューティ・サイクルを 2 つの値の間で調節することは、前記デューティ・サイクルを 1 つ以上の中間のデューティ・サイクル値の間で調節することを含み、前記デューティ・サイクルは、少なくとも前記ビット・タイムの一部の間一定に保たれる、請求項 18 に記載の無線電力システム。

【請求項 20】

前記デューティ・サイクルを前記遠隔デバイスのインピーダンスをシフトするために 2 つの値の間で選択的に調節することによって前記通信においてリングングを減少させるように構成され、前記デューティ・サイクルを 2 つの値の間で調節することは、前記デューティ・サイクルを 1 つ以上の中間のデューティ・サイクル値の間で調節することを含み、前記デューティ・サイクルは、前記ビット・タイムの実質的に全部にわたって変化する、請求項 18 に記載の無線電力システム。

【請求項 21】

前記 2 つの値の間の実質的に途中のデューティ・サイクルにおいて、前記ビット・タイムを始め、終わるように構成される、請求項 18 に記載の無線電力システム。

【請求項 22】

前記 1 つ以上の中間のデューティ・サイクル・ステップの数とサイズは、ゼロ・ビット減衰を減少させるように選択される、請求項 18 に記載の無線電力システム。

【請求項 23】

無線電力供給源から無線電力を受信するための遠隔デバイスであって、該遠隔デバイスは、

誘導結合を通して前記無線電力供給源から電力を受信することができる適応電力レシーバであって、前記適応電力レシーバは、第 1 のモードに構築可能、および、第 2 のモードに構築可能である、適応電力レシーバと、

前記適応電力レシーバにおいて生成された電力を受信するための負荷であって、前記第 1 のモードにおいて、前記適応電力レシーバは前記無線電力供給源から受信したエネルギーを格納することができ、前記第 2 のモードにおいて、前記適応電力レシーバは前記格納されたエネルギーを前記負荷に開放する、負荷と、

前記適応電力レシーバに結合して動作するコントローラであって、該コントローラは、前記第 1 のモードと前記第 2 のモードとの間でスイッチすることによって、情報を前記無線電力供給源に通信するように構成されている、コントローラと、

を具備する、遠隔デバイス。

【請求項 24】

前記コントローラは、前記第 1 のモードと前記第 2 のモードとの間で前記適応電力レシーバを選択的に構成することによって、前記無線電力供給源から受信した電力をコントロールすることができる、請求項 2 3 に記載の遠隔デバイス。

【請求項 2 5】

前記無線電力供給源に通信される前記情報の各ビットは、前記第 1 のモードと前記第 2 のモードとの間の複数の移行によって表される、請求項 2 3 に記載の遠隔デバイス。

【請求項 2 6】

前記コントローラは、ビット・タイムにわたり、前記第 2 のモードに関して前記第 1 のモードのデューティ・サイクルをコントロールし、

前記デューティ・サイクルを増加することは、前記適応電力レシーバが前記第 1 のモードにある時間の期間を増やし、

前記デューティ・サイクルを減少することは、前記適応電力レシーバが前記第 1 のモードにある時間の期間を減らし、

前記コントローラは、前記デューティ・サイクルを前記遠隔デバイスのインピーダンスをシフトするために 2 つの値の間で選択的に調節することによって前記無線電力供給源に通信することができ、

前記デューティ・サイクルを 2 つの値の間で調節することは、前記デューティ・サイクルを 1 つ以上の中間のデューティ・サイクル値の間で調節することを含む、

請求項 2 5 に記載の遠隔デバイス。

【請求項 2 7】

前記 1 つ以上の中間のデューティ・サイクル・ステップの数とサイズは、前記通信においてリングングを減少させるように選択される、請求項 2 6 に記載の遠隔デバイス。

【請求項 2 8】

前記 1 つ以上の中間のデューティ・サイクル・ステップの数とサイズは、ゼロ・ビット減衰を減少させるように選択される、請求項 2 6 に記載の遠隔デバイス。

【請求項 2 9】

前記 1 つ以上の中間のデューティ・サイクル・ステップの数とサイズは、前記ビット・タイムの部分の間、一定のデューティ・サイクルを生成するように選択される、請求項 2 6 に記載の遠隔デバイス。

【請求項 3 0】

前記 1 つ以上の中間のデューティ・サイクル・ステップの数とサイズは、全ビット・タイムの間、種々のデューティ・サイクルを生じるように選択される、請求項 2 6 に記載の遠隔デバイス。

【請求項 3 1】

前記第 1 のモードは、高 Q モードであり、前記第 2 のモードは、低 Q モードである、請求項 2 3 に記載の遠隔デバイス。

【請求項 3 2】

前記コントローラは、前記適応電力レシーバの有効 Q を閾値の上に、または、下に維持するために、前記適応電力レシーバが前記高 Q モードにある期間をコントロールし、それによって、前記無線電力供給源と前記遠隔デバイスとの間の電力伝送の効率を改善する、請求項 3 1 に記載の遠隔デバイス。

【請求項 3 3】

前記適応電力レシーバは、受信した電力を調整すること、および、前記適応電力レシーバを前記第 1 のモードと前記第 2 のモードとの間でスイッチすることの両方が可能である適応コントロール回路を含む、請求項 2 3 に記載の遠隔デバイス。

【請求項 3 4】

前記第 1 のモードは高共鳴であり、前記第 2 のモードは共鳴である、請求項 2 3 に記載の遠隔デバイス。

【請求項 3 5】

誘導結合を通して前記無線電力供給源から電力を受信することができる補助レシーバを

10

20

30

40

50

更に備え、前記第 1 のモードにおいて、前記適応電力レシーバは、前記負荷に直接電力を提供することをバイパスし、前記第 2 のモードにおいて、前記適応電力レシーバは、前記負荷に直接電力を提供する、請求項 2 3 に記載の遠隔デバイス。

【請求項 3 6】

前記適応電力レシーバは前記第 1 のモードにおいて、前記第 2 のモードに比較して等価直列抵抗を減少した、請求項 2 3 に記載の遠隔デバイス。

【請求項 3 7】

前記適応電力レシーバは、前記無線電力供給源と誘導的に結合することができる単一のインダクタを含む、請求項 2 3 に記載の遠隔デバイス。

【請求項 3 8】

遠隔デバイスにおいて無線電力供給源から受信される電力をコントロールするための方法であって、該方法は、

前記無線電力供給源との誘導結合を介して適応電力レシーバにおいて電力を受信するステップと、

前記適応電力レシーバを選択的に第 1 のモードに構成するステップであって、該第 1 のモードにおいて、前記適応電力レシーバは、無線電力供給源から受信したエネルギーを格納することができる、ステップと、

前記適応電力レシーバを選択的に第 2 のモードに構成するステップであって、該第 2 のモードにおいて、前記適応電力レシーバは、格納されたエネルギーを負荷に開放する、ステップと、

前記第 1 のモードと前記第 2 のモードとの間でスイッチして情報を前記無線電力供給源に通信するステップと、

を具備する、方法。

【請求項 3 9】

前記無線電力供給源に通信される前記情報の各ビットに対し前記第 1 のモードと前記第 2 のモードとの間で複数回スイッチするステップを含む、請求項 3 8 に記載の方法。

【請求項 4 0】

前記適応電力レシーバによって受信された電力の量を制御するために第 1 のデューティ・サイクルにおいて前記第 1 のモードと前記第 2 のモードとの間で循環するステップと、

前記適応電力レシーバによって受信された電力の量を制御するために第 2 のデューティ・サイクルにおいて前記第 1 のモードと前記第 2 のモードとの間で循環するステップと、

前記情報を前記無線電力供給源に通信するために、前記第 1 のデューティ・サイクルにおける前記第 1 のモードと前記第 2 のモードとの間での循環、および、第 2 のデューティ・サイクルにおける前記第 1 のモードと前記第 2 のモードとの間での循環の間に移行するステップであって、前記移行するステップは、1 つ以上の中間のデューティ・サイクルにおける前記第 1 のモードと前記第 2 のモードとの間での循環を含み、前記中間のデューティ・サイクルは、前記第 1 のデューティ・サイクルと前記第 2 のデューティ・サイクルとの間にある、ステップと、

を具備する、請求項 3 8 に記載の方法。

【請求項 4 1】

前記 1 つ以上の中間のデューティ・サイクル・ステップの数とサイズとは、前記通信においてリングングを減少させるように選択される、請求項 4 0 に記載の方法。

【請求項 4 2】

前記 1 つ以上の中間のデューティ・サイクル・ステップの数とサイズとは、ゼロ・ビット減衰を減少させるように選択される、請求項 4 0 に記載の方法。

【請求項 4 3】

前記第 1 のモードは高 Q モードであり、前記第 2 のモードは低 Q モードである、請求項 3 8 に記載の方法。

【請求項 4 4】

前記適応電力レシーバの有効 Q を閾値の上に、または、下に維持するために、前記適応

10

20

30

40

50

電力レシーバが前記高Qモードにある期間をコントロールするステップを含み、それによって、前記無線電力供給源と前記遠隔デバイスとの間の電力伝送の効率を改善する、請求項43に記載の方法。

【請求項45】

無線電力供給源から遠隔デバイスに無線電力を伝送し、該遠隔デバイスから該無線電力供給源に通信するための無線電力システムであって、前記無線電力システムは、

誘導結合を通してワイヤレス電力供給源から電力を受信することができる適応電力レシーバであって、前記適応電力レシーバは、第1のモードに構成可能、および、第2のモードに構成可能である、適応電力レシーバ、

前記適応電力レシーバにおいて生成された電力を受信するための負荷であって、前記第1のモードにおいて、前記適応電力レシーバは、前記無線電力供給源から受信したエネルギーを格納することができ、前記第2のモードにおいて、前記適応電力レシーバは、前記格納されたエネルギーを前記負荷に開放する、負荷、および、

前記適応電力レシーバに結合して動作するコントローラであって、該コントローラは、前記第1のモードと前記第2のモードとの間でスイッチすることによって、情報を前記無線電力供給源に通信するように構成されている、コントローラ、

を含む遠隔デバイスと、

無線電力を前記遠隔デバイスに送信することができる無線電力トランスミッタと、
を具備する、無線電力システム。

【請求項46】

前記遠隔デバイスの前記コントローラは、前記第1のモードと前記第2のモードとの間で前記適応電力レシーバを選択的に構成することによって、前記無線電力供給源から受信した電力をコントロールすることができる、請求項45に記載の無線電力システム。

【請求項47】

前記コントローラは、ビット・タイムにわたり、前記第2のモードに関して前記第1のモードのデューティ・サイクルをコントロールし、前記デューティ・サイクルを増加することは、前記適応電力レシーバが前記第1のモードにある時間の期間を増やし、前記デューティ・サイクルを減少することは、前記適応電力レシーバが前記第1のモードにある時間の期間を減らし、

前記コントローラは、前記デューティ・サイクルを前記遠隔デバイスのインピーダンスをシフトするために2つの値の間で選択的に調節することによって前記無線電力供給源に通信することができ、前記デューティ・サイクルを2つの値の間で調節することは、前記デューティ・サイクルを1つ以上の中間のデューティ・サイクル値の間で調節することを含む、

請求項45に記載の無線電力システム。

【請求項48】

前記遠隔デバイスの前記コントローラは、前記デューティ・サイクルを前記遠隔デバイスのインピーダンスをシフトするために2つの値の間で選択的に調節することによって前記通信においてリングングを減少させるように構成され、前記デューティ・サイクルを2つの値の間で調節することは、前記デューティ・サイクルを1つ以上の中間のデューティ・サイクル値の間で調節することを含み、前記デューティ・サイクルは、少なくとも前記ビット・タイムの一部の間一定に保たれる、請求項47に記載の無線電力システム。

【請求項49】

前記遠隔デバイスの前記コントローラは、前記デューティ・サイクルを前記遠隔デバイスのインピーダンスをシフトするために2つの値の間で選択的に調節することによって前記通信においてリングングを減少させるように構成され、前記デューティ・サイクルを2つの値の間で調節することは、前記デューティ・サイクルを1つ以上の中間のデューティ・サイクル値の間で調節することを含み、前記デューティ・サイクルは、前記ビット・タイムの実質的に全部にわたって変化する、請求項47に記載の無線電力システム。

【請求項50】

前記 2 つの値の間の実質的に途中のデューティ・サイクルにおいて、前記ビット・タイムを始め、終わるように構成される、請求項 4 7 に記載の無線電力システム。

【請求項 5 1】

前記 1 つ以上の中間のデューティ・サイクル・ステップの数とサイズは、ゼロ・ビット減衰を減少させるように選択される、請求項 4 7 に記載の無線電力システム。

【発明の詳細な説明】

【背景技術】

【0001】

本願発明は、無線電力伝送に関するものである。

【0002】

無線電力供給システムは、電力を、直接の電氣的接続の必要なく、携帯デバイスなど電子デバイスに伝送することを可能とする。無線電力伝送は、インダクタを使用して達成することができ、それは、電流がそれを通して流れるときに磁場を生成する。反対に、電流が、別のインダクタによって生成される磁場などの、磁場の存在において、インダクタ中に誘導されることがあり得る。2つのインダクタが近傍に配置され、1つのインダクタが、電流で駆動されるならば、たとえ2つのインダクタが直結されていないとしても、他のインダクタは、電流を生成する。2つのインダクタの間の、この相互関係は、一般に、誘導結合と呼ばれ、多くが、電氣的接続なしで電力を転送するために、この現象を使用してきた。

【0003】

実際、無線電力伝送の基本的原理の多くが、100年、または、それ以上既知であったものである。無線電力伝送の父と広く考えられているニコラ・テスラは、1893年もの早くに、電球に無線で電力供給するシステムをデモしたことで有名である。テスラは、この分野での研究開発を遂行するのに長年を費やし、無線電力伝送に関係した特許の顕著なポートフォリオを蓄積した。無線電力に対する関心が復活しているように見えるように、彼の初期の発明のいくつかは、今日、無線電力システムを開発している人々によって使用されている。例えば、テスラへの米国特許第649621号および第68012号は、主コイルと二次コイルとの間の誘導電力伝送は、発振を拡大し、主コイルと二次コイルとの間で電力を通信するための「共鳴コイル」として機能する中間コイルの追加セットを組み込むことによって改良することができることを開示する。より詳細には、主ユニットは、協働して電力を二次ユニットへ送信するコイルのペアを含み、そして、二次ユニットは電力を受信するコイルのペアを含む。主ユニットは、直接電力供給されたコイルに誘導的に結合される共鳴コイルと並んで、電力源に電氣的に接続し、その電力源から直接に電力を受信する主コイルを含む。共鳴コイルは、主コイルから誘導的に電力を受信し、発振を拡大し、そして、二次ユニットへ電力を通信する電磁場を生成する。テスラは、また、共鳴コイルと組合せて使用されるキャパシタンスは、共鳴コイルそれ自体よりさらに大きな発振を生成することができることを示した。二次ユニットは、主ユニット共鳴コイルによって生成される電磁場を受ける別の共鳴コイル、および、二次負荷へ直接電力を送信する二次共鳴コイルに誘導結合する二次コイルを含む。したがって、分かるように、改善されたパフォーマンスで、誘導結合を提供する中間のコイルの分離したセットを使用するコンセプトが、1世紀以上の間、知られていた。

【0004】

無線電力伝送の基本コンセプトは、長年、存在していたけれども、比較的最近になって、この技術への関心が復活し、そして、実用的で効率的な無線電力伝送システムをインプリメントするために、広範囲にわたる努力がなされている。効率的なシステムの開発を複雑化する種々のファクタが存在する。例えば、動作特性（すなわち、システムが動作している下での状態）は、パワー伝達の品質と効率とに顕著なインパクトを有することができる。相互インダクタンスは、また、主ユニットと二次ユニットとの間のパワー伝達の効率にインパクトを有することができる。相互インダクタンスは、主ユニットと二次ユニットとの間の距離を含むいくつかの回路のパラメータに依存する。主ユニットと二次ユニットと

10

20

30

40

50

の間の距離が最小にされると、相互インダクタンスは増加する。距離と相互インダクタンスとの間での、この逆の関係は、システムの動作パラメータに制限を課することができる。

【 0 0 0 5 】

誘導コイルによって駆動される共鳴コイルを利用するテスラの4コイル構造を含む過去の設計は、より大きい距離にわたって電力を伝送するために使用された。このタイプの構成は、高共鳴または磁気共鳴など種々の名前と呼ばれる。このシステムは、追加的なコイルの利用によって、負荷によって弱められない非結合共鳴状態を維持するために、いくつかの効率性を得ることができる。しかし、カプリングが強められる、あるいは、コイルが物理的に近くなるときの効率性を失うことがあり得る。

【 0 0 0 6 】

従来のソリューションも、また、高共鳴構成または緊密結合構成のどちらにおいても、誘導的結合が磁場を誘導するように追加的なコイルを使用するようになっていた。しかし、追加的なコイルが、これらの構成において使用されるとき、コストは、追加ワイヤのために増加することがあり得、サイズが、追加材料のために増加することがあり得る。効率もまた、追加的なコイルの更なる等価直列抵抗 (E S R) のために低下することがあり得る。

【 発明の概要 】

【 0 0 0 7 】

本願発明は、無線電力トランスミッタと通信するのに使用することができるワイヤレスで電力を受信するための適応電力レシーバを有する遠隔デバイスを提供する。適応電力レシーバは、無線電力トランスミッタ、または、電力受信サイクルの部分の間の供給によってエネルギーを与えられ、電力受信サイクルの部分の間に放出される。1つの実施形態において、適応電力レシーバは、このサイクルのエネルギーを与えている部分の間、すぐにエネルギーを与えられることができる高Q共鳴回路として機能するために、電氣的に負荷から分離される。適応電力レシーバは、エネルギーを与えられた適応電力レシーバからその負荷に電力を伝送する直接的な電氣的パスを提供するために、放電部分の間、負荷に電氣的に結合することができる。一般にQコントロールと呼ばれる、電力受信サイクルの放電およびエネルギーを与える期間を変化させることによって、遠隔デバイスによって受信される電力の量および負荷に供給される電力の量は、変化し得る。

【 0 0 0 8 】

遠隔デバイスは、遠隔デバイスのインピーダンスをシフトし、無線電力トランスミッタに通信する2つの異なるQコントロール・デューティ・サイクルの間のQコントロール・デューティ・サイクルを選択的に調節することができる。いくつかの実施形態において、Qコントロール・デューティ・サイクルの選択的調整は、2つの異なる別々のQコントロール・デューティ・サイクルの中間の1つ以上の中間Qコントロール・デューティ・サイクル値に対して適応することを含むことができる。

【 0 0 0 9 】

この遠隔デバイスは、負荷に供給される電力の量を制御するために、電力受信サイクルのエネルギーを与えおよび放電する期間を変化させることができるコントローラを含む。例えば、そのコントローラは、エネルギーを与える部分の期間を増やし、負荷に供給される電力を増やすために放電する部分の期間を減少することができる。Qコントロール・デューティ・サイクルは、電力が負荷に供給される時間、すなわち、Qコントロール F E T がオープンしているとき、電力受信サイクルの放電部分のパーセンテージで、あるいは、Qコントロール F E T がクローズであるとき、電力が負荷から分離される時間、すなわち、Qコントロール F E T とき、サイクルを受信している電力のエネルギーを与える部分のパーセンテージで、表すことができる。

【 0 0 1 0 】

1つの実施形態において、適応電力レシーバは、無線電力供給に通信するために、Qコントロールを使用することができる。Qコントロールに起因するインピーダンスにおけるシフトは、反射インピーダンスにおける変化という結果になる。反射インピーダンスにお

10

20

30

40

50

る変化は、無線電力供給において、電流または電圧の振幅の変化によって感知することができる。したがって、反射インピーダンスを変更するために、Qコントロールで電力信号を変調することにより、無線電力のレシーバは、無線電力供給と効率的に通信することができる。これは、一般に、後方散乱変調 (backscatter modulation) と呼ばれる。

【0011】

インピーダンス・シフトを使用してデータを符号化するために、後方散乱変調を使用することが可能である。本質的に、いかなる後方散乱変調符号化スキームでも、Qコントロールを使用してインプリメントすることができる。例えば、二相符号化を、「1」を示すビット・タイムの間、20%デューティ・サイクルと30%デューティ・サイクルとの間のスイッチング、および、「0」を示すビット・タイムの間、一定のデューティ・サイクルに留まることによって達成することができる。

10

【0012】

通信をするために別々のデューティ・サイクル値の間でスイッチングすることは、例えば、通信をひずませ得るリンギングなどの問題を持ち込むことがあり得る。このひずみは、デューティ・サイクル値の間での傾斜によって、減少、除去することができる。例えば、デューティ・サイクルを20%から30%に直接調節する代わりに、デューティ・サイクルを、傾斜期間にわたって、20%と30%の間に値に、一連のステップを通して調節することができる。これは、通信における歪みを減少または除去できる。遠隔デバイスの通信スキームは、デューティ・サイクルが傾斜期間の後に一定に保たれる期間を含むことも、含まないこともできる。

20

【0013】

傾斜のステップの数とサイズは、構成に依存して変化することができる。例えば、遠隔デバイスは、20%と30%の間で傾斜をつけるために、1%づつ10回でデューティ・サイクルを増加/減少させることができる。ステップのサイズは、通信信号の全体的形状をつくるのを助けるために、線形、二次式、対数、あるいは、他の関数でありえる。

【0014】

傾斜をつける期間は、変化することができる。例えば、ビット・タイムの間、傾斜をつける期間は、そのビット・タイム内の移行の数に依存することができる。加えて、第1のデューティ・サイクルに傾斜するための期間は、第2のデューティ・サイクルに傾斜するための期間とは異なることができる。例えば、傾斜するための期間は、あるデューティ・サイクル値への到達を速くするか、遅延させるかを選択することができる。それによって、デューティ・サイクルは、ビット・タイムの始まり、中央、または、終わりの近くで達成されるかどうかを決定する。遅延したピークのデューティ・サイクル移行は、急速なゼロ・ビット減衰を減らすことができる。

30

【0015】

1つの実施形態において、デューティ・サイクルを第1のデューティ・サイクル値により近い中間のデューティ・サイクル値に繰り返し調整することで第1のデューティ・サイクル値に傾斜し、しばらくの間、その第1のデューティ・サイクル値を維持し、そして、デューティ・サイクルを繰り返し調整することで、第2のデューティ・サイクル値により近い第2のデューティ・サイクル値に傾斜することによって、2つのデューティ・サイクル値を、それらの間でスイッチすることができる。このプロセスを、データのビットを形成するように組織的に繰り返されることができる。例えば、二位相ビット符号化スキームは、各々のビット・タイムの始めと終わりで移行を使用する。移行がビット・タイムの中で起こるならば、そのビット・タイムは、「1」として規定される。移行がそのビット・タイムの中で起こらないならば、そのビット・タイムは、「0」として規定される。

40

【0016】

これら、および、他の本願発明の目的、利点、特徴は、現在の実施形態と図面の説明を参照することによって、より完全に理解され、認識される。

【0017】

50

本願発明の実施形態を詳細に説明する前に、本願発明は、作動の詳細または構造の詳細、および、以下の記載において述べられる、あるいは、図面において図示されるコンポーネントの構成に限定されるものではないことを理解すべきである。本願発明は、種々の他の実施形態でインプリメントすることができ、および、ここで明示的に開示されていない代替的な方法で、実用化し、あるいは、実施することができる。また、ここでの、言葉遣い、および用語は、説明の目的のためであり、制限するものであると考えられてはならないことを理解すべきである。「含む (i n c l u d i n g) 」および「備える (c o m p r i s i n g) 」やそれらの変形の使用は、追加項目とその等価物と並んで、その後リストされる項目やその等価物を包括することを意味する。さらに、列挙は、種々の実施形態の記載において、使用することができる。明示的に述べない限り、列挙の使用は、本願発明をいかなる特定の順序あるいはコンポーネントの数に制限するものであると解釈されてはならない。また、列挙の使用を、列挙されたステップまたはコンポーネントと結合することができる、いかなる追加的なステップまたはコンポーネントも本願発明の範囲から除外するものであると解釈してはならない。

10

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 8 】

【図 1】図 1 は、3 あるいは 4 コイル誘導無線電力システムを示す。

【図 2】図 2 は、適応レシーバと補助レシーバを有する遠隔デバイス概略図を示す。ここで、適応レシーバ Q コントロール F E T を通信のために使用することができる。

【図 3】図 3 は、適応レシーバを有する遠隔デバイス概略図を示す。ここで、適応レシーバ Q コントロール F E T を通信のために使用することができる。

20

【図 4】図 4 は、Q コントロール通信信号の 1 つの実施形態における 2 つのビットのグラフを示す。

【図 5】図 5 A は、クロック信号波形のグラフを示す。図 5 B は、二相符号化通信信号波形のグラフを示す。

【図 6】図 6 A は、遠隔デバイスにより受信された無線電力信号波形の上にオーバーレイされた Q コントロール・デューティ・サイクル調整のグラフを示す。図 6 B は、二相符号化通信信号のグラフを示す。

【図 7】図 7 A は、Q コントロール通信シグナルを生成するための Q コントロール・デューティ・サイクル値の種々の例示的なグラフを示す。図 7 B は、Q コントロール通信シグナルを生成するための Q コントロール・デューティ・サイクル値の種々の例示的なグラフを示す。図 7 C は、Q コントロール通信シグナルを生成するための Q コントロール・デューティ・サイクル値の種々の例示的なグラフを示す。図 7 D は、Q コントロール通信シグナルを生成するための Q コントロール・デューティ・サイクル値の種々の例示的なグラフを示す。図 7 E は、Q コントロール通信シグナルを生成するための Q コントロール・デューティ・サイクル値の種々の例示的なグラフを示す。図 7 F は、Q コントロール通信シグナルを生成するための Q コントロール・デューティ・サイクル値の種々の例示的なグラフを示す。

30

【図 8】図 8 A は、遠隔デバイスにより受信された無線電力信号の上でオーバーレイされた傾斜を有する Q コントロール調整のグラフを示す。図 8 B は、図 8 A における無線電力信号により生成された二相符号化通信信号を示す。図 8 C は、Q コントロール通信に傾斜をつけるために使用された Q コントロール・デューティ・サイクル値のグラフを示す。

40

【図 9】図 9 A は、Q コントロール通信によって生成される歪んだ通信信号波形のグラフを示す。図 9 B は、Q コントロール通信の間の無線電力トランスミッタにおけるコイル電流のグラフを示す。図 9 C は、Q コントロール通信を生成するのに用いられる Q コントロール・デューティ・サイクル値のグラフを示す。

【図 10】図 10 A は、Q コントロール通信に傾斜をつけることによって生成される改善された通信信号のグラフを示す。図 10 B は、Q コントロール通信に傾斜をつける間の無線電力トランスミッタにおけるコイル電流のグラフを示す。図 10 C は、傾斜した Q コントロール通信を生成するために使用された傾斜した Q コントロール・デューティ・サイク

50

ル値グラフを示す。

【図 1 1】図 1 1 A は、傾斜した Q コントロール通信により生成された改善された通信信号のグラフを示す。図 1 1 B は、ゼロ・ビット減衰を強調表示する傾斜する Q コントロール通信の間の無線電力トランスミッタにおけるコイル電流のグラフを示す。図 1 1 C は、傾斜した Q コントロール通信を生成するために使用された傾斜する Q コントロール・デューティ・サイクル値のグラフを示す。

【図 1 2】図 1 2 A は、遅延したピーク・デューティ・サイクル移行を有する傾斜した Q コントロール通信により生成された改善された通信信号のグラフを示す。図 1 2 B は、遅延したピーク・デューティ・サイクル移行を有する傾斜した Q コントロール通信の間の無線電力トランスミッタにおけるコイル電流のグラフを示す。図 1 2 C は、傾斜した Q コントロール通信を生成するために使用された遅延したピーク・デューティ・サイクル移行を有する傾斜した Q コントロール・デューティ・サイクル値のグラフを示す。

【発明を実施するための形態】

【0019】

本願発明の実施形態にしたがう無線電力供給システムが、図 1 に示され、10 と指定される。本願発明の実施形態にしたがう遠隔デバイスは、たとえば、遠隔デバイスが、受信する電力の量をコントロールするのを可能にするなどの柔軟な電力伝送を可能にすることができる。これは、通信するためや、負荷に適切な量の電力を提供するのに使用することができる。無線電力供給システム 10 は、無線電力を受信するように構成される遠隔デバイス 14 と、電力を伝送するように構成される無線電力供給源 12 とを含む。単一の遠隔デバイス 14 に結びついて記述されるが、本願発明は、1 つの遠隔デバイス 14 だけへの電力伝送に制限されず、例えば、順次、または、同時に電力を供給することによって複数の遠隔デバイスに電力を供給するのにも、よく適合している。遠隔デバイス 14 のうちの 1 つ以上が、この環境において、従来の遠隔デバイスであることができる。

【0020】

この遠隔デバイスは、通信するために、その電源要求を満たすために、あるいは、本質的に他のいかなる理由に対しても、それが受信する電力の量をコントロールすることができる。情報をバッテリーまたは負荷への電力供給の前またはその間に、無線電力供給源に遠隔デバイスによって通信することができる。

【0021】

本願発明は、適応共鳴コントロールの形式をインプリメントする無線電力供給システムに関連して、開示されている。とりわけ、適応共鳴コントロールは、システムが、無線電力供給源の電力供給源限界、遠隔デバイスの数、遠隔デバイスの電源特性、異物（寄生性金属）の存在および無線電力供給源の間の結合係数、遠隔デバイスやあらゆる中間コイル（例えば、角度、方向および距離）などの種々の可能な可変パラメータに適應することを可能にする。例えば、無線電力供給源は、トランスミッタの共鳴周波数、駆動信号のレール電圧、駆動信号のデューティ・サイクル、駆動信号の動作周波数または駆動信号の位相を調節することによって、その出力電力をコントロールする能力を有することができる。無線電力供給源は、遠隔デバイスの電源特性に対応して、あるいは、システムの力の伝送効率を改善するために、その出力電力を変化することができる。適応共鳴コントロールまたは Q コントロールが、バーマン（Baarmann）ほかによる 2013 年 3 月 14 日付けの国際特許出願 PCT/US13/31137 に開示されている。これは、参照により、その全体がここに組み込まれる。

【0022】

適応共鳴コントロールの部分として、各々の遠隔デバイスは、無線電力供給源から消費される電力の量をコントロールする能力がある。例えば、各々の遠隔デバイスは、本願発明の実施形態にしたがって、適応電力レシーバを含むことができる。各々の遠隔デバイスは、無線電力供給源や他の遠隔デバイスによってその遠隔デバイスに通信される情報に基づいて無線電力供給源から得られる電力の量をコントロールすることができる。通信に加えて、または、代わるものとして、遠隔デバイスは、動作パラメータを決定するのを可能に

10

20

30

40

50

するセンサを含むことができる。例えば、遠隔デバイスは、遠隔デバイスが本願システムの態様をモニターし、そして、その電力消費を調節することを可能にする電圧、電流および/または電力センサ)を含むことができる。無線電力供給がすべての遠隔デバイスに対して十分な電力を提供することができないとき、遠隔デバイスのうちの1つ以上が、その電力消費を減らすことができる。例えば、より少ない電力で動作することができる遠隔デバイスは、他の遠隔デバイスのためのより多くの電力を残すように、その電力消費を減少することができる。無線電力供給源や遠隔デバイスは、どのように電力を種々の遠隔デバイスに割り当てるかを決定することができる。適応共鳴コントロールのさらなる部分として、無線電力供給源が、(例えば、無線トランスミッタのなかの共鳴コイルあるいは、フィールド・エクステンダーにおいてなど)適応中間コイルを含むことができる。これらは、中間コイルを通して中継される電力の量をコントロールするように調整することができる。

10

【0023】

適応共鳴コントロールと結びついて、遠隔デバイスによって受信される電力の量をコントロールする能力とは別に、遠隔デバイスは、インピーダンスにおけるシフトをつくるために、受信される電力の量をコントロールすることができる。これは、通信として無線電力の供給において、感知し、復調することができる。この通信する能力は、遠隔デバイスで提供されたいかなる適応共鳴コントロールに加えるものであることができる。つまり、遠隔デバイスは、負荷への電力コントロールに対するいかなる適応共鳴も行いうことができない。そして、その代わりに、前記無線電力供給源と単に通信するだけのために受信される電力の量を制御するための能力を使用することができる。

20

【0024】

遠隔デバイス14は、携帯電話、メディア・プレーヤ、携帯ラジオ、カメラ、フラッシュ・ライト、または、本質的に、任意の他のポータブル電子デバイスなど一般的な従来の電子デバイスを含むことができる。遠隔デバイス14は、バッテリー、キャパシタまたはスーパー・キャパシタなど電気エネルギー格納デバイスを含むことができる。あるいは、それは、電気エネルギー格納デバイスなしで動くことができる。この遠隔デバイス14の基本的動作に結びついた(そして、無線電力伝送と関連していない)コンポーネントは、一般的に、従来のものであり、したがって、詳細には記述されない。その代わりに、遠隔デバイス14の基本動作に結びついたコンポーネントは、一般的に、基本負荷30と呼ばれる。例えば、携帯電話のコンテキストにおいて、バッテリーやディスプレイなど携帯電話自体に関する電子部品を記述する努力はされない。

30

【0025】

図2および図3に図示された実施形態にしたがう遠隔デバイスは、無線電力供給源から誘導によって無線電力を受信する適応電力レシーバ20を含む。図2は、適応レシーバL3および補助レシーバL4を有する遠隔デバイスを図示する。図3は、補助レシーバL4なしで適応レシーバL3を有する遠隔デバイスを図示する。遠隔デバイス14は、また、無線電力の受信をコントロールするために適応電力レシーバ20をコントロールすることができるコントローラ28を含む。図示した実施形態におけるコントローラ28は、適応電力レシーバ20を例えば、高Qモードおよび低Qモードを含む、2つ以上の動作モードの間でスイッチすることができる。モードの間でスイッチングをコントロールすることによって、コントローラ28は、適応電力レシーバ20によって受信されるエネルギーをコントロールすることができる。このコントロールは、適応共鳴コントロールまたはQコントロールの形である。

40

【0026】

図2および図3の遠隔デバイスは、動作の共鳴および非共鳴モードの両方に対して、L3の上で変調を可能にする。Qコントロール通信が両方の遠隔デバイスにおいてインプリメントされるので、従来の通信のためにコンポーネントを、取り除くことができる。これは、デバイスの製造を安くすることができる。QコントロールFETは、電力/電圧コントロール微調整および通信変調のマクロ調整の、基本的に2つの異なる率でドライブするこ

50

とができる。

【 0 0 2 7 】

図 2 におけるオプションの並列キャパシタ C d 6 8 は、共鳴周波数識別シグニチャを形成するのに使用することができる。また、電力伝送と異なる共鳴周波数においてチューンされる。この並列キャパシタは、共鳴周波数の差異によって、電力伝送の総合的な効率に対するほとんど影響を有しない。

【 0 0 2 8 】

単に Q と呼ばれることもある、Q ファクタは、共鳴器の帯域幅をその中心周波数に対して記述することができる。Q は、サイクル毎に、格納エネルギーが時間とともに一定である周波数において、信号振幅定数を保つために、発電機で供給されるエネルギーに対する共鳴器に格納されるエネルギーの比率で、規定することができる。この格納されたエネルギーは、あらゆるインダクタとキャパシタとに格納されたエネルギーの合計であり、失われたエネルギーは、サイクル毎にレジスタにおいて消失したエネルギーの合計である。レジスタは、等価直列抵抗または設計された負荷でありえる。

【 0 0 2 9 】

4 つのコイル無線電力供給レシーバにおいて、L 4 コイルは、典型的には、L 3 / C 3 が共鳴するとき、生成されるフィールドを集めるのに用いられる。L 3 / C 3 は、電氣的に絶縁されているので、その高 Q ファクタは、それが、遠隔デバイスが、より大きな距離で電力を受信することを可能にする、低い結合係数において、フィールドを生成するのを可能にする。いくつかの環境において、高 Q は、電流が、その E S R によって消失されない L 3 において誘導されることを可能にする。この誘導電流は、次に、磁場を再生、拡張、集中、継続することができる。

【 0 0 3 0 】

本願発明の描かれた実施形態において、L 4 は、回路から除去することができ、そして、L 3 / C 3 は、特定の時点に負荷から選択的に電氣的に分離され、そして、他の時点において電氣的に負荷に結合されることができる。L 3 / C 3 が電氣的に分離されたときに、生成されたエネルギーは、L 3 / C 3 を電氣的に負荷に結合することによって、集めることができる。L 3 / C 3 が、電氣的に分離される、あるいは、負荷に電氣的に結合されるような率を変化することで、負荷に届けられる電力の量をコントロールすることができる。これは、適応共鳴コントロールまたは Q コントロールの形式である。

【 0 0 3 1 】

遠隔デバイス 1 4 は、また、適応電力レシーバ 2 0 をコントロールすることができるコントローラ 2 8 を含むことができる。例えば、コントローラ 2 8 は、適応電力レシーバ 2 0 が高 Q モードまたは低 Q モードで動作しているかを選択するために、適応電力レシーバ 2 0 の 1 つ以上のスイッチに結合することができる（もっと詳細にここに記述される）。コントローラ 2 8 は、適応電力レシーバ 2 0 において受信した電力波形に従って、動作の種々のモードの間でのサイクリングをコントロールすることができる。例えば、ここで更に詳細に記述されるように、コントローラ 2 8 は、適応電力レシーバ 2 0 を電流波形の各期間の 1 つ以上の部分において高 Q モードで動作させることができ、そして、適応電力レシーバ 2 0 を各々の期間の残りに対して低 Q モードで動作させることができる。

【 0 0 3 2 】

図示された実施形態において、遠隔デバイス 1 4 は、また、適応電力レシーバ 2 0 において受信される電力を調整するために整流回路 2 2 を含む。例えば、適応電力レシーバ 2 0 からの交流電流出力を遠隔デバイス 1 4 によって使用される直流に変換する。そのような回路は、ダイオード、スイッチ、または、たとえば、ダイオード整流、半同期整流、不連続モード整流、およびフル同期整流を含む整流の 1 つ以上のモードを提供するこれらの任意の組み合わせを備えることができる。整流回路 2 2 が、同期（またはアクティブ）整流の能力がある構成において、コントローラ 2 8 または自己駆動同期整流回路は、整流をコントロールすることができる。

【 0 0 3 3 】

種々のモードの間で構成可能な適応電力レシーバ20を用いて、それは、システムが適応共鳴コントロールの形式、または、Qコントロールをインプリメントすることを可能にする。1つの実施形態において、適応共鳴の使用は、特定の時間に、負荷におけるバリエーションおよび無線電力供給源12の適応電力レシーバ20とトランスミッタ56との間のカップリングを含む広く種々の構成に対して適応するために、高共鳴適応電力レシーバ20（例えば、高Qレシーバなど）の使用を可能にすることができる。これは、以下に詳細に記載される。このコントロール方法論は、近接あるいは緊密結合（より高いk係数）構成から疎結合（より低いk係数）構成にわたる構成のための幅広いコントロールを可能とする。この方法論は、また、エネルギーを適応電力レシーバ20にある期間格納し、そして、エネルギーを遠隔デバイス14にリリースすることによって、より高い効率を可能にすることもできる。したがって、電力伝送の拡張した範囲を、適応電力レシーバ20の中での追加的ESR（等価直列抵抗）のポテンシャル消去と並んで、達成することができる。例えば、この構成を使用して、無線電力供給源から距離をおいて電力を受信することができる（例えば、負荷に接続し電氣的に絶縁した共鳴回路と共鳴回路など）2コイル・レシーバの利益は、2つのモードの間でスイッチすることができる単一のコイルで実現することができる。1つのモードは、電氣的に分離された共鳴回路として構成されるものであり、第2のモードは、共鳴回路が電氣的に負荷に結合されたものである。2つのモードの間でのスイッチングが、電力受信サイクルの中で実行されるとき、この利益は強化されることができる。つまり、適応電力レシーバにおける電流波形のサイクルにつき1回より多いスイッチングである。

【0034】

次に、図3をみると、本願発明の1つの実施形態による遠隔デバイス14が、示される。図3は、適応電力レシーバ回路を有する遠隔デバイスの1つの実施形態を示す。作動において、マイクロプロセッサは、初期化アルゴリズムを有することができる。格納素子からの十分なフィールドまたはエネルギーをマイクロプロセッサをオンにし、そして、QコントロールFETを動作させるのに使用することができる。QコントロールFETを、L3/C3を電氣的に分離された共鳴回路とするために動作させることができる遠隔デバイスは、QコントロールFETコントロール信号のデューティ・サイクルを電流波形と同期させることができる。例えば、遠隔デバイスは、電流波形のゼロ・クロッシングを検出し、QコントロールFETをオンにするのに使用することができる。電流波形の周波数が変化するときに一貫したデューティ・サイクルを維持することが望ましい場合には、遠隔デバイスは、電流波形の周波数に基づいて、調整をすることができる。例えば、遠隔デバイスは、電流波形の周波数を検出することができ、電力トランスミッタからの周波数を受信することができる、あるいは、他のパラメータに基づいて、メモリに格納されたテーブルでそれを調べることができる。代替的に、スイッチのタイミングを、デジタル的にコントロールすることができるけれども、また、アナログコントロールを使用してQコントロールFETをコントロールすることが可能である。例えば、遠隔デバイスは、センサを含むことができ、QコントロールFETのタイミングは、センサから出力に基づいて、調節することができる。例えば、センサは、調整された電圧を検出することができ、そして、電圧コントロール発振器は、QコントロールFETがオープンするとき、命令することによって、QコントロールFETのタイミングの部分をコントロールすることができる。

【0035】

図示された実施形態において、遠隔デバイス14は、2つのモード、高Qモードおよび低Qモードの間で構成可能な適応電力レシーバ20を含む。適応電力レシーバ20は、この実施形態において、二次コイル62、共鳴キャパシタ63、および、高Qモードおよび低Qモードの間でスイッチすることができる直列共鳴タンク回路を形成するように構成される1つ以上のスイッチ64a-bを含む。本願発明は、直列共鳴タンク回路での使用に制限されず、共鳴タンク回路の他のタイプ、マッチング・キャパシタンスのない単純なインダクタ、あるいは、並列共鳴タンク回路などの非共鳴タンク回路においてさえ使用することができる。

【0036】

図示された実施形態において、スイッチ64a - bは、適応電力レシーバ20を高Qモードと低Qモードとの間で選択的に構成するためにコントローラ28によってコントロールすることができる。図示されるように、コントローラ28に結合した2つのスイッチ64a - bが存在する。スイッチ64a - bは、別々に、または、一緒に、高Qモードにおいて適応電力レシーバ20を構成するようにコントローラ28によってコントロールすることができる。より詳細には、スイッチは、整流回路22および遠隔デバイス14の負荷30をバイパスする二次コイル62および共鳴キャパシタ63の間の回路パスを完成するようにクローズすることができる。言い換えると、二次コイル62と共鳴キャパシタ63によって作られる共鳴回路は、シャントされる。このようにして、二次コイル62のおよび共鳴キャパシタ63は、エネルギーを蓄積することができ、トランスミッタ56から（低Qモードに比較して）エネルギー伝送を増加した高Q共鳴器を形成することができる。開示の目的で、本願発明は、適応電力レシーバを選択的に構成することができる2つのスイッチ64a - bに接続して記述されるが、しかし、単一のスイッチまたは2つ以上のスイッチを、同一のまたは同様の結果を達成するために、使用することができることが理解されなければならない。なお、代替的な実施形態においては、スイッチ64a - bは、記載したように、整流回路22に接続して、同期整流を実行するために、使用することができる。

10

【0037】

高Qモードから低Qモードに適応電力レシーバ20を構成するために、コントローラ28は、電圧センサ34や電流センサ32あるいは両方のセンサからの感知された出力に基づいて、スイッチ64a - bをオープンすることができる。電圧センサ34、電流センサ32、または、その両方が、遠隔デバイス14における電力の1つ以上の特性をモニターするために、適応電力レシーバ20または負荷30に結合することができる。適応電力レシーバ20または負荷30への接続が示されているけれども、センサは、遠隔デバイス14の中のいかなるノードにでも接続することができることが理解されるべきである。なお、本願発明は、電流または電圧センサに制限されない。遠隔デバイス14における1つ以上のいかなる特性でもモニターすることの可能なセンサを、センサ出力を、適応電力レシーバ20の構成を決定するために、使用することができるように組み込むことができる。

20

【0038】

スイッチ64a - bが開いて、（整流回路22および負荷30など）高Qモードにおけるバイパスされる遠隔デバイス14のなかの回路は、負荷30は、適応電力レシーバ20から電力供給され、可能性として、適応電力レシーバ20のESRを増加し、それを、低Qモードに移行するように、適応電力レシーバ20に結合することになる。言い換えれば、スイッチ64a - bをオープンすることにより、エネルギーが適応電力レシーバ20から直接負荷30に結合しているならば、格納されたエネルギーは、負荷30に放出され、適応電力レシーバ20を低Qモードに移行させる。

30

【0039】

高Qモードと低Qモードとの間でサイクリングすることによって、適応電力レシーバ20の有効Qは、時間とともにコントロールできる。例えば、2つのモードの間でスイッチするスイッチ64a - bのデューティ・サイクルを変化させることによって、適応電力レシーバ20の有効Qを、増加あるいは減少させることができる。高Qモードは、所定のカプリングにおいて、十分な電圧または電流を構築するのに十分なエネルギーを格納するのに十分に長く維持することができるが、しかし、負荷30によって必要である以上より多くの電圧または電流を構築するほど長くない。これは、遠隔デバイス14における電圧レギュレーションなしで、非常に広いカプリング範囲にわたり無線電力伝送を可能にすることができる。例えば、遠隔デバイス14が、非常に疎結合であるならばデューティ・サイクルを、高いQモードの期間を増加するように増加することができ、適応電力レシーバ20が追加的なエネルギーを格納するのをことができるようにする。代替的に、増加した連結状態において、エネルギーは、低Qモードにおいて適応電力レシーバ20により簡単に移

40

50

送でき、高Qモードにおいて、エネルギーは、より簡単に保存できるので、デューティ・サイクルを、高Qモードの期間を少なくするように減少することができる。デューティ・サイクルにおける、この減少は、低Qモードにおいて増加したエネルギー伝送および高Qモードにおけるストレージに対して補償することができる。高Qモードと低Qモードとの間でデューティ・サイクルを増加または減少させることによって、適応電力レシーバ20は、例えば、レシーバのブリッジ電圧についてのコントロールを含む、受信される電力の量をコントロールすることができる。

【0040】

図示された実施形態において、適応電力レシーバ20は、動作の高Qおよび低Qモードで使用されることが可能な単一の二次コイル62を含む。結果として、単一のコイル・レシーバは、電力調整のために、追加的なコイルまたは高いコストのDC/DCコンバータを使用することなく、カプリング状態の広範囲および負荷30にわたって効率的に電力を受信することができる。つまり、いくつかの実施形態において、図2および図3の中で図示されたレギュレータ72は、オプションでありえ、および、回路から取り除かれることができる。1つの実施形態において、この能力は、遠隔デバイス14が、複雑な通信やコントロール・システムを使用することなく、トランスミッタ56によって提供されるフィールド・レベルの範囲にわたって、受信される電力の量をこのトロールするのを可能にすることができる。つまり、遠隔デバイス14は、簡単に、無線電力供給源12に要求または情報を通信しなければならないことなく、また、追加的な電力調整回路を使用することなく無線電力供給源12から、それが望むだけの電力を受けることができる。

【0041】

高Qおよび低Q動作モードの間でのサイクリングが、次に、図3について、もっと詳細に記述される。しかしながら、このサイクリング方法論は、ここに記述される他のいずれの実施形態とともに使用することができることを理解すべきである。

【0042】

パワー伝達の間の複数の電力サイクルにわたって、二次コイル62のおよび共鳴キャパシタ63のシャント（または、高Qモードに適応電力レシーバ20を保持すること）は、電力伝送の安定度に影響を及ぼすことができ、整流回路22からの整流化された電圧出力において、多様なバリエーションという結果になる。これらのバリエーションは、適応電力レシーバ20が高Qモードに維持される間、整流回路の中の誘導電圧は、大幅に、減少することができるという事実によるオーバーシュート、および、アンダーシュートとして見える。追加的なバルク・キャパシタンスおよび電力調節回路を、負荷30に届けられる電力が、実質的に安定するように、このアンダーシュートとオーバーシュートを最小にするために使用することができる。しかしながら、本願発明は、高Qモードおよび低Qモードの間でのサイクリングによってそのような追加的な回路または追加的なバルク・キャパシタンスなしで安定度を達成することができる。

【0043】

1つの実施形態において、高Qおよび低Qモードの間でのスイッチングは、サイクル・バイ・サイクル・ベースで、および、特定のデューティ・サイクルにしたがって、実行することができる。つまり、スイッチングは、電源波形の各期間に対して、適応電力レシーバ20が、その期間の部分に対して高Qモードに構成されるように、適応電力レシーバ20において受信されている電力のサイクルと揃えることができる。特定のデューティ・サイクルに対して、サイクル・バイ・サイクル・ベースでのモード間のスイッチングによって、整流回路22にわたる電圧がドロップすることが許される期間を減少することが可能である。これは、整流回路22の出力の上でバルク・キャパシタンスが、減少することができることを意味し、それによって、この遠隔デバイス14の全体的なサイズとコストとを減少する。

【0044】

現在の実施形態において、高Qモードにスイッチングする方法が、サイクル毎ベースで実行される。ここで、電流が二次コイル62の内部で方向をスイッチするようとき適応電

10

20

30

40

50

カレシーバ 20 の電流がゼロに接近して、高 Q モード移行が起こる。これらのゼロ・クロッシング移行は、例えば、コントローラ 28 に結合された 1 つ以上のセンサ 32、34 によって検出することができる。これらのセンサ 32、34 の 1 つ以上からの出力は、コイル電流のゼロ・クロッシングを検出するようにコンパレータに供給されることができる。

【0045】

開示の目的で、無線電力供給システム 10 が、次に、無線電力供給源 12 に関連して記述される。無線電力供給システム 10 は、無線電力供給源 12 にしたがって構成された無線電力供給源に限られていないこと、従来の無線電力供給源を代替の実施形態において、使用することができることが理解されるべきである。図 1 に図示した実施形態において、無線電力供給 12 は、1 つ以上の遠隔デバイス 14 に無線で電力の送信をコントロールする

10

【0046】

図 1 に図示された実施形態にしたがう無線電力供給源 12 は、トランスミッタ 56、コントロール・システム 55、ドライバ 54、電力供給源 53、および、本線入力 52 を含むことができる。現在の実施形態の電力供給源 53 は、本線入力 52 からの AC 入力（壁面コンセント）をトランスミッタ 42 を運転するために適切な DC 出力に変換する従来のコンバータであることができる。選択肢として、本線入力 52 は、電力源 53 が、トランスミッタ 56 を駆動するために適切な DC 出力に通り返ける、または、変換する DC 源であることができる。この実施形態において、電力供給源 53 は、整流器を一般に有している AC / DC コンバータおよび DC / DC コンバータである。整流器および DC / DC コンバータは、適切な DC 出力を提供する。電力供給源 53 は、代替的に、ドライバ 54 によって使用される形に電力を変換することができる基本的な回路でも含むことができる。この実施形態において、コントロール・システム 55 は、電力伝送のためのトランスミッタ 56 にエネルギーを与えるためにたとえばレール電圧を含む動作パラメータを調節するように構成される。代替的に、電力供給源 53 は、固定レール電圧を有することができる。コントロール・システム 55 は、追加的あるいは代替的に、たとえば駆動信号の動作周波数、タンク回路の共鳴周波数、ドライブ信号のスイッチング回路位相とデューティ・サイクル、を含む他の任意の動作パラメータも調節する能力を有することができる。駆動信号のレール電圧を変化させることによって、動作パラメータを調節することが望ましい代替的な実施形態においては、電力供給源 53 は、可変出力を有することができる。コントロール・システム 55 は、コントロール・システム 55 が電力供給源 53 の出力をコントロールすることができるように電力供給源 53 に結合することができる。

20

30

【0047】

この実施形態において、ドライバ 54 は、トランスミッタ 56 への入力信号を生成して、印加するように構成されるスイッチング回路を含む。ドライバ 54 は、電力供給源 53 から、トランスミッタ 56 を駆動する AC 出力に、DC 出力を変換するインバータを形成することができる。ドライバ 54 は、アプリケーションによって変化することができる。例えば、ドライバ 54 は、例えば、MOSFET または、BJT または IGBT など、ハーフブリッジ・トポロジで、あるいは、フルブリッジ・トポロジで構成される他の切替回路のような複数のスイッチを含むことができる。

40

【0048】

この実施形態において、トランスミッタ 56 は、直列配置で構成されるタンク回路を形成するためにプライマリ・コイル 44 と共鳴キャパシタ 42 とを含む。本願発明は、直列共鳴形タンク回路での使用に限られておらず、その代わりに共鳴タンク回路の他のタイプ、マッチング・キャパシタンスのない単純なインダクタ、あるいは、並列共鳴タンク回路などの非共鳴タンク回路においてさえ使用することもできる。そして、図示された実施形態は、コイルを含むけれども、無線電力供給源 10 は、代替的なインダクタ、または、適切な電磁場を生成することができるトランスミッタを含むことができる。図示した実施形態において、トランスミッタ 56 は、また、共鳴器コイル（またはインダクタ）47 および共鳴器キャパシタ 48 を有する共鳴器回路 46 を含み、プライマリ・コイル 44 が、共鳴

50

器回路46と一緒に電力を伝送することを可能にする。代替の実施形態において、プライマリ・コイル44が、共鳴器回路46の助けで、無線電力を送信するように、共鳴器回路46は、存在しなくてもよい。

【0049】

無線電力供給12は、また、プライマリ・コイル44において電力の特性を感知することができるセンサ57を含むことができる。例えば、センサ57は、コントロール・システム55に情報を提供する電流センサであることができる。これは、感知した情報に基づいて動作パラメータを調節することができる。感知することができる電力の他の特性は、有効電力、皮相電力、位相、および電圧を含むが、それらに限定されるものではない。

【0050】

コントロール・システム55は、とりわけ、所望の電力供給源信号をトランスミッタ56に生成するドライバ54を動作させるように構成される部分を含む。例えば、コントロール・システム55は、ドライバ54または、動作パラメータを、遠隔デバイス14から受信される通信に基づいて、コントロールすることができる。通信に基づいたコントロールに代わり、または、追加して、コントロール・システム55は、センサ57で感知された電力の特性に基づいて、動作パラメータを調節することができる。本願発明は、基本的に、無線電力を移送することができるいかなるシステムおよび方法を用いてもインプリメントすることができる。適切な無線電力伝送システムおよび種々の代替は、「適応誘導電力供給 (ADAPTIVE INDUCTIVE POWER SUPPLY)」と題され、2007年5月に発行された、バーマン (Baarmann) の米国特許第7212414号に、および、「通信を有する適応誘導電力供給 (ADAPTIVE INDUCTIVE POWER SUPPLY WITH COMMUNICATION)」と題され、2009年4月に発行された、バーマン (Baarmann) の米国特許第7522878号に記載されている。これらのすべては、ここに参照によりその全体が組み込まれる。

【0051】

上述のように、Qコントロールを、後方散乱変調をインプリメントし、および、遠隔デバイスと誘導電力供給源との間での通信を可能にするのに使用することができる。後方散乱変調は、一般に、電力受信または電力送信要素に回路素子を接続すること、および、切断することを指す。Qコントロール後方散乱変調は、一般に、通信するために使用することができる無線電力キャリア信号において、インピーダンス・シフトをつくるために、QコントロールFETのデューティ・サイクルを変化させることを指す。すなわち、インピーダンスにおける変化を、電流または電圧センサによって無線電力供給源において検出し、コントローラまたは復調回路で復調することができる。

【0052】

図2および図3を参照して、適応電力レシーバ20は、インピーダンスをシフトし、そして、通信信号を生成するために、QコントロールFET64a-bを使用することができる。図示された実施形態は、動作の共鳴および非共鳴モードの両方に対して、後方散乱変調を可能にする。

【0053】

QコントロールFET64a-bをコントロールしている信号のデューティ・サイクルにおける調整は、インピーダンス・シフトを引き起こすことができる。効果的通信は、いくつかの電力受信サイクルの後のデューティ・サイクルの定期的な調整を含むことができる。デューティ・サイクル変化によって引き起こされるインピーダンスにおけるシフトは、効率的に通信するのに十分な、主コイルに対して調整されたインピーダンスでの変化という結果になる。二次コイルの電圧は、デューティ・サイクルのためのシフトにより、同様に変化することができる。1つの実施形態において、主コイル電流、電圧、位相、又はこれらの任意の組み合わせにおいて、強いシフトを維持している間に、レシーバ電圧における最小シフトが存在する。

【0054】

そのような通信方法論の例が、図 4 に示されており、そこで、20%から30%へのデューティ・サイクルの変化によってビット移行が表されている。図 4 は、ゼロ・ビットが、20%でQコントロールFETを走らせることによって、通信され、1ビットが、30%でQコントロールFETを走らせることによって、通信される、単純な符号化スキームを図示する。

【0055】

Qコントロールでインプリメントされることができる別の符号化スキームは、二相符号化である。図 5 A、図 5 B は、二相符号化の 1 つの実施形態を図示する。二相符号化において、1つのビットが、2つの移行を使用して符号化され、第 1 の移行は、クロック信号の立ち上がりエッジと同時であり、そして、第 2 の移行は、クロック信号の立ち下がりエッジと同時である。ゼロ・ビットは、単一の移行を使用して符号化され、それはクロック信号の立ち上がりエッジと同時である。

10

【0056】

図 5 A は、クロック信号を図示し、そして、図 5 B は、図 5 A のクロック信号を有する二相符号化通信シグナルを図示する。ビット・タイムの始めと終わりは、 t_{clk} のウィンドウの中の移行によって示される。1つのビット・タイムにおけるウィンドウが、500として図示される。 T_{clk} は、レシーバ通信のプリアンブルによって確立されることができる、定義済みで、トランスミッタおよびレシーバに既知であることができ、または、別の方法において確立されることができる。1つのビットが、ビット・タイムのウィンドウの中での移行の存在によって検出される。例えば、502ウィンドウは、移行が起こるウィンドウを表す。ゼロ・ビットが、中心のウィンドウの中での移行の欠如、すなわち、移行が起こらない504のウィンドウによって検出される。ウィンドウの外の移行は、無視するか、あるいは、ビット・エラーとしてフラグをつけるかのいずれかができる。通信の歪みによる余分な、あるいは、欠如した移行は、通信を妨げることがあり得る。

20

【0057】

図 6 A - 図 6 B は、Qコントロールを使用する二相符号化のアプリケーションを図示する。図 6 a は、無線電力レシーバによって受信される電力の量を表す無線電力キャリア信号を示す。図 6 B は、無線電力供給源に通信されるべき二相符号化通信信号を図示する。この場合、「1」ビットおよび「ゼロ」ビットである。両方のグラフを参照して、QコントロールFETのデューティ・サイクル値が時間にわたって変化することを見ることができる。高い値は、30%のデューティ・サイクルを示し、そして、低い値は、20%のデューティ・サイクルを示す。最初の250マイクロ秒の間に、QコントロールFETは、30%のデューティ・サイクルで動作させられる。次の250マイクロ秒の間に、QコントロールFETは、20%のデューティ・サイクルで動作させられるそして、最後の500マイクロ秒の間に、QコントロールFETは、30%のデューティ・サイクルで再び動作させられる。最初の500マイクロ秒のビット・タイムの間に起こる30%から20%への移行は、その500マイクロ秒に対するデータ・ビットが1のものであることを示す。第2の500マイクロ秒の間の、異なるデューティ・サイクルへの移行の欠如は、その期間に対するデータ・ビットが0のものであることを示す。

30

【0058】

図 9 A - 図 9 C は、Qコントロール変調のために、大きな別々のデューティ・サイクルを使用することが、どのように、復調された情報においてリングングを引き起こし、通信を崩壊させることがありえるか、を示す。これは、無線電力システムのアンダー・ダンプ応答に起因することがあり得る。4ビットのデータで符号化された例示的なRx通信シグナルが、図 9 C の中で図示される。5ボルトは、30% q コントロール・デューティ・サイクルを示し、そして、0ボルトは、20% Q コントロール・デューティ・サイクルを示す。マイクロプロセッサ 28 の内部で、電圧値は、Q コントロール FET 64 a、64 B のタイミングを制御するために、使用することができる。代替の実施形態において、異なる電圧は、異なる q コントロール・デューティ・サイクル値を表現することができる。

40

【0059】

50

1つの実施形態において、無線電力供給において、コイル電流を表す電圧が、図9Bに図示される。Qコントロール・デューティ・サイクルの中での突然で別々の変化は、コイル電流におけるリングングを引き起こす。そのリングングは、それが復調されるとき、通信を歪ませることがあり得る。それは、余分な、または、欠損した移行を引き起こす。復調は、多様な異なる方法で実行されることができ、現在の実施形態の復調の閾値が、902および904として示される。コイル電流が330mV閾値902を上回る所で、通信信号は、高として解釈されるコイル電流が320mVの閾値904を下回るとき、通信信号は、低として解釈される。リングング906は、通信シグナルにおいて歪みを引き起こすことがあり得る。余分な移行または復調ウィンドウの外側のエッジとして解釈されることができ、リングング901は、また、ビット・タイム歪みを引き起こすこともあり得る。ビット・タイム歪み901は、次の移行に先だってコイル電流において上へのスイングを示す。この早すぎる移行は、ビットの知覚された時間を、第2の「1」に対してより短く、第3の「1」に対してより長くさせる。すなわち、そのコイル電流は、そのビット・タイムを短く切って、あるべきよりも早くビット・タイム910において閾値904を横切る。ビット・タイム912は、第2および第3のビットのビット・タイムが正確であるために移行がどこで起こらなければならないかについて図示する。別の方法でそれを述べると、ビット914に対する全体ビット・タイムは、およそ1msであるが、しかし、2つのビットの間でのそのビット・タイムの割当ては、等しくない。第2の1ビットは、第3のビット・タイムより短いビット・タイムを有する。このタイプの歪みは、通信における問題を引き起こすことがあり得る。

【0060】

qコントロール・デューティ・サイクルにおける大きな別々の変化は、通信リンクの信号完全性、特にトランスミッタ復調において問題を引き起こすことがあり得る。全体的な無線電力システムは、Qコントロール・デューティ・サイクルにおけるステップ変化に対するアンダー・ダンプ応答を有する。このアンダー・ダンプ応答は、トランスミッタにおける電圧および電流の上で発振を引き起こすことがあり得、それを、トランスミッタが、復調のためにモニタリングしている。2kbp/sのビット・レート(2kHzおよび4kHzビット幅時間)において通信が二相符号化データを用いて行われるとき、およそ5kHzの周波数で発振が起こる。これは、帯域内通信ノイズをつくり、送信器復調を中断させることがあり得る。

【0061】

不正確な、または、歪んだ復調通信シグナルを表する電圧が、図9Aに図示される。丸で囲まれた領域908は、結果の復調通信シグナルが、どのように、歪みによって影響を受けることあり得るかを示す。

【0062】

図9に示されるような歪みを、データ・ビットを意味するより小さなステップを通して傾斜したQコントロール・デューティ・サイクルにより減少または取り除くことができる。このデータ・ビットは、デューティ・サイクルが傾斜しているところだけでなく、デューティ・サイクルが一定である部分を含むことができる。一定のデューティ・サイクル・タイムに対する傾斜の正確な比率は、インプリメンテーションにより異なることができる。一定の部分の傾斜が全くななくてもデューティ・サイクルが、常に立ち上がっている、または、下がっているところにデータ・ビットがあり得る。上への傾斜から下への傾斜への移行は、また、ビット・タイムの中で異なることもできる。上への傾斜から下への傾斜への移行を遅らせることは、ゼロ・ビットがゼロに向かって減衰することを防ぐことができる。

【0063】

図8A - 図8Cは、図4および図7A - Bに示す20%および30%のような2つの大きな離散値の間でジャンプする代わりに、傾斜したQコントロールを図示する。Qコントロール・デューティ・サイクルは、中間のデューティ・サイクル値に調節することができ、次のデューティ・サイクルに傾斜することができる。これは、復調通信シグナルにおいて歪みを減少することができる。通常、これは、傾斜Qコントロールと呼ばれる。

【 0 0 6 4 】

傾斜 Q コントロールの方法は、無線電力供給源との誘導結合を介して、適応電力レシーバに電力を受け入れることを含む。適応電力レシーバは、適応電力レシーバが前記無線電力供給源から受信したエネルギーを格納することができる第 1 のモードに、あるいは、適応電力レシーバが、格納されたエネルギーを負荷に開放する第 2 のモードに選択的に構成することができる。適応電力レシーバは、適応電力レシーバによって受信される電力の量をコントロールするために、第 1 のデューティ・サイクルまたは第 2 のデューティ・サイクルにおいて、第 1 のモードと第 2 のモードとの間をサイクルする能力も有する。適応電力レシーバは、第 1 および第 2 のデューティ・サイクルにおいて起こるインピーダンスにおけるシフトを介して無線電力供給源と通信するために、第 1 のデューティ・サイクルにおけるサイクリングと第 2 のデューティ・サイクルにおけるサイクリングとの間で移行することができる。これらの 2 つのデューティ・サイクルの間での移行は、第 1 のデューティ・サイクルと第 2 のデューティ・サイクルとの間の 1 つ以上の中間のデューティ・サイクルにおける第 1 のモードと第 2 のモードとの間のサイクリングを含むことができる。

10

【 0 0 6 5 】

図 8 a は、2 つのビット・タイムにわたる Q コントロール・デューティ・サイクル調整のグラフを示す。図 8 C は、20 % と 30 % との間で傾斜した Q コントロール・デューティ・サイクル値のグラフを表す。図 8 B は、図 8 C のデューティ・サイクル・タイミングを使用している図 8 A の中で図示される無線電力信号によって生成される二相符号化通信信号を示す。

20

【 0 0 6 6 】

記載された実施形態において、Q コントロール・デューティ・サイクルは、「1」ビットの間の各サイクルの後、0.5 % 変化し、「0」ビットの間の各サイクルの後、0.25 % 変化する。代替の実施形態において、デューティ・サイクルは、より少なく、または、より多く変化することができる。他の実施形態において、デューティ・サイクルは、毎サイクルの後に変化することができず、しかし、その代わりに、1 つおきのサイクル、3 つ毎の第 3 のサイクルの後に、または、いくつかの他の期間に変化することができる。図 8 の実施形態において、その変化は、ビットに依存して、一定である。しかしながら、他の実施形態において、その変化の量は、そのビットがゼロであるか、あるいは、1 であるか、移送された電力の量、カプリング、または、基本的にその他のファクタに依存して動的であることができる。

30

【 0 0 6 7 】

おそらく図 8 A において最も良く見られるように、Q コントロール・デューティ・サイクルは、25 % で始まり、そして、およそ 125 マイクロ秒にわたって、それが 30 % のそのピークに着くまで上に傾斜する。その後、次の 250 マイクロ秒にわたって 30 % まで下に傾斜する。そして、Q コントロール・デューティ・サイクルは、次の 125 マイクロ秒にわたって 25 % まで上に傾斜して戻る。ゼロ・ビットにおいては、移行が存在しないので、Q コントロール・デューティ・サイクルは、最初の 500 マイクロ秒の間よりも、より長い期間、250 マイクロ秒、にわたって 30 % へ傾斜し、そこから、Q コントロール・デューティ・サイクルは、次の 250 マイクロ秒にわたって 25 % へ傾斜して戻る。

40

【 0 0 6 8 】

図 10 A - C は、Q コントロール変調のための、小さく傾斜しているデューティ・サイクルを使用することが、どのようにして、復調された情報においてリングングを減少させ、通信の正確さを増加することができるかを示す。3 ビットのデータで符号化された例示的な R x 通信シグナルが、図 10 C に図示される。1.5 ボルトは、30 % q コントロール・デューティ・サイクルを示し、そして、0.65 ボルトは、20 % q コントロール・デューティ・サイクルを示す。0.65 V と 1.5 V との中間の電圧は、相対的な電圧変化がデューティ・サイクルで相対的な変化に対応する中間のデューティ・サイクル値を表す。マイクロプロセッサ 28 の内部において、電圧値は、Q - コントロール F E T 64 a、64 B のタイミングをコントロールするために、使用することができる。代替の実施

50

形態において、異なる電圧は、異なる q コントロール・デューティ・サイクル値を表すことができる。

【 0 0 6 9 】

図 1 0 C を参照すると、Q コントロール・デューティ・サイクルは、一定のデューティ・サイクルに保持することができる、または、1 つのデューティ・サイクル値から別の値に傾斜することができる。最初の 2 ビット 1 0 0 8 の間に、デューティ・サイクルは、2 5 % で始まり、3 0 % および 2 0 % の間で傾斜する。最終ビット 1 0 1 0 において、デューティ・サイクルは、2 5 % で始まり、3 0 % まで傾斜し、そこで、ある期間、一定に保持され、そして、次に、2 5 % まで傾斜する。1 つの実施形態において、無線電力供給源におけるコイル電流を表す電圧は、図 1 0 B に図示される。Q コントロール・デューティ・サイクルにおける漸進的な小さいステップは、コイル電流におけるリングング 1 0 0 6 を減少する。その復調を、多様な異なる方法で実行することができる。現在の実施形態において、復調のための閾値は、1 0 0 2 および 1 0 0 4 として示される。コイル電流が 2 . 5 V の閾値 1 0 0 2 を上回る所で、通信信号は、高として解釈されるコイル電流が 2 . 4 V の閾値 1 0 0 4 の下に下降するとき、通信信号は、低として解釈される。Q コントロール・デューティ・サイクルに小さな漸進的变化を作ることによって、通信リンクの信号完全性は、増加する。改善された復調通信シグナルを表す電圧が、図 1 0 A に図示される。

【 0 0 7 0 】

Q コントロール通信において起こり得る 1 つの問題は、図 1 1 に図示されるように、Q コントロールを使用して変調するとき、二相符号化データにおけるゼロ・ビットが、ゼロの方へあまりに速く減衰し得ることである。厳しいケースにおいて、それは、根底にある通信シグナルの歪みを引き起こし得る。図 1 1 の中で図示されるゼロ・ビット減衰 1 1 1 2 は、1 1 A における通信シグナルに影響するほど厳しくないが、しかし、代替の実施形態において、およびシステムの構成に依存して、それは、問題となり得る。図 1 1 A - C は、図 1 0 A - C と結びついて記載される同一の傾斜構成を図示する。図 1 1 B の中で、ゼロ・ビット 1 1 1 0 を表すコイル電流は、閾値 1 1 0 2、1 1 0 4 の 1 つを横切ることに近い。これは、復調の間に、余分のエッジを生成し得たものであり、これは、通信シグナルを歪ませる、または、通信の再送を強制し得る。

【 0 0 7 1 】

図 1 2 A - C は、ピークのデューティ・サイクル移行を遅らせることが、どのように、ゼロ・ビット減衰を減少することができ、また、通信を改善することができるか、を図示するピークのデューティ・サイクル移行を遅らせることは、中間のデューティ・サイクル・ステップの数とサイズを選択的に変化させることによって行うことができる。図 1 2 A は、遅延したピーク・デューティ・サイクル移行を有する傾斜した Q コントロール通信により生成された改善された通信信号のグラフを表す。図 1 2 B は、遅延したピーク・デューティ・サイクル移行を有する傾斜した Q コントロール通信の間の無線電力トランスミッタにおけるコイル電流のグラフを示す。図 1 2 C は、傾斜した Q コントロール通信を生成するために使用された遅延したピーク・デューティ・サイクル移行を有する傾斜した Q コントロール・デューティ・サイクル値のグラフを示す。ゼロ・ビット 1 2 1 0 におけるコイル電流 1 2 1 2 は、この構成では、速く減衰しない。むしろ、閾値 1 2 0 2、1 2 0 4 より上で、大きなマージンをもってとどまる。代替的な実施形態において、Q コントロール・デューティ・サイクル値のピーク（またはトラフ）をそのビット・タイムの中に置くことに、他の利点があり得る。

【 0 0 7 2 】

図 8 は、傾斜 Q コントロールの 1 つの例を示す。ここで、デューティ・サイクルは、一定に保持されず、その代わりに、絶えず変化している。傾斜 Q コントロールの多様な実施形態が、図 7 C - 図 7 F に図示される。図 7 A は、参照のために二相符号化データの 2 ビットを図示する。そして、図 7 b は、図 7 A の二相符号化データをつくることのできる、2 0 % と 3 0 % との間での別々の移行を使用している Q - コントロールを示す。

【 0 0 7 3 】

図 7 B - 7 F に示される実施形態の各々に関して議論しないけれども、適応共鳴レシーバは、電力 / 電圧コントロールおよび通信変調の両方に対して Q コントロール調整を使用しても、しなくてもよいことを理解すべきである。なお、以下に記載する実施形態は、無線電力キャリア信号の振幅を変調するためにデューティ・サイクルを調節する。しかしながら、他の変調方式をインプリメントすることができる。なお、その表された信号は、二相符号化を用いて符号化される。しかし、他の符号化スキームを使用することができる。

【 0 0 7 4 】

図 7 C - 図 7 F は、傾斜 Q コントロールのいくつかの異なる例示的な実施形態を図示する。これは、図 7 B の中で図示される Q コントロールから生じ得る歪みとゼロ・ビット時間遅延を扱うことができる。

10

【 0 0 7 5 】

図 7 C を参照して、通信のための調整が、傾斜をつくる小さなデューティ・サイクル・ステップを使用して行われる。これらのステップは、線形、方形、対数、あるいは、通信信号の全体的形状をつくるのを助ける他の任意の関数でありえる。ビット・タイムは、傾斜する時間および一定のデューティ・サイクルの時間の両方を含む。デューティ・サイクルにおける、より小さな傾斜をつけた変化は、レシーバからトランスミッタへの様々な反射インピーダンスを引き起こす。

【 0 0 7 6 】

レシーバの中のコントローラは、データをトランスミッタへ送り返すことができる。コントローラは、Q コントロール・デューティ・サイクルを 25 % に維持することにより、現在、電力 / 電圧をコントロールしていることができる。二相符号化した「1」ビットを送信するために、コントローラは、Q コントロール・デューティ・サイクルを、30 % までアップするように傾斜させ、ビット・タイムの一部の間、一定のままにし、そして、次に、250 マイクロ秒のタイム・フレームの間、25 % までダウンするように傾斜させる。それから、次に、Q コントロール・デューティ・サイクルを、20 % までダウンするように傾斜させ、ビット・タイムの一部の間、一定のままにし、そして、次に、次の 250 マイクロ秒の間、25 % までアップするように傾斜させる。二相符号化した「0」ビットを送信するために、コントローラは、Q コントロール・デューティ・サイクルを、30 % までアップするように傾斜させ、ビット・タイムの一部の間、一定のままにし、そして、次に、500 マイクロ秒のタイム・フレームの間に 25 % までダウンするように傾斜させる。一旦、データが送信されると、コントローラは、Q コントロール・デューティ・サイクルを 25 %、あるいは、なんであれ、システム（負荷 / カプリング変化）において与えられた変化に適切な新規の値に維持することにより、電力 / 電圧のコントロールを続けることができる。

20

30

【 0 0 7 7 】

図 7 D を参照して、通信のための調整は、また、ランプをつくる小さなデューティ・サイクル・ステップを使用して行われる。これらのステップは、線形、方形、対数、あるいは、通信信号の全体的形状をつくるのを助ける他の任意の関数でありえる。ビットは、常に傾斜の時間、および / または、傾斜と一定のデューティ・サイクルの時間の両方を含むことができる。デューティ・サイクルにおける、より小さな傾斜をつけた変化は、レシーバからトランスミッタへの様々な反射インピーダンスを引き起こす。

40

【 0 0 7 8 】

レシーバの中のコントローラは、データをトランスミッタへ送り返すことができる。コントローラは、Q コントロール・デューティ・サイクルを 25 % に維持することにより、現在、電力 / 電圧をコントロールしていることができる。二相符号化した「1」ビットを送信するために、コントローラは、Q コントロール・デューティ・サイクルを、30 % までアップするように傾斜させ、そして、次に、250 マイクロ秒のタイム・フレームの間、25 % までダウンするように傾斜させる。それから、次に、Q コントロール・デューティ・サイクルを、20 % までダウンするように傾斜させ、そして、次に、次の 250 マイクロ秒の間、25 % までアップするように傾斜させる。二相符号化した「0」ビットを送信

50

するために、コントローラは、Qコントロール・デューティ・サイクルを、30%までアップするように傾斜させ、ビット・タイムの一部の間、一定のままにし、そして、次に、500マイクロ秒のタイム・フレームの間に25%までダウンするように傾斜させる。一旦、データが送信されると、コントローラは、Qコントロール・デューティ・サイクルを25%、または、なんであれ、システム（負荷/カプリング変化）において与えられた変化に適切な新規の値に維持することにより、電力/電圧のコントロールを続けることができる。

【0079】

図7Eおよび図7Fを参照すると、通信のためのQコントロールの別の2つの実施形態が、ランプをつくる小さなデューティ・サイクル・ステップを使用して行われる。この実施形態において、qコントロールは、常に、デューティ・サイクルを傾斜している。デューティ・サイクルのステップは、線形、方形、対数、あるいは、通信信号の全体的形状をつくるのを助ける他の任意の関数でありえる、ピークのデューティ・サイクルは、ビット・タイムの中心（図7E参照）、遅れてビット・タイムの終わりに向かって（図7Fを見る）に置かれることができる、または、ビット・タイムの中で、どこか他の所に置くことができる。デューティ・サイクルにおける、より小さな傾斜をつけた変化は、レシーバからトランスミッタへの様々な反射インピーダンスを引き起こす。

【0080】

レシーバの中のコントローラは、データをトランスミッタへ送り返すことができる。記載された実施形態において、コントローラは、Qコントロール・デューティ・サイクルを25%に維持することにより、電力/電圧をコントロールしている。二相符号化した「1」ビットを送信するために、コントローラは、Qコントロール・デューティ・サイクルを、30%までアップするように傾斜させ、そして、次に、250マイクロ秒のタイム・フレームの間、25%までダウンするように傾斜させる。それから、次に、Qコントロール・デューティ・サイクルを、20%までダウンするように傾斜させ、そして、次に、次の250マイクロ秒の間、25%までアップするように傾斜させる。二相符号化した「0」ビットを送信するために、コントローラは、Qコントロール・デューティ・サイクルを、30%までアップするように傾斜させ、そして、次に、500マイクロ秒のタイム・フレームの間に25%までダウンするように傾斜させる。一旦、データが送信されると、コントローラは、Qコントロール・デューティ・サイクルを25%、または、なんであれ、システム（負荷/カプリング変化）において与えられた変化に適切な新規の値に維持することにより、電力/電圧のコントロールを続ける。1のもの、または、ゼロのものに対して、デューティ・サイクルが、アップ（またはダウン）の傾斜を停止し、その代わりにダウン（またはアップ）に傾斜する移行ポイントは、ビット・タイムの中央にあることも、ビット・タイムの終わりに向かって遅れることも、または、ビット・タイムのどこかほかに置かれることもできる。

【0081】

レシーバとトランスミッタとの間の通信リンクは、動作ポイントおよび限界、バッテリー充電レベル、安全性、および、デバイス識別などの情報をトランスミッタに提供することができる。代替的に、通信リンクは、遠隔デバイスの動作あるいは、無線電力トランスミッタ、とは無関係でありえる。たとえば音楽または他のデータである。このリンクは、無線電力伝送の間、通常の間隔の上でフィードバックを提供することができる。このリンクは、振幅変調信号を含むことができる。この振幅変調は、トランスミッタに反射して戻る電力信号の上でインピーダンス・シフトを起こすことによって、レシーバの中で生成されることができる。トランスミッタは、この変調を検出し、受信されている情報が何であるかについて決定するために、主コイル電流や補助信号をモニターすることができる。上で示したように、インピーダンス・シフトは、qコントロールFETのデューティ・サイクルを変化させることによって生成することができる。

【0082】

動作において、QコントロールFET 64 a - bは、電力/電圧制御のために、および/

10

20

30

40

50

または、通信変調のために駆動することができる。トランスミッタは、送信されている電力の量とは独立に、通信を検出することができる。言い換えると、変調後方散乱信号の変調は、送信されている電力の量が大きい、小さいかは独立に、生成し、検出することができる。例えば、変調の相対的なサイズは、キャリア信号の振幅、この場合、電力伝送信号、に比例していることがあり得る。上記したように、適応電力レシーバの適応共鳴コントロールは、無線電力供給源からの入力なしで、レシーバによって独立して実行されることができる。代替的に、適応電力レシーバの適応共鳴コントロールは、無線電力供給源から入力に基づいて、または、無線電力供給源からの命令にしたがって、実行されることができる。命令は、種々の異なる通信方法を介して遠隔デバイスに通信することができる。例えば、遠隔デバイスに通信するための通信方法は、周波数シフトキーイング、振幅変調、または、他のブルートゥース（登録商標）、W i F I、R F I D、その他のような外部無線周波数リンク、を含むことができる。1つの実施形態において、Qコントロールは、レシーバに通信する振幅変調をインプリメントするのに利用することができる。

10

【0083】

適応電力レシーバの適応共鳴コントロールは、無線電力供給システムにおける電力コントロールの唯一の形として、全体システムにおける電力コントロールの他のタイプの間での1つの電力コントロールの形として、実行されることができる。または、電力コントロールにたいして、まったく、実行せず、Qコントロール通信のためだけに実行することができる。例えば、いくつかの実施形態において、無線電力供給源が、固定量の電力を出力し、そして、存在する各々の遠隔デバイスが、それがどれくらいの電力を受信するかをコントロールするために、適応共鳴コントロールを使用することができる。別の実施形態において、無線電力供給源は、存在するいかなる遠隔デバイスとでも通信し、適応共鳴コントロールをどのように実行するがについて、遠隔デバイスに命令を提供する。無線電力供給源は、デバイスの各々に対する適応共鳴コントロール・セッティングを決定し、そして、それに応じて遠隔デバイスの各々に指示するために、遠隔デバイスから情報を収集することができる。この命令は、誘導電力供給源によって供給される電力の総量、個々の遠隔デバイスが必要とする電力、または、その2つの組合せに基づくことができる。代替の実施形態において、命令は、追加的または異なるファクタに基づくことができる。さらなる実施形態において、遠隔デバイスは、別の電力制御システムを有する（または、明示的な電力制御システムを有さない）ことができ、そして、前記無線電力供給源と通信するためにQコントロールを使用することができる。

20

30

【0084】

いくつかの実施形態において、無線電力システムのなかに含まれる電力コントロールの追加的なタイプが存在する。例えば、無線電力システムは、遠隔デバイスのニーズに基づいて、送信されている電力の量を適応させることができる。これは、誘導電力供給源の動作周波数を調節する、誘導電力供給源の共鳴周波数を調節する、誘導電力供給源のデューティ・サイクルを調節する、または、任意の他の誘導電力供給源セッティングを単独あるいは組み合わせて調節するなどの種々の異なる方法で行うことができる。

【0085】

適応共鳴コントロールを使用して、無線電力伝送システムは、電力を、複数ポイントにおいてコントロールすることを可能にする。例えば、このシステムは、そのレシーバが責任を持つところのみをコントロールするレシーバを適切な電力が受信されていることを保証するために、（共鳴周波数制御などの電力コントロールの他の方法に加えて、または、代わりに）適応共鳴コントロールを使用するために利用することができる。システムは、追加的に、レシーバに利用できる電力の量を調節するためにトランスミッタ・コントロールを利用することができる。このシステムは、電力の調整を制御するために、通信を使用しても、しなくてもよい。例えば、受信器は、検出された負荷に関係なく、エネルギーを送信するトランスミッタの上に配置することができる。この場合、レシーバは、それが正しい量の電力を受信することを確実にするために適応共鳴コントロールを調節することができる。代替的に、トランスミッタは、送信器に反射して戻るインピーダンスを測定するこ

40

50

とができ、そして、その反射インピーダンスに基づいて、送信される電力の量を調節することができる。システムは、追加的に、各々のデバイスが、トランスミッタの配置することができる複数デバイスの電力要望の差異に拘わらず、それが望む電力を受信しているように、これらの全てを結合することができる。

【0086】

「垂直」、「水平」、「上部」、「底部」、「低い」、「内部」、「内向き」、「外部」、「外向き」など方向の用語は、図面に示される実施形態の方向に基づいて、本願発明を記述することを助けるために用いられる。この方向用語の使用は、本願発明を、いかなる特定の方向に制限に制限するものであると解釈されてはならない。

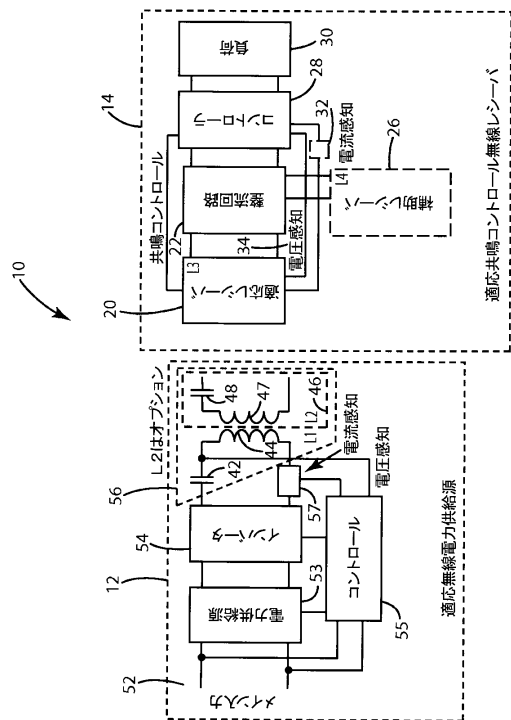
【0087】

上の記載は、本願発明の現在の実施形態のものである。種々の代替と変化は、添付の請求項において規定されるように、本願発明の要旨とより広い態様を逸脱しない範囲で作ることができる。それは、均等物の原理を含む特許法の原則に従って、解釈されるべきである。この開示は、例示となる目的のために提示されるものであり、本願発明のすべての実施形態の網羅的な記載であると解釈されてはならない。または、特許請求の範囲を、これらの実施形態に関連して図示されるか、記載される特定の要素に制限するものであると解釈されてはならない。例えば、制限なしで、記述された発明のどんな個々の素子でも、同様の機能性を提供するか、さもなければ適切な動作を提供する代替的な素子と置き換えることができる。これは、例えば、現在当業者に知られているかもしれない現在既知の代替的な素子、および、例えば、当業者が、開発と同時に、選択肢と認めるかもしれない将来開発することができる代替的な素子を含む。なお、開示された実施形態は、協調して記載され、利益の集合を協働して提供することができる複数の特徴を含む。本願発明は、本願請求項において明確に範囲を規定して述べられる場合を除き、これらの特徴の全て含む、あるいは、ここで述べた利益の全てを提供するような実施形態だけに限定されるものではない。単数形の請求項の要素への言及において、例えば、冠詞「a」、「an」、「the」あるいは「said」を用いることは、その要素を単数に制限するものとして解釈すべきではない。

10

20

【圖 1】



【 図 2 】

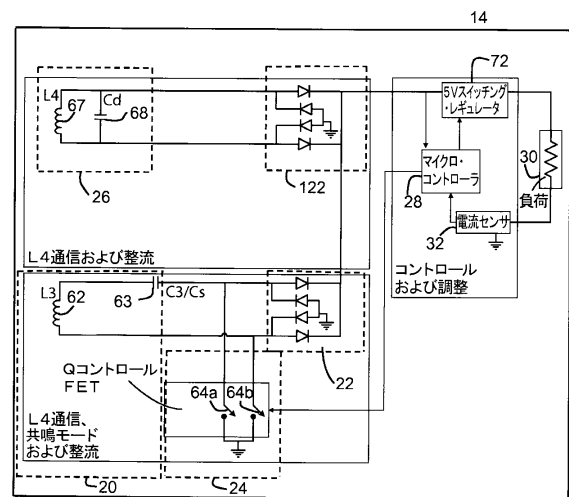


Fig. 2

【 図 3 】

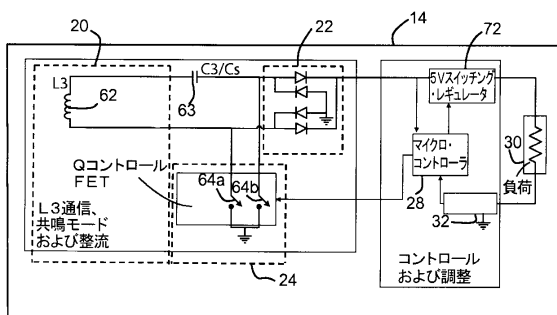


Fig. 3

【 図 5 】

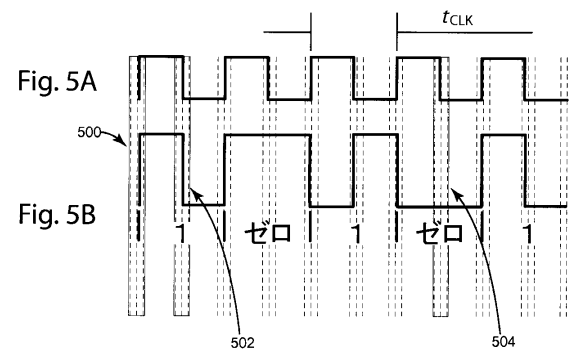


Fig. 5B

【圖 4】

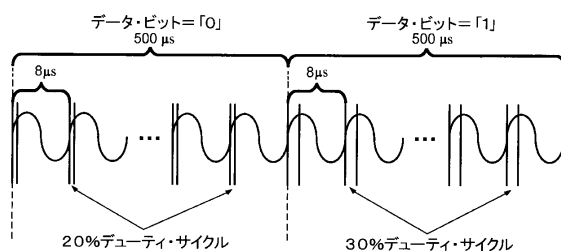


Fig. 4

【 図 6 】

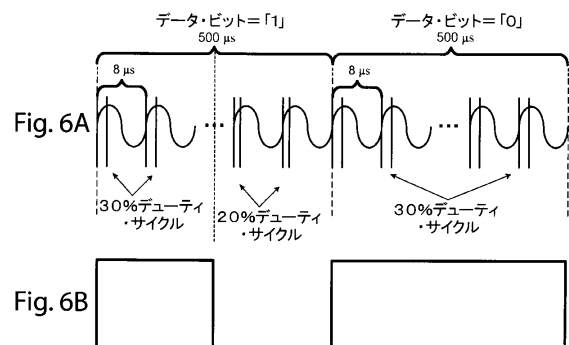
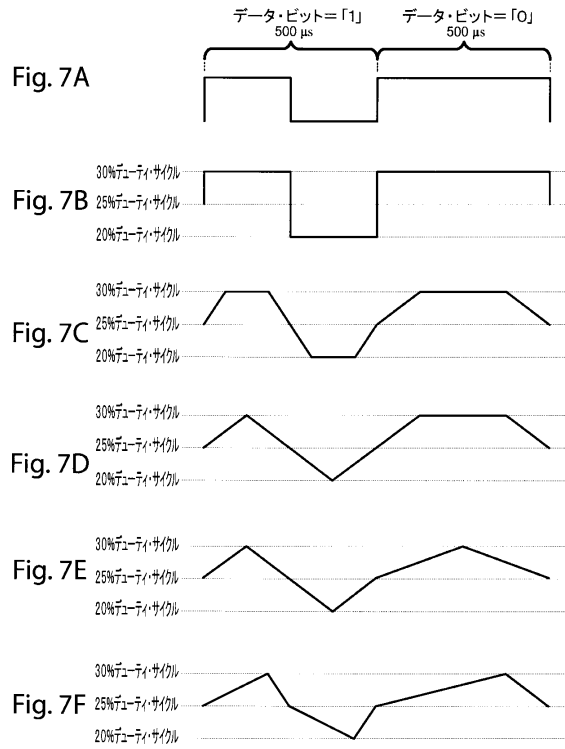
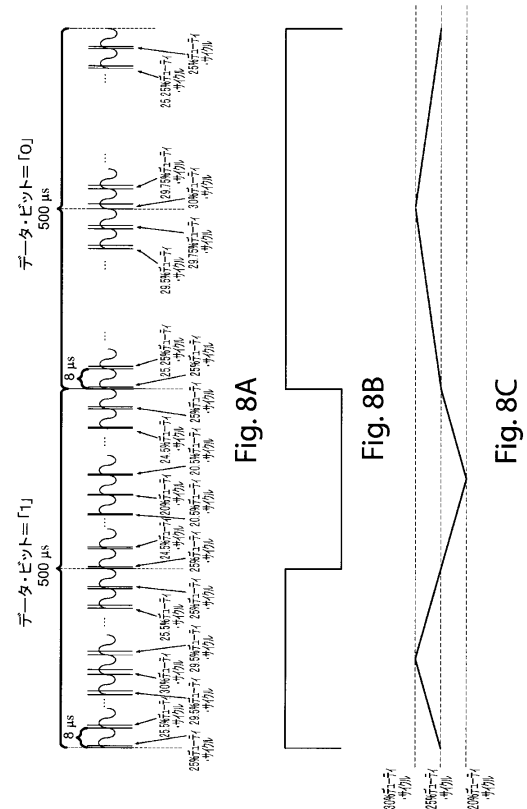


Fig. 6B

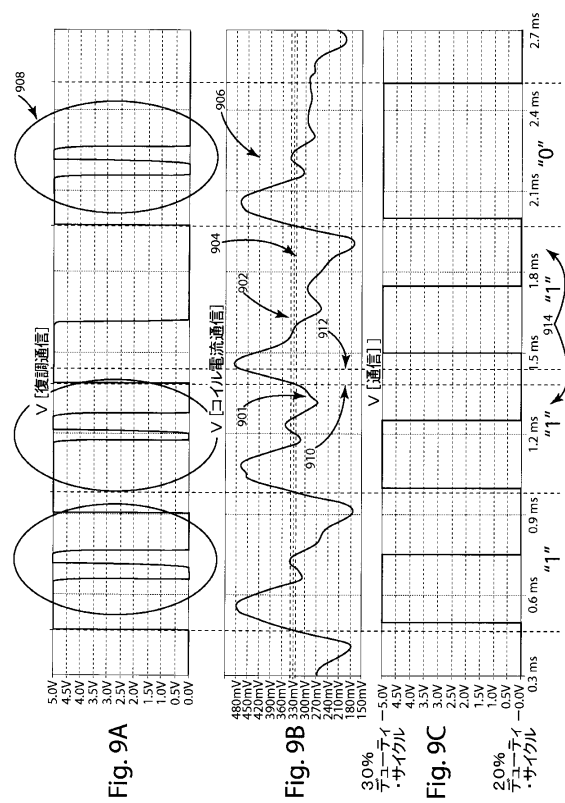
【図 7】



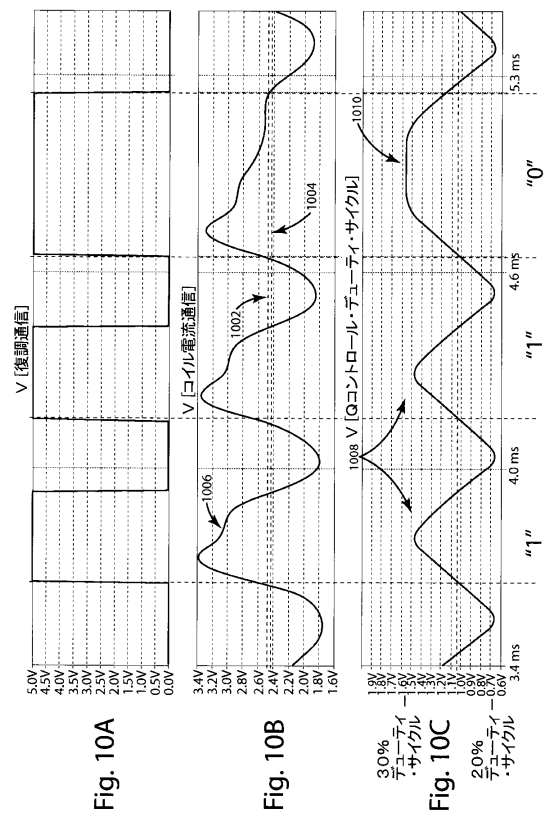
【図 8】



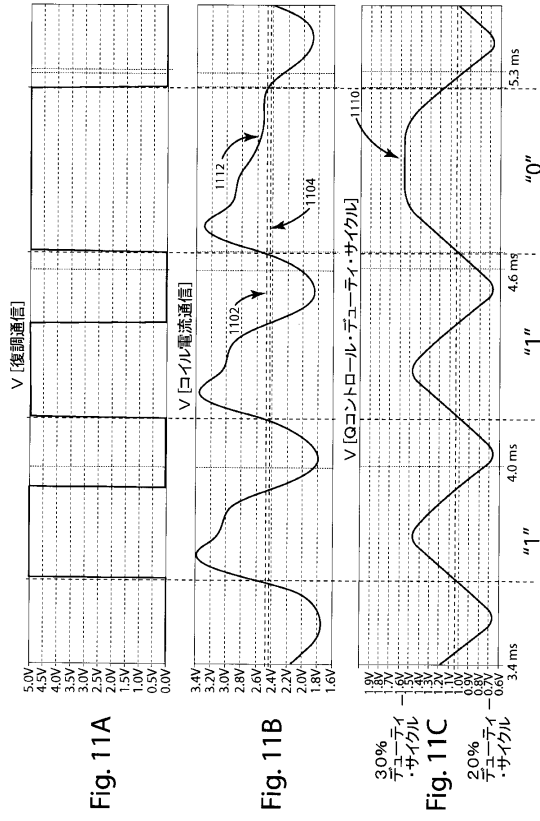
【図 9】



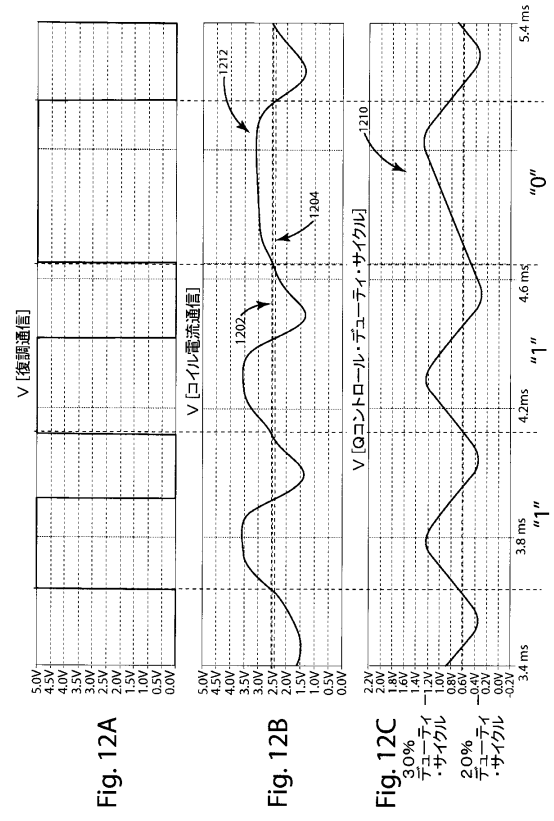
【図 10】



【図 1 1】



【図 1 2】



フロントページの続き

- (72)発明者 コリン ジェイ・ムーア
アメリカ合衆国, ミシガン 49546, グランド ラピッズ, ウェイサイド ドライブ 1750
- (72)発明者 ロバート ディー・グルイチ
アメリカ合衆国, オハイオ 44321, コプリー, サウス サニーフィールド ドライブ 3581

審査官 松尾 俊介

- (56)参考文献 特開2013-143908(JP, A)
国際公開第2012/109137(WO, A2)
特開2013-055661(JP, A)
特開2010-063245(JP, A)
特開2012-130200(JP, A)
特表2014-509486(JP, A)
特表2012-511891(JP, A)
特表2015-529445(JP, A)
米国特許出願公開第2013/0043737(US, A1)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H02J 50/00 - 50/90
H04B 5/02