



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 105024738 A

(43) 申请公布日 2015. 11. 04

(21) 申请号 201510361920. 0

(22) 申请日 2015. 06. 26

(71) 申请人 重庆大学

地址 400044 重庆市沙坪坝区沙坪坝正街
174 号

(72) 发明人 孙跃 王智慧 叶兆虹 唐春森
闫鹏旭

(74) 专利代理机构 重庆为信知识产权代理事务
所(普通合伙) 50216

代理人 陈千

(51) Int. Cl.

H04B 5/00(2006. 01)

H02J 17/00(2006. 01)

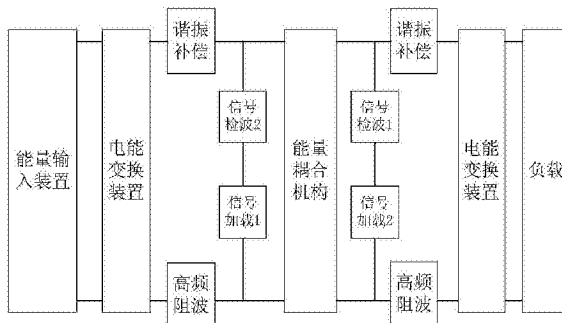
权利要求书1页 说明书6页 附图4页

(54) 发明名称

基于共享通道的能量信号并行传输系统

(57) 摘要

本发明公开一种基于共享通道的能量信号并行传输系统,包括能量输入装置、原边电能变换装置、能量耦合机构、副边电能变换装置以及负载,能量耦合机构由发射线圈 L_p 和拾取线圈 L_s 构成,其特征在于:在发射线圈 L_p 的两端并联有原边信号传输通道,在拾取线圈 L_s 的两端并联有副边信号传输通道,在原边电能变换装置与原边信号加载电路之间的能量传输通道上串接有原边高频阻波电路,在副边电能变换装置与副边信号加载电路之间的能量传输通道上串接有副边高频阻波电路。该系统不增设信号耦合机构,将信号传输通道直接并联在能量耦合机构上,利用能量耦合机构在能量传输的同时实现信号传输,采用高频阻波器,确保信号的传输不会对系统的能量传输性能造成影响。



1. 一种基于共享通道的能量信号并行传输系统,包括能量输入装置、原边电能变换装置、能量耦合机构、副边电能变换装置以及负载,所述能量耦合机构由发射线圈 L_p 和拾取线圈 L_s 构成,在能量耦合机构与原边电能变换装置之间设置有原边谐振补偿电路,其特征在于:在所述发射线圈 L_p 的两端并联有原边信号传输通道,在所述拾取线圈 L_s 的两端并联有副边信号传输通道,所述原边信号传输通道由耦合变压器 T_1 的一个绕组、调谐电容 C_1 以及耦合变压器 T_3 的一个绕组串联而成,所述耦合变压器 T_1 作为原边信号加载电路,其另一个绕组加载向副边发送的信号,所述耦合变压器 T_3 作为原边信号拾取元件,其另一个绕组并联检波电容 C_3 后构成原边检波电路,所述副边信号传输通道由耦合变压器 T_2 的一个绕组、调谐电容 C_2 以及耦合变压器 T_4 的一个绕组串联而成,所述耦合变压器 T_2 作为副边信号加载电路,其另一个绕组加载向原边发送的信号,所述耦合变压器 T_4 作为副边信号拾取元件,其另一个绕组并联检波电容 C_4 后构成副边检波电路,在所述原边电能变换装置与所述原边信号加载电路之间的能量传输通道上串接有原边高频阻波电路,在所述副边电能变换装置与所述副边信号加载电路之间的能量传输通道上串接有副边高频阻波电路。

2. 根据权利要求 1 所述的基于共享通道的能量信号并行传输系统,其特征在于:所述原边高频阻波电路与所述副边高频阻波电路均是由电感、电容并联而成的带阻滤波电路,其中心频率为信号载波频率。

3. 根据权利要求 1 所述的基于共享通道的能量信号并行传输系统,其特征在于:所述原边信号传输通道与副边信号传输通道中的耦合变压器和调谐电容分别构成一个带通滤波电路,其中心频率为信号载波频率。

4. 根据权利要求 1-3 任意一项所述的基于共享通道的能量信号并行传输系统,其特征在于:所述原边信号加载电路与所述副边信号加载电路分别连接有一个用于加载数字信号的开关键控调制模块。

5. 根据权利要求 1-3 任意一项所述的基于共享通道的能量信号并行传输系统,其特征在于:所述原边谐振补偿电路为原边谐振电容。

6. 根据权利要求 5 所述的基于共享通道的能量信号并行传输系统,其特征在于:在能量耦合机构与副边电能变换装置之间设置有副边谐振补偿电路,该副边谐振补偿电路为副边谐振电容。

基于共享通道的能量信号并行传输系统

技术领域

[0001] 本发明涉及感应耦合电能传输技术,尤其涉及一种基于共享通道的能量信号并行传输系统。

背景技术

[0002] 感应耦合电能传输(IPT)技术是一种借助耦合磁场,实现电能非接触式传输的新型电能接入技术。因为能量的发射端同能量的接收端没有直接的物理接触,克服了传统电能传输的种种缺陷,使得电能的传输过程具有安全、可靠及灵活性强的特点,受到了越来越多的关注。目前已经在电动汽车、生物医电、家用电器、机器人等领域取得了实际的应用与成功。

[0003] 传统的 IPT 技术主要集中在对系统的能量传输等级、效率、电路拓扑以及耦合结构等方面的优化设计。随着多能量发送端、拾取端,能量双向传输等应用需求的出现,需要根据能量发送端及能量接收端的运行状态,进行实时控制;同时,针对传感网络的应用,还需要实现传感器的检测信号的传递,这就需要整个 IPT 系统具有与能量传输系统并行的信号传输系统。如何实现 IPT 系统能量发送端和接收端间的稳定、可靠、简便的信号传递也成为实现 IPT 技术应用推广所亟待解决的问题。

[0004] 目前,针对 IPT 系统的能量发送端和接收端的通信问题,广泛使用是通过新增信号传输线圈,实现能量和信号的并行传输。虽然一定程度上解决了能量发送端和接收端通信的需求,不过新增的通信接口增加了整个系统的不稳定因素,同时两者之间的相互串扰问题影响了整个系统的性能及鲁棒性。

[0005] 有学者提出在能量传输回路中串接耦合变压器,将高频载波信号耦合到能量回路中,实现数字信号载波的传输。高频信号载波的引入会在能量回路带来谐波干扰,降低能量传输品质,且由于系统能量传输回路谐振补偿电路的存在,信号载波会被削弱难以顺利通过。

[0006] 中国专利 201410016053.2 也公开了一种基于多谐振技术的无线能量和信号同步传输系统,该系统是为了解决现有的能量和信号的同步传输方法的传输能量受幅度调制的影响,不能获得稳定的功率输出的问题。它具有多个谐振点的 LC 串并联电路作为原/副边谐振匹配电路,使得能量传输和通信分别使用不同的频率,在实现能量和数据同步传输的同时,将二者的相互影响减至最低。但是该系统中的信号传输通道并联在能量耦合机构 L 和谐振电容 C 构成的 LC 谐振补偿电路外,传输的信号必须经过谐振电容,对信号的影响仍然比较严重,同时能量传输时,也会有一部分进入信号传输通道中,随着系统能量传输功率的加大,信号提取线圈承受的电流变大,能量传输对信号解调的干扰增加,影响信号的解调。

发明内容

[0007] 针对现有技术的缺陷,本发明提出一种基于共享通道的能量信号并行传输系统,

将信号加载和检波回路与能量耦合结构并联,利用 LC 的带通和带阻特性阻断信号载波进入能量传输回路,并阻断能量传输进入信号传输通道,消除信号载波传输在能量回路的谐波干扰,降低了能量传输对信号传输的影响,在不影响能量传输的基础上,实现信号的双向传输。

[0008] 为了达到上述目的,本发明所采用的具体技术方案如下:

[0009] 一种基于共享通道的能量信号并行传输系统,包括能量输入装置、原边电能变换装置、能量耦合机构、副边电能变换装置以及负载,所述能量耦合机构由发射线圈 L_p 和拾取线圈 L_s 构成,在能量耦合机构与原边电能变换装置之间设置有原边谐振补偿电路,其关键在于:在所述发射线圈 L_p 的两端并联有原边信号传输通道,在所述拾取线圈 L_s 的两端并联有副边信号传输通道,所述原边信号传输通道由耦合变压器 T_1 的一个绕组、调谐电容 C_1 以及耦合变压器 T_3 的一个绕组串联而成,所述耦合变压器 T_1 作为原边信号加载电路,其另一个绕组加载向副边发送的信号,所述耦合变压器 T_3 作为原边信号拾取元件,其另一个绕组并联检波电容 C_3 后构成原边检波电路,所述副边信号传输通道由耦合变压器 T_2 的一个绕组、调谐电容 C_2 以及耦合变压器 T_4 的一个绕组串联而成,所述耦合变压器 T_2 作为副边信号加载电路,其另一个绕组加载向原边发送的信号,所述耦合变压器 T_4 作为副边信号拾取元件,其另一个绕组并联检波电容 C_4 后构成副边检波电路,在所述原边电能变换装置与所述原边信号加载电路之间的能量传输通道上串接有原边高频阻波电路,在所述副边电能变换装置与所述副边信号加载电路之间的能量传输通道上串接有副边高频阻波电路。

[0010] 作为进一步描述,所述原边高频阻波电路与所述副边高频阻波电路均是由电感、电容并联而成的带阻滤波电路,其中心频率为信号载波频率。

[0011] 再进一步描述,所述原边信号传输通道与副边信号传输通道中的耦合变压器和调谐电容分别构成一个带通滤波电路,其中心频率为信号载波频率。

[0012] 为了便于实现的数字信号的调制,所述原边信号加载电路与所述副边信号加载电路分别连接有一个用于加载数字信号的开关键控调制模块,通过开关键控将数字信号调制为载波信号。

[0013] 为了保证能量传输效率,所述原边谐振补偿电路为原边谐振电容。

[0014] 同理,在能量耦合机构与副边电能变换装置之间设置有副边谐振补偿电路,该副边谐振补偿电路为副边谐振电容。当然,如果能量耦合机构的耦合系数较高,副边谐振电容也可以省略。

[0015] 本发明的显著效果是:

[0016] 本发明提出的一种基于共享通道的能量信号并行传输系统,不需额外增加信号耦合机构,将信号传输通道直接并联在系统已有的能量耦合机构上,中间并没有谐振补偿电容,且在信号传输通道和能量变化装置串联了高频阻波电路,根据高频阻波电路并联谐振的阻抗特性,调节谐振频率等于信号载波频率,这样其特征阻抗对信号载波来说足够大,相当于断路,高频阻波电路可以将信号传输通道中的信号加载电路和信号检波电路同能量传输通道中的谐振电容阻断,信号载波不会再通过谐振电容,而是直接通过耦合机构,不会对信号载波造成衰减作用。其次,信号加载电路和检波电路中,调谐电容和耦合变的一个绕组串联,只需要调节其谐振频率等于信号载波的频率,根据串联谐振的阻抗特性,其特征阻抗在信号载波下极小,信号载波可以顺利通过,而对于能量频率而言,其阻抗却相当大,这样

对于能量来说,相当于断路,该支路并不会对能量的传输造成影响,可以真正意义上的实验能量信号的无干扰并行传输。其次当能量的频率在一定范围内发生变化时,其阻抗依旧足够大,可以保证能量的软开关工作模式。

附图说明

- [0017] 图 1 是本发明的电路原理框图;
- [0018] 图 2 是传统 IPT 系统中增加高频阻波电路后的电路原理图;
- [0019] 图 3 是信号传输通道的电路原理图;
- [0020] 图 4 是无信号传输通道时系统能量传输的 Bode 图;
- [0021] 图 5 是有信号传输通道时系统能量传输的 Bode 图;
- [0022] 图 6 是能量传输对信号正向传输的影响 Bode 图;
- [0023] 图 7 是能量传输对信号反向传输的影响 Bode 图;
- [0024] 图 8 是信号传输的 Bode 图;
- [0025] 图 9 是数字信号调制效果图;
- [0026] 图 10 是信号解调电路的原理框图。

具体实施方式

[0027] 下面结合附图对本发明的具体实施方式以及工作原理作进一步详细说明。

[0028] 如图 1-图 3 所示,一种基于共享通道的能量信号并行传输系统,包括能量输入装置、原边电能变换装置、能量耦合机构、副边电能变换装置以及负载,所述能量耦合机构由发射线圈 L_p 和拾取线圈 L_s 构成,在能量耦合机构与原边电能变换装置之间设置有原边谐振补偿电路,其特征在于:在所述发射线圈 L_p 的两端并联有原边信号传输通道,在所述拾取线圈 L_s 的两端并联有副边信号传输通道,所述原边信号传输通道由耦合变压器 T_1 的一个绕组、调谐电容 C_1 以及耦合变压器 T_3 的一个绕组串联而成,所述耦合变压器 T_1 作为原边信号加载电路,其另一个绕组加载向副边发送的信号,所述耦合变压器 T_3 作为原边信号拾取元件,其另一个绕组并联检波电容 C_3 后构成原边检波电路,所述副边信号传输通道由耦合变压器 T_2 的一个绕组、调谐电容 C_2 以及耦合变压器 T_4 的一个绕组串联而成,所述耦合变压器 T_2 作为副边信号加载电路,其另一个绕组加载向原边发送的信号,所述耦合变压器 T_4 作为副边信号拾取元件,其另一个绕组并联检波电容 C_4 后构成副边检波电路,在所述原边电能变换装置与所述原边信号加载电路之间的能量传输通道上串接有原边高频阻波电路,在所述副边电能变换装置与所述副边信号加载电路之间的能量传输通道上串接有副边高频阻波电路。

[0029] 通过图 3 可以看出,所述原边高频阻波电路与所述副边高频阻波电路均是由电感、电容并联而成的带阻滤波电路,其中心频率为信号载波频率,所述原边信号传输通道与副边信号传输通道中的耦合变压器和调谐电容分别构成一个带通滤波电路,其中心频率为信号载波频率,所述原边谐振补偿电路为原边谐振电容,由于能量耦合机构的耦合系数较高,本例中未设置副边谐振电容。

[0030] 为了进一步理解本系统的性能,下面对添加的并联信道对能量传输的影响,以及能量传输过程对信号传输过程的影响进行了分析,具体实施时,结合图 2、图 3 中各个元件

的标识,系统参数如表 1 所示。

[0031] 表 1 系统参数

[0032]

参数	值
V_{in}	43-53V
L_p	456.9 μH
L_S	457.2 μH
$L_{T11} L_{T12}$	0.73 μH
$L_{T21} L_{T22}$	76.71 μH
$L_{T31} L_{T32} L_{T41} L_{T42}$	5.04 μH
M	431.4 μH
$M_1 M_4$	8.8 μH
$M_2 M_3$	4 μH
C_p	0.3 μF
$C_1 C_2$	0.1 nF
$C_3 C_4$	2 nF
R_e	8 Ω

[0033] 首先分析信号传输通道的加入对系统能量传输过程的影响,在为加入信号传输通道时,系统结构如图 2 所示,假设系统逆变输出电压为 V_{in} ,系统等效负载为 R_e ,系统负载端电压为 V_{out} ,谐振频率为 ω ,忽略高频阻波电路对系统阻抗的影响,则能量拾取端阻抗为: $z_2 = j\omega L_s + R_s + R_e$;

[0034] 其反射阻抗为: $z_{21} = \frac{\omega^2 M^2}{z_2}$;

[0035] 则能量发射端的阻抗为: $z_1 = j\omega L_p + R_p + \frac{1}{j\omega C_p} + z_{21}$;

[0036] 则能量发射端的电流为: $i_1 = \frac{V_{in}}{z_1}$;

[0037] 能量拾取端拾取到的电压为: $v_2 = j\omega M i_1$;

[0038] 可以得到系统的负载输出电压为: $V_{out} = \frac{v_2}{z_2} R_e$;

[0039] 则可得到系统能量输入到负载端的增益为： $A(\text{dB}) = 20 \log \left(\frac{V_{\text{out}}}{V_{\text{in}}} \right)$ ；

[0040] 当加入并联信道后，能量拾取端的阻抗为： $z_2' = j\omega L_s + R_s + \frac{R_s z_s}{R_s + z_s}$ ；

[0041] z_s 为并联信道的阻抗： $z_s = j\omega L_{T32} + j\omega L_{T12} + \frac{1}{j\omega C_1} + z_{42}$ ；

[0042] z_{42} 为检波在信道的反射阻抗： $z_{42} = \frac{\omega^2 M^2}{z_4}$ ； $z_4 = j\omega L_{T31} + \frac{1}{j\omega C_3}$ ；

[0043] 由信道的对称，发送端信道阻抗 $z_p' = z_s'$ ，能量拾取端的反射阻抗为 z_{21}' ，能量发送端的阻抗为： $z_1' = \frac{1}{j\omega C_p} + \frac{z_p(j\omega L_p + r_p + z_{21}')}{z_p + j\omega L_p + r_p + z_{21}'}$ ；

[0044] 则能量发送端的电流为： $i_p' = \frac{V_{\text{in}}}{z_1'}$ ；

[0045] 则能量发送端的端电压为： $V_i' = i_p' \frac{z_p(j\omega L_p + r_p + z_{21}')}{z_p + j\omega L_p + r_p + z_{21}'}$ ；

[0046] 则流过能量耦合机构的电流为： $i_1' = \frac{V_i'}{j\omega L_r + r_p + z_{21}'}$ ；

[0047] 可得能量拾取端电压为： $v_2' = j\omega M i_1'$ ；

[0048] 则负载端的电压为： $V_{\text{out}}' = \frac{v_2'}{z_2'} \frac{r_s z_s}{r_s + z_s}$ 。

[0049] 同样地，可以得到加入信号传输通道后系统能量输入到输出端的增益，得到两种情况下系统能量传输的波特图，分别为图 4 和图 5 所示，比较加载并联信道前后能量传输的波特图可知，在低频率段（低于 1000kHz），波特图的趋势及相应频率下的增益、相位几乎一致，可知并联信道对于系统能量传输过程的影响几乎可以忽略。

[0050] 接下来我们分析能量传输对信号正向传输的影响，如图 3 所示，信号正向传输过程由耦合变压器 T_1 注入信号载波， T_4 从信道中提取信号载波，能量高频谐波可能串入信道，影响信号的解调。这里建立系统逆变输出同信号检波电路输出的关系，确定系统能量传输对信号正向传输的影响。

[0051] 能量拾取端电压为 $v_2' = j\omega M i_1'$ ，则信道的电流为： $i_s' = \frac{v_2'}{z_s}$ ；

[0052] 信号检波的输出电压为： $V_{\text{out}1}' = j\omega M_3 i_s'$ ；

[0053] 则可得到信号检波输出电压 $V_{\text{out}1}'$ 同 V_{in} 的波特图如图 6 所示。

[0054] 由图 6 信号检波对能量输入的波特图，信号正向传输时，高频电能到信号接收端检波电路的增益可达到 -95.5dB，能量传输过程在信号传输过程的干扰被很大的削弱；即使对于其高次谐波（高于 1.48MHz）其增益依旧可以达到 -39.3dB，在信号检波电路的干扰极小。选择合适的信号载波，使得信号检波得到的信号载波幅值 $V_{\text{out}1}'$ 大于能量传输在信号载波电路的干扰 $V_{\text{out}1}'$ ，能量传输对信号正向传输的影响也可以忽略。

[0055] 接下来我们再分析能量传输对信号反向传输的影响,信号反向传输时,干扰主要来自耦合变压器 T_3 耦合到的来自高频电能谐波。由能量发送端的端电压为:

$$V_t' = i_p' \frac{z_p(j\omega L_p + r_p + z_{21}')}{z_p + j\omega L_p + r_p + z_{21}'}; \text{ 可知发送端信道的电流为: } i_t' = \frac{V_t'}{z_p'};$$

[0056] 则信号检波电路的端电压为: $V_{out2}' = j\omega M_3 i_t'$;

[0057] 则可得到 $V_{out2}' - V_{in}$ 的波特图, 如下图 7 所示。

[0058] 信号反向传输过程中, 高频电能在信号接收电路上的增益可达到 -85.7dB, 能量传输对信号传输过程的影响被很大的削弱, 其高次谐波 (高于 1.32MHz) 的增益也达到 -27.1dB, 能量传输对系统信号传输的影响也很小。

[0059] 在信号传输过程中, 高频阻波电路阻断信号载波进入能量传输回路, 能量传输回路对于信号载波相当于短路。信道的对称性, 这里只对信号正向传输过程信号载波的衰减情况进行介绍。载波输入为 V_{in1} , 检波输出为 V_{out1} , 得到其波特图曲线如图 8 所示。

[0060] 通过分析图 8 可知, 信号载波在信道传输过程, 增益有三个峰值, 频率为 1.48MHz 时, 增益达到 5.89dB。结合、能量传输对信号传输影响的波特图, 选择合适的信号载波频率, 实现信号载波的双向传输, 同时能量传输的影响降到最低, 实现能量信号的实时同步传输。

[0061] 为了更好的实现信号传输, 所述原边信号加载电路与所述副边信号加载电路分别连接有一个用于加载数字信号的开关键控调制模块。信号加载采用开关键控 OOK (On-Off-Keying) 的调制方式, 当数字信号为 1 时, 输出连续的载波, 当数字信号为 0 时, 关闭载波输出, 通过开关电路完成信号的调制, 在输出端得到带有数字特征的载波信号, 调制过程如图 9 所示。

[0062] 从检波电路得到的带有数字载波和能量谐波的复合载波, 经过带通滤波器, 选择合适的比较器阈值, 得到数字载波信号, 经过单稳触发器, 复原出数字信号, 完成信号的解调, 其结构如图 10 所示。

[0063] 综上所述, 本发明提出的这种共享通道的模式实现 IPT 系统的能量信号实时同步传输。不需额外增加信号耦合机构, 将信号加载和检波电路并联在系统已有的能量耦合机构上, 实现了在不影响系统能量传输的前提下, 能量的单向传输, 信号的半双工双向传输, 可通过与耦合线圈并联的信道, 实现信号载波注入到耦合线圈, 以及从耦合线圈中提取信号载波, 能量传输可以工作在软开关模式, 降低对信号传输的辐射干扰, 同时不会受到信号传输的影响; 信号传输的速率最低都能能达到 19.2Kbps, 且为半双工、双向传输, 其误码率完全可以达到低于万分之一的要求, 具有很大的应用前景。

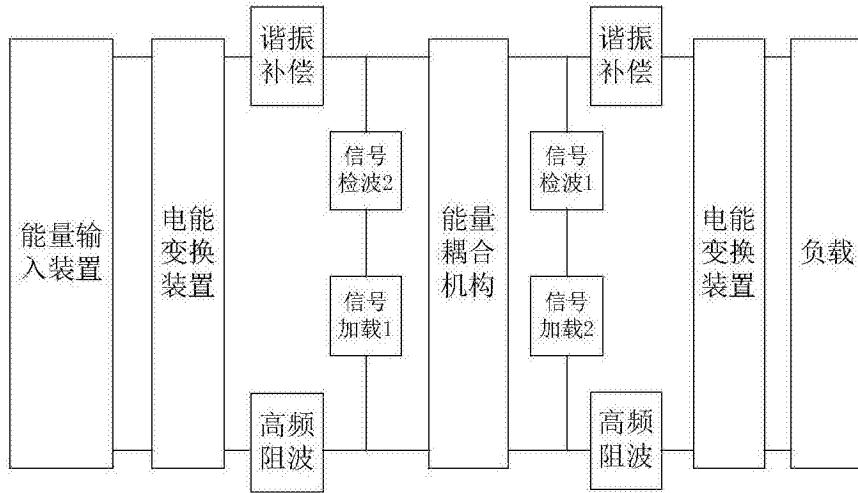


图 1

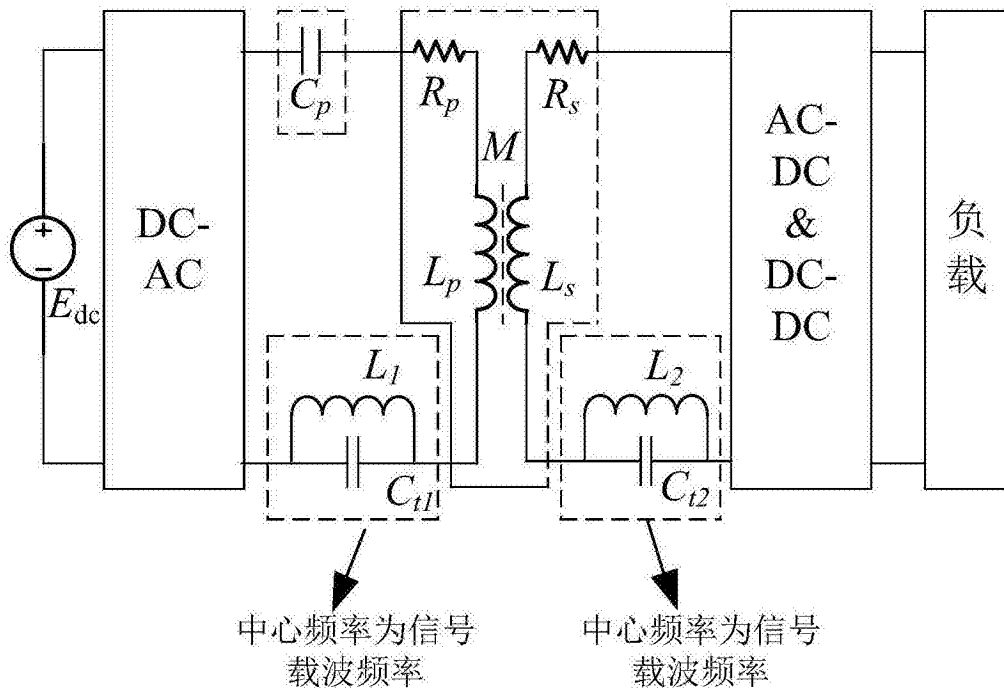


图 2

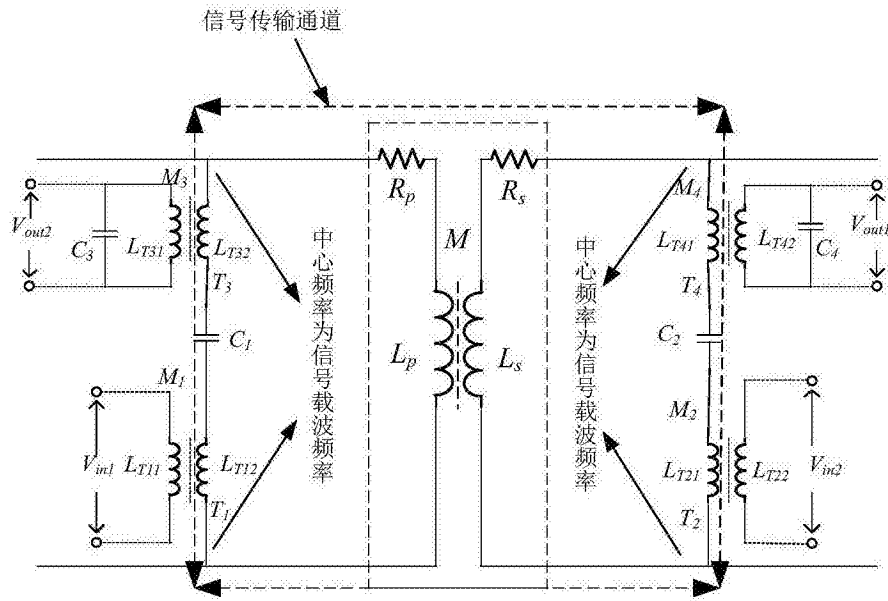


图 3

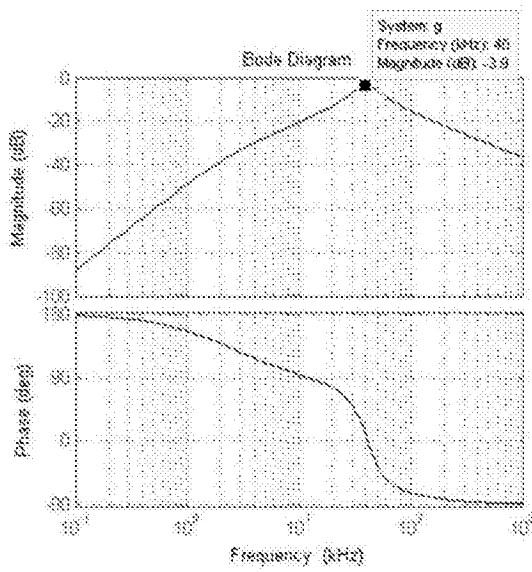


图 4

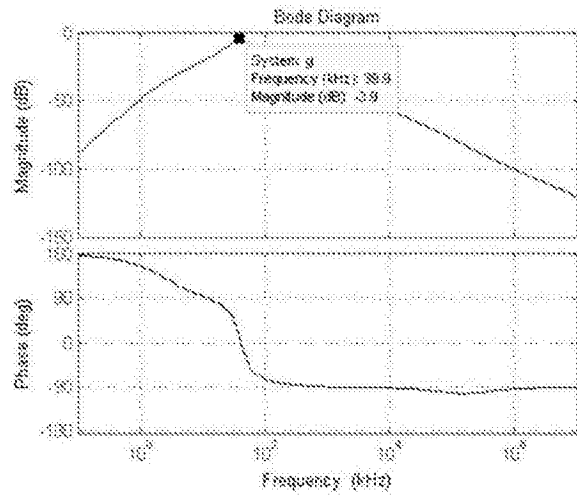


图 5

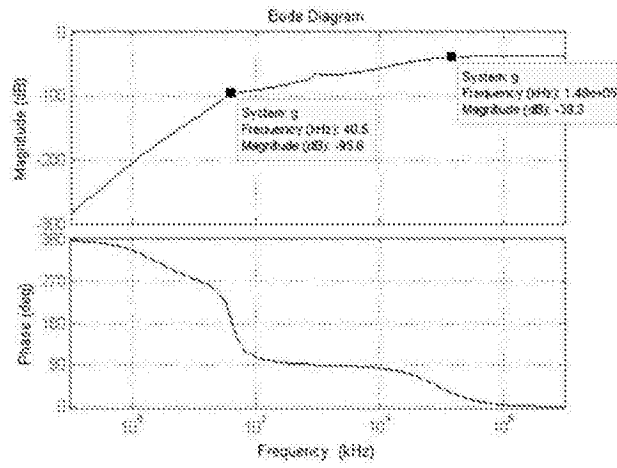


图 6

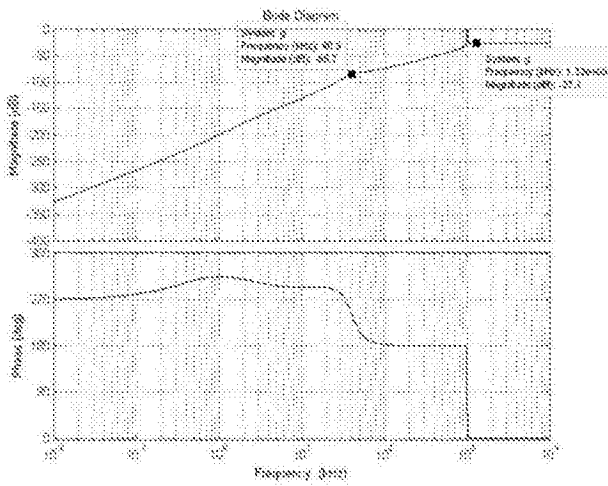


图 7

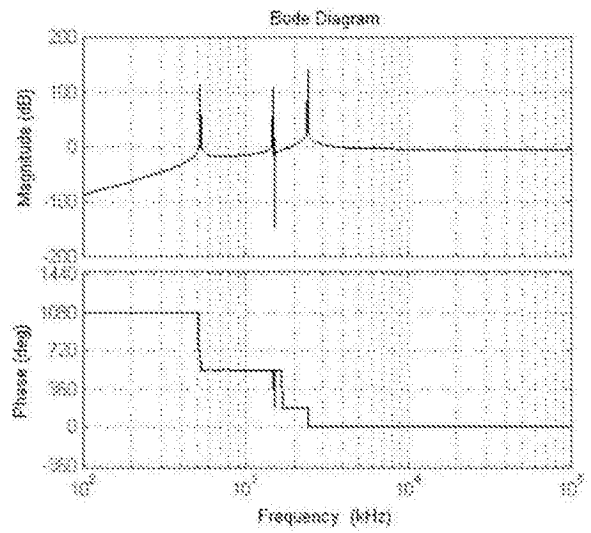


图 8

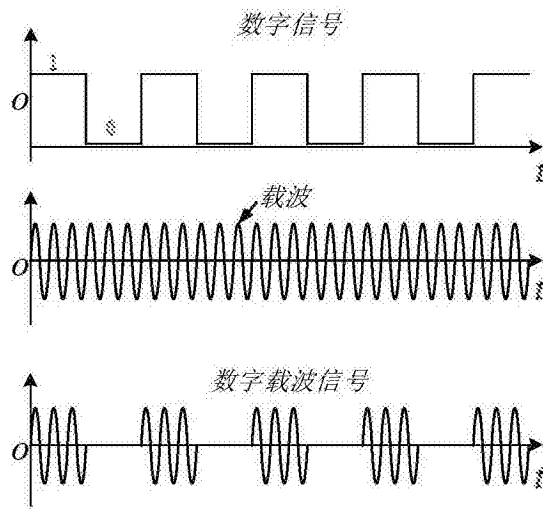


图 9

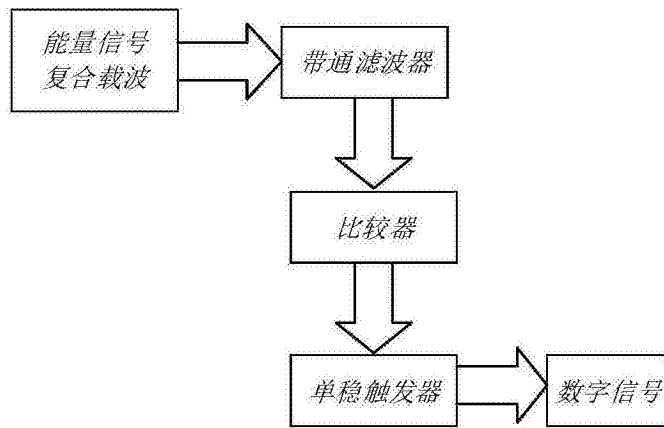


图 10