

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
H04B 3/54 (2006.01)



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200480036595.0

[43] 公开日 2007 年 1 月 3 日

[11] 公开号 CN 1890894A

[22] 申请日 2004.10.14

[21] 申请号 200480036595.0

[30] 优先权

[32] 2003.10.15 [33] US [31] 10/685,868

[86] 国际申请 PCT/US2004/034039 2004.10.14

[87] 国际公布 WO2005/039070 英 2005.4.28

[85] 进入国家阶段日期 2006.6.9

[71] 申请人 通用电气公司

地址 美国纽约州

[72] 发明人 K·B·维勒斯二世 D·H·马曼

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司
代理人 杨 凯 陈景峻

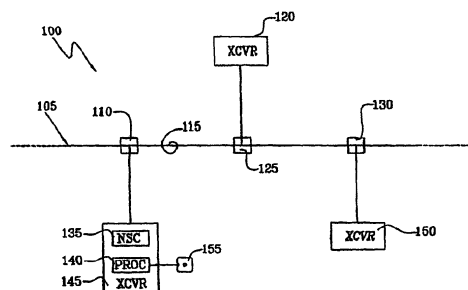
权利要求书 3 页 说明书 11 页 附图 5 页

[54] 发明名称

电力线通信系统中动态零陷之补偿

[57] 摘要

提供了一种便于在具有复阻抗的电力网中进行通信的方法。该方法包括修改复阻抗并确定该修改是否影响通信的质量的步骤。



1. 一种便于在具有复阻抗的电力网中进行通信的方法，包括如下步骤：

修改所述复阻抗；以及

确定所述修改是否影响所述通信的质量。

2. 如权利要求 1 所述的方法，其中：所述修改可变更所述电力网中零陷的特性。

3. 如权利要求 1 所述的方法，其中：所述通信在信号频带中进行，并且所述修改可改善所述信号频带中的所述质量。

4. 如权利要求 1 所述的方法，其中：所述修改响应所述质量低于可接受阈值之确定而执行。

5. 如权利要求 1 所述的方法，其中：重复所述修改并对所述复阻抗的多个值重复所述确定，所述方法还包含确定所述多个值中哪一个产生最佳的所述质量的步骤。

6. 如权利要求 1 所述的方法，其中：所述方法由从发射机、接收机和收发信机构成的组中选择的设备使用。

7. 如权利要求 1 所述的方法，其中：所述方法由未能接收到对收发信机先前在所述电力网上发送的消息之确认的收发信机使用。

8. 如权利要求 1 所述的方法，其中：所述质量由所述通信的比特误码率来度量。

9. 如权利要求 1 所述的方法，其中：所述质量根据所述通信是否为连接到所述电力网的接收机所确认来度量。

10. 一种便于在具有复阻抗的电力网中进行通信的方法，包括如下步骤：

确定在所述电力网中通信的质量；以及

在所述质量低于可接受的阈值时修改所述复阻抗。

11. 一种便于在具有复阻抗的电力网中进行通信的方法，包括

如下步骤:

经由所述电力网传送信息;

修改所述复阻抗; 以及

经由所述电力网重传所述信息。

12. 一种便于在具有复阻抗的电力网中进行通信的装置, 包括:

修改所述复阻抗的电路; 以及

确定所述修改是否影响所述通信的质量的处理器。

13. 如权利要求 12 所述的装置, 其中: 所述修改可变更所述电力网中零陷的特性。

14. 如权利要求 12 所述的装置, 其中: 所述通信在信号频带中进行, 并且所述修改可改善在所述信号频带中的所述质量。

15. 如权利要求 12 所述的装置, 其中: 所述修改响应所述质量低于可接受的阈值之确定而执行。

16. 如权利要求 12 所述的装置, 其中: 重复所述修改并对所述复阻抗的多个值重复所述确定, 所述处理器还包含确定所述多个值中的哪一个产生最佳的所述质量的模块。

17. 如权利要求 12 所述的装置, 其中: 所述装置由从发射机、接收机和收发信机构成的组中选择的使用。

18. 如权利要求 12 所述的装置, 其中: 所述装置由未能接收到收发信机先前在所述电力网上发送的消息之确认的所述收发信机使用。

19. 如权利要求 12 所述的装置, 其中: 所述质量由所述通信的比特误码率来度量。

20. 如权利要求 12 所述的装置, 其中: 所述质量根据所述通信是否为连接到所述电力网的接收机所确认来度量。

21. 一种便于在具有复阻抗的电力网中进行通信的处理器, 包括:

确定在所述电力网中通信的质量的模块; 以及

在所述质量低于可接受的阈值时控制电路以修改所述复阻抗的模块。

22. 一种便于在具有复阻抗的电力网中进行通信的处理器，包括：

通知发射机经由所述电力网传送信息的模块；

控制电路以修改所述复阻抗的模块；以及

通知所述发射机重传所述信息的模块。

23. 一种含有指令的存储介质，所述指令控制便于在具有复阻抗的电力网中进行通信的处理器，其中包括：

控制所述处理器以确定在所述电力网中通信的质量的指令；以及

在所述质量低于可接受的阈值时控制所述处理器以控制电路修改所述复阻抗的指令。

24. 一种含有指令的存储介质，所述指令控制便于在具有复阻抗的电力网中进行通信的处理器，其中包括：

控制所述处理器以通知发射机经由所述电力网传送信息的指令；

控制所述处理器以控制电路来修改所述复阻抗的指令；以及

控制所述处理器以通知所述发射机来重传所述信息的指令。

电力线通信系统中动态零陷之补偿

技术领域

本公开涉及电力线通信，更具体地说，涉及对于电力线通信系统中频率零陷的处理方法。

背景技术

在电力线通信（PLC）系统中，通信信号在电力网上的电线上传播。一般通过在电力线电压的上面叠加例如大于 20KHz 频率的高频信号来执行 PLC 信号传输。电力网中的电插座能充当电力源和通信信号端口。因而，插入到电插座的 PLC 收发信机接收经由电插座的电力和通信信号。但是注意，一些 PLC 设备不需从电力线接收功率，或者至少不需依赖于来自电力线的电源。因此，在 PLC 系统中，电力线用于通信目的，因而在一些情况下，当电源是否存在时都能进行通信。

零陷是指在该频率通信信号衰减到非期望的水平。通信频率易受由驻波相消干扰导致的零陷的影响。如果深的零陷在 PLC 系统载频发生，则通信可能失败。

信号零陷发生处的频率与电力网的复阻抗有密切关系。而复阻抗又受连接到电力网的电设备或电器的存在的影响。它还受大量的分支配线电路的影响，各配线电路会在变化的频率上引起反射并影响阻抗。

可以在比如居所或商业大楼之类的单一建筑物中或在这些建筑物的复合体上实现 PLC 系统。因而，PLC 系统原本就不会限于任何特定的地理位置、尺寸或布局，并且它可包括在建筑物之间的电路布线。

复阻抗还受连接到电力网的设备或电器的操作的影响。例如，打开电灯会导致复阻抗的改变，并因而改变零陷。结果，零陷的深度和/或频率会发生改变。

一些 PLC 设备是非常窄的频带设备。美国专利 No. 6441723 描述了一种使用具有非常窄的带宽的单一频率的设备。因此，如果零陷发生在上述单一频率上，则会致使设备不可工作。

采用了几种技术来尝试防止由零陷导致的问题。第一种技术是：使用较低频率的 PLC 信号，因此具有较长的波长，以致上述 PLC 信号不会受驻波的影响。基于较低频率的设备会出现若干问题。首先，为了从电力线的一个相位到另一相位有效地进行通信，它们通常需要安装“相位桥”来连接跨相位的信号。由于房主多半并不安装相位桥，这显著地增加了安装的成本和复杂性。其次，在较低频率上会有更多的来自电器的噪声，因而降低信噪比，这会影响信号的质量。第三，比如在电视机中常见的电器中的电容，被用来降低干扰，但是它也会显著地衰减期望的通信信号。第二种技术是设有多个可用的频率供 PLC 信号使用，因此如果第一频率上的通信不令人满意，就可切换到第二频率。第二种技术需要 PLC 设备能够工作在所有的多个频率上，并且还需要一个控制协议来使设备调整到适当的频率。因此，与使用单个频率的系统相比，第二种技术需要额外的硬件和相对复杂的控制协议。第三种技术采用扩频技术使得窄的零陷仅仅衰减 PLC 信号的小部分，而 PLC 信号的其它部分继续存在，可提供令人满意的通信。第三种技术需要使用匹配的滤波器或者其它的专门接收硬件以正确接收已由特定频率零陷改过的扩频信号。因此，与使用单一频率的系统相比，第三种技术需要额外的接收机硬件和/或软件。

最好能维持使用单一频率的通信系统，因为，与灵活的频率系统相比，由于其构成部件较少，单一频率系统一般并不昂贵，其设计简单并且更可靠。因此，需要一种改良的技术来处理对单一频率

的电力线通信设备的工作造成干扰的零陷。

发明内容

提供了一种便于在具有复阻抗的电力网中进行通信的方法。一方面，上述方法包括修改复阻抗，并且确定修改是否影响通信的质量。另一方面，上述方法包括确定在电力网中的通信的质量，并且如果质量低于可接受的阈值则修改复阻抗。再一方面，上述方法包括经由电力网传送信息、修改复阻抗以及经由电力网重传上述信息。

本发明的一个实施例是一种便于在具有复阻抗中的电力网中进行通信的装置。上述装置包括用于修改复阻抗的电路以及用于确定修改是否影响通信质量的处理器。

本发明的另一实施例是一种便于在具有复阻抗中的电力网中进行通信的处理器。一方面，上述处理器包括用于确定在电力网中通信质量的模块，以及用于如果质量低于可接受的阈值则控制电路以修改复阻抗的模块。另一方面，上述处理器包括：用于通知发射机经由电力网传送信息的模块，用于控制电路以修改复阻抗的模块，以及用于通知发射机重传上述信息的模块。

本发明的另一实施例是存储介质，其中含有用以控制便于在具有复阻抗电力网中进行通信的处理器指令。一方面，上述存储介质包含：用于控制处理器以确定在电力网中通信质量的指令，以及在质量低于可接受的阈值时控制处理器来控制电路以修改复阻抗的指令。另一方面，上述存储介质包括：用于控制处理器来通知发射机经由电力网传送信息的指令，用于控制处理器来控制电路以修改复阻抗的指令，以及用于控制处理器来通知发射机重传上述信息的指令。

附图说明

图 1 是在电力网中实现的 PLC 系统的示意图；

图 2A 和 2B 是零陷移动电路的示范实施例的示意图；

图 3 中的示例曲线示出了一测试例中对于零陷的效果, 该例中发射机采用与图 2A 的电路相类似的零陷移动电路;

图 4 中的示例曲线示出了一测试例中对于零陷的效果, 该例中接收机采用与图 2A 的电路相类似的零陷移动电路。

具体实施方式

图 1 是在电力网 105 中实现的 PLC 系统 100 的示意图, 例如电力网 105 是 60 赫兹 (Hz)、120 伏的交流电 (VAC) 电力网。电力网 105 包括电力线 115 以及多个电插座 110、125 和 130。尽管电力线 115 图示为单一直线, 但是在实践中它包括多个导线, 例如火线、零线和地线, 通常在单一电路上具有大量的配线分支。PLC 系统 100 包括三个收发信机 145、120 和 150, 它们分别经由电插座 110、125 和 130 连接到电力网 105。

各收发信机 145、120 和 150 具有集成于其中的发射机和接收机, 它们均未在图 1 中示明。具有发射机和接收机使得收发信机 145、120 和 150 能彼此双向地通信。收发信机 145、120 和 150 可各自配置为遵照通信协议进行通信的主设备或从设备。PLC 系统 100 可以包括任何数量的收发信机, 但它也可以包括离散的发射机或离散的接收机。

假定收发信机 145 想要与收发信机 120 进行通信。于是, 收发信机 145 经由插座 110 传送信号。信号经电力线 115 传播, 并且收发信机 120 经由插座 125 接收上述信号。因而, 收发信机 145 是传送的起源, 而收发信机 120 是传送的目标。在许多通信协议中, 响应该信号之接收, 收发信机 120 将确认信号经电力线 115 传送到收发信机 145。当收发信机 145 收到该确认信号时, 收发信机 145 就断定与收发信机 120 的通信是成功的。

通信信号频率, 特别是大于 1 兆赫兹 (MHz) 的频率, 容易受到由电力网 105 的复阻抗导致的不利效应的影响, 该不利效应是电

阻、电容和电感的集体效应。还有，复阻抗效应在电力网 105 的不同部分中会不同。

例如，假定收发信机 145 在频率 13.56MHz 处发射信号（即被发射信号）。该被发射信号经电力网 105 传播，并且可由收发信机 120 令人满意地接收，而它也会在插座 130 处严重地衰减，例如-70 分贝（dB），因而收发信机 150 接收不到。在插座 130 处的这种衰减是由于两个或者多个信号的相消而消除。在这些有消除作用的信号中，有一个是从插座 110 到插座 130 的发射信号。其它的干扰信号是来自电力网 105 中其它电气路径的反射。因为电力网 105 设计成用于 60Hz 电流，所以 13.56MHz 信号将会从配线分支终接或连接到电器的位置反射。信号将受到分布在整个电力网 105 中的各种电感、电阻和电容值（即复阻抗）的不同数量的相移的影响。当信号的相位和振幅在插座 130 处按照与将发射的信号抵消的方式合并时，发射的信号被严重衰减。

因而，对于特定的相平衡的抵消，衰减是严重的。然而，如果电力网 105 的复阻抗被轻微地修改，则该抵消被扰乱并且插座 130 处的信号强度充分增加。

电力网 105 可具有各种与之连接的电电器，例如，冰箱或灯。开关电器、将电器插入到插座或者从插座移除电器，都会改变电力网 105 的复阻抗。在电力网 105 中任一点的阻抗的改变会影响整个电力网 105。因而，电力网 105 的复阻抗不是恒定的，而是可变的。因而，在收发信机 145、120 和 150 之间的通信的质量会有时令人满意，有时又令人不满意。

通信的质量可以用任何合适的方式来度量。一种度量质量的方法基于比特误码率（BER）。如果 BER 小于阈值，则认为质量可接受，否则认为质量不可接受。用于度量质量的另一种方法基于通信是否由连接到电力网的接收机确认。例如，假定收发信机 145 将消息发送到收发信机 150。如果在收发信机 150 中的接收机确认收到消

息，则认为质量可接受，否则认为质量不可接受。

在电力线（例如电力线 115）上的通信通常使用 1MHz-40MHz 的载频。在该频率的信道，许多信号衰减是由于驻波抵消。当描绘衰减与频率之关系的图形时，这种衰减表现为（在频率上）窄和（在衰减上）深，参看例如图 3 和 4。这种深的消除零陷会在任何频率发生并且发生到任何深度，取决于在电力线的情况，例如电力线的物理布局以及连接到电力线的设备的配置。如上所述，附带的问题是零陷的频率和深度可能随时间改变。

收发信机 145 包含能使收发信机 145 处理归因于频率零陷的前述问题的部件。更具体地说，收发信机 145 包含零陷移动电路 135 和处理器 140。

零陷移动电路 135 是用于修改电力网 105 中的复阻抗的阻抗开关电路。处理器 140 控制零陷移动电路 135 以修改电力网 105 的复阻抗来便于在电力网 105 中进行通信。而对复阻抗的修改又会更改电力网 105 中零陷的特性。该更改会涉及以下两者或者两者之一：

（a）降低在当前频率上的零陷的深度或（b）导致零陷移动到不同的频率。当在特定的信号频带中进行通信且零陷发生在信号频带时，降低或者移除零陷将改善在信号频带中的通信的质量。

一方面，处理器 140（a）通知收发信机 145 经由电力网 105 发送消息；（b）控制零陷移动电路 135 以修改电力网 105 的复阻抗；以及（c）通知收发信机 145 来重传上述消息。因而，收发信机 145 多次发送消息，其中上述多次中的每一次电力网 105 配置不同的复阻抗。可以在任何特定的复阻抗完成数据的重传，而无需确定通信的质量是否是最好的。将消息重传多次增加了至少一次传送成功的机会。然而，重传也减小了总的通信速率，但在一些应用中，降低的通信速率是可接受的。

另一方面，处理器 140 监视电力网 105 中的通信并且确定通信的质量。如果质量低于可接受的阈值，则处理器 140 控制零陷移动

电路 135 以修改电力网 105 的复阻抗。然后处理器 140 确定修改是否影响了通信的质量。例如,假定收发信机 145 将消息传送给收发信机 150。如果收发信机 145 没有接收到来自收发信机 150 的确认,则处理器 140 认为在通信频率有零陷,于是,处理器 140 控制零陷电路 135 来修改复阻抗。然后收发信机 145 重传上述消息,并且处理器 140 确定该重传是否被成功确认。

零陷移动电路 135 可配置成有选择地提供用于修改复阻抗的多个值。然后,处理器 140 用上述多个值控制零陷移动电路来测试电力网中通信的质量,并且确定多个值中哪一个产生最优质量。处理器 140 然后设定零陷移动电路 135 以提供产生最优质量的阻抗值。例如,假定零陷移动电路 135 可设置成提供阻抗 Z_1 或 Z_2 中的任一个。处理器 140 控制零陷移动电路 135 以提供阻抗 Z_1 ,并且监视通信的质量。假定使用阻抗 Z_1 产生 Q_1 的质量水平。此后,处理器 140 控制零陷移动电路来提供阻抗 Z_2 ,监视通信的质量并且发现使用阻抗 Z_2 产生 Q_2 的质量。于是,处理器 140 将零陷移动电路 135 控制成提供产生更好质量 Q_1 或 Q_2 的阻抗 Z_1 或 Z_2 。

此外,处理器 140 可评估 PLC 系统 100 中涉及不同组的设备的通信质量,从而确定第一复阻抗为第一组设备产生最好的结果,以及第二复阻抗为第二组设备产生最好的结果。例如,处理器 140 会发现当零陷移动电路 135 提供阻抗 Z_1 时在收发信机 145 和 120 之间的通信是最好的,以及当零陷移动电路 135 提供阻抗 Z_2 时在收发信机 145 和 150 之间的通信是最好的。因此,在收发信机 145 和 120 之间的通信期间,处理器 140 控制零陷移动电路 135 来提供阻抗 Z_1 ,并且在收发信机 145 和 150 之间通信期间,处理器 140 控制零陷移动电路 135 来提供阻抗 Z_2 。

尽管零陷移动电路 135 和处理器 140 表示为位于在收发信机 145 中,但是它们也可以设所有收发信机 145、120 和 150 中的或任何一个中。例如,收发信机 120 会接收到有误差码(比特误差码)的信号,

不过能通过执行误码校正而成功地接收信号。然而尽管如此，收发信机 120 可以决定将电力网 105 的复阻抗改变以降低比特误码。

或者，零陷移动电路 135 和处理器 140 也可设在接收机（未示出）中，该收发机不主动参与在电力网 105 中的通信，而是监视在收发信机 145、120 和 150 之间通信，并且修改复阻抗以产生最好的通信性能。这样的接收机会根据其对通信中的退化的检测来修改复阻抗，或者会周期性地或随机地修改复阻抗并评估各种阻抗值的性能。

零陷移动电路不必一定设于收发信机 145、120 或 150 的任何一个中，也不必一定设在接收机内。它可以是独立设备，并且可设于离处理器 140 远的地方。

处理器 140 可在专用硬件中实现，即为专用于本文描述的比如监控通信的质量和控制在零陷移动电路 135 而设计的硬件。或者，处理器 140 也可以在微处理器上的软件中实现，该微处理器具有含有用于控制处理器 140 的指令的相关存储器（未示出）。还有，这样的指令可以配置在存储介质 155 上，以随后载入到处理器 140 的存储器中。存储介质 155 可以是任何传统的存储介质，比如固态存储器、磁带、光存储介质、CD 盘或软盘。不管指令存储在何种介质中，当由处理器 140 执行时，它们均具有便于在电力网 105 中进行通信的技术效果。无论处理器 140 是在硬件还是在软件中实现，它可配置为单个模块，也可配置成多个子模块。

图 2A 是零陷移动电路 135A 的示意图，适合于用作零陷移动电路 135。零陷移动电路 135A 包含开关 205 和 220、电容器 210 和 225 以及电感 215 和 230。零陷移动电路 135A 连接到电力线 115，还连接到通信设备 201 的通信端口，例如收发信机 145 的发射机或接收机。电容器 210 具有 0.022 微法（ μF ）的值，电容器 225 具有 0.047 μF 的值，并且电感 215 和 230 各具有 5 微亨（ μH ）的值。处理器 140（见图 1）控制开关 205 和 220，以通过改变跨电力线 115 的导

线的电抗来修改电力网 105 的复阻抗。

考虑其中开关 205 和 220 均断开的电路 0。电容器 210 和 225 以及电感 215 和 230 从电力网 105 断开。因而,可认为零陷移动电路 135A 为关闭的。电力网 105 的复阻抗与零陷移动电路 135A 的外部条件有密切关系。指定该复阻抗配置为 Z_0 。

考虑其中开关 205 闭合且开关 220 断开的电路 1。电感 215 和电容 210 接入到电力网 105, 从而影响电力网 105 的复阻抗。指定该复阻抗配置为 Z_1 。

考虑其中开关 205 断开和开关 220 闭合的电路 2。电感 230 和电容 225 接入到电力网 105, 从而影响电力网 105 的复阻抗。指定该复阻抗配置为 Z_2 。

考虑其中开关 205 和 220 均闭合的电路 3。所有的电容器 210 和 225 以及电感 215 和 230 接入到电力网 105, 从而影响电力网 105 的复阻抗。指定该复阻抗配置为 Z_3 。

表 1 概述了开关 205 和 220 的四种配置, 并且因而产生的四种复阻抗 $Z_0 \sim Z_3$ 。复阻抗 $Z_0 \sim Z_3$ 彼此不同。通过将电力网 105 的复阻抗从复阻抗 $Z_0 \sim Z_3$ 中的一个改变到复阻抗 $Z_0 \sim Z_3$ 中的另一个, 处理器 140 控制零陷移动电路 135 来修改电力网 105 的复阻抗。

表 1

开关 220	开关 205	复阻抗
断开	断开	Z_0
断开	闭合	Z_1
闭合	断开	Z_2
闭合	闭合	Z_3

图 2B 是也可用作零陷移动电路 135 的零陷移动电路 135B 的示意图。零陷移动电路 135B 具有与零陷移动电路 135A 不同的布局, 它不包括电容器 225 和电感 230, 但包括其值为 $0.3 \mu\text{F}$ 的电容器 235。

与零陷移动电路 135A 类似，能控制零陷移动电路 135B 将电力网 105 的复阻抗设成四个值中的一个。

零陷移动电路 135A 和 135B 的拓扑、电容器 210、225 和 235 以及电感 215 和 230 的值仅是示范性的。此外，虽然零陷移动电路 135A 和 135B 示出为能用四种复阻抗配置电力网 105，但是可以实现零陷移动电路来用任何期望的多个复阻抗来配置电力网 105。例如，在一基本实现方案中，可以实现零陷移动电路 135 以将单个阻抗接入电力网 105 或者从电力网 105 切断，从而提供电力网 105 的两种复阻抗配置。一般地，零陷移动电路 135 可以是能够修改电力网 105 的复阻抗的任何电路，并且它可以配置为有源或者无源部件，或为二者的组合。

图 3 中的示例曲线示出了一测试例中对于零陷的效果，该例中发射机采用与 135A 类似的零陷移动电路。图 3 的纵轴是衰减，横轴是频率。假定电力线通信载频为 14.2MHz。在零陷移动电路关闭时，在 14.2MHz 处有约-55dB 的零陷。当零陷移动电路配置为电路 1 时，在 14.2MHz 处的衰减为约-20dB，改善约 35dB。当零陷移动电路配置为电路 2 时，在 14.2MHz 处的衰减为约-10dB，改善约 45dB。实践中，因为各真实的电力网具有其独特的阻抗组合，因此实际效果可能与图 3 所示的不同。

图 4 中的示例曲线示出了一测试例中对于零陷的效果，该例中接收机采用与 135A 类似的零陷移动电路。图 4 的纵轴是衰减，横轴是频率。考虑可能的通信频率 12.2MHz 和 13.2MHz。在零陷移动电路关闭时，在 12.2MHz 处有约-25dB 的零陷，在 13.2MHz 处有约-40dB 的零陷。当零陷移动电路配置为电路 1 时，在约 12.2MHz 时发生约-68dB 的零陷并且在 13.2MHz 处的衰减为约-23dB。当零陷移动电路配置为电路 2 时，在 12.2MHz 处的衰减为约-37dB 且在 13.2MHz 处的衰减为约-26dB。这样，对于 12.2MHz 的通信频率，最有利的性能发生在零陷移动电路关闭时。然而，对于 13.2MHz 的通信频率，最

有利的性能发生在电路 1 时。实践中，因为各真实的电力网具有其独特的阻抗组合，因此实际效果可能与图 4 所示的不同。

为采用零陷移动电路 135 和处理器 140 深入考虑了几种备选方案。（1）通过修改电力网 105 的复阻抗，主动地改变 PLC 抵消零陷深度或零陷频率，以允许在期望频率上的信号传输；（2）如果没有接收到来自从属设备的响应，则用主通信设备来修改电力网 105 的复阻抗；（3）使用主通信设备来修改电力网 105 的复阻抗并且监视其性能，然后使用能提供最佳性能的阻抗；（4）使用从属通信设备来周期性地修改电力网 105 的复阻抗，然后使用能提供最佳性能的阻抗；（5）周期地、随机地或间歇地用独立的通信设备来修改电力网 105 的复阻抗，以改善在分离的主设备和从属设备之间的通信。上述的种种方案可供发射机和接收机采用，而不必将它们指定为主设备或从属设备。

应当理解，本领域技术人员能够设想出对本文所教授内容的各种替代、组合和修改。本发明当涵盖所附的权利要求书范围内的所有这样的替代、修改和变化。

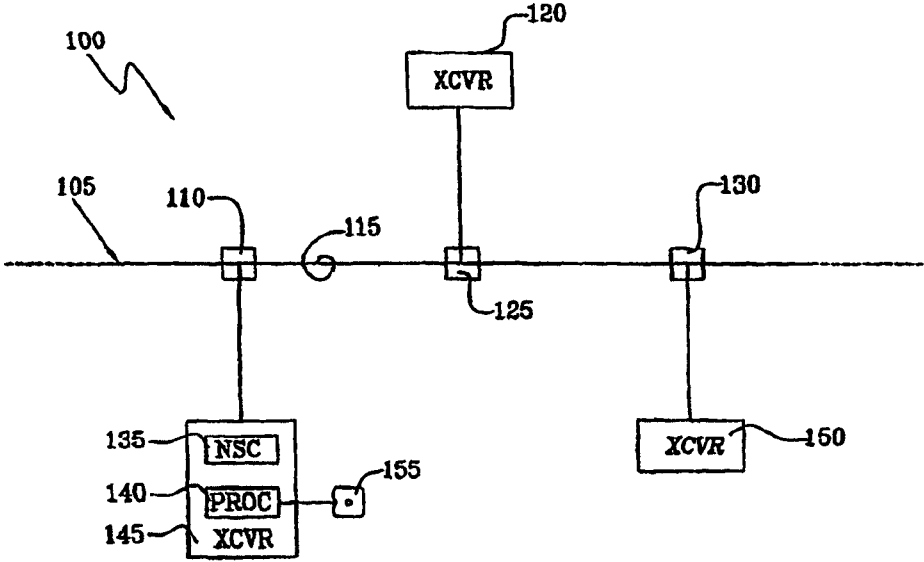


图 1

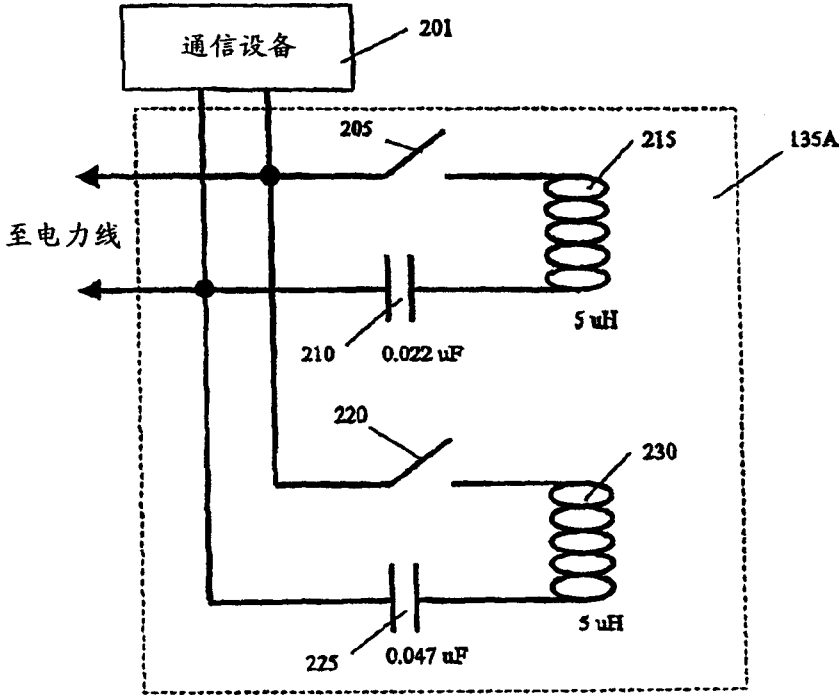


图 2A

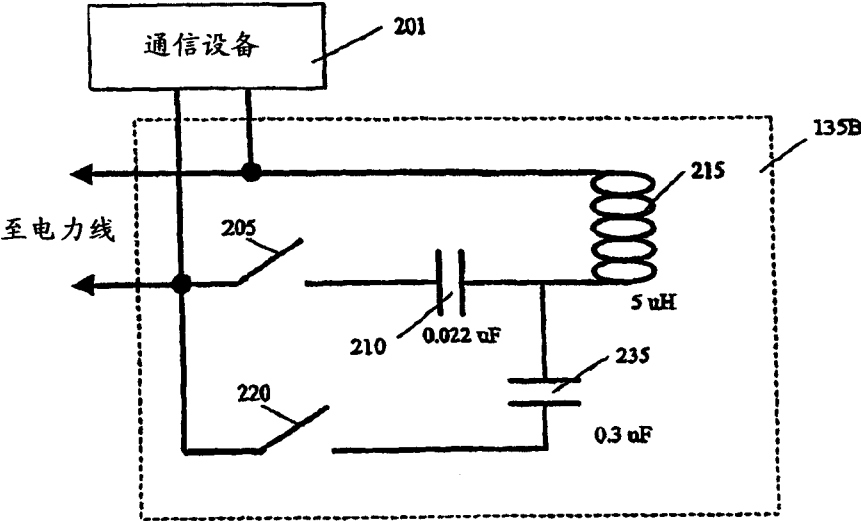


图 2B

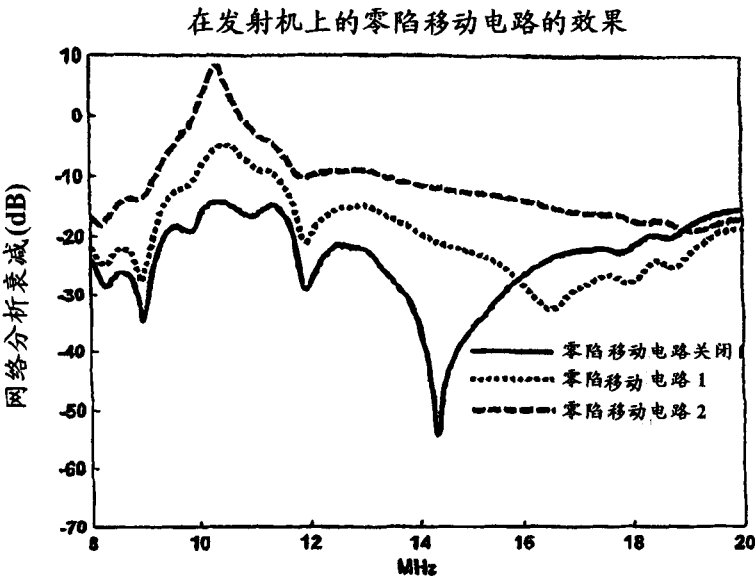


图 3

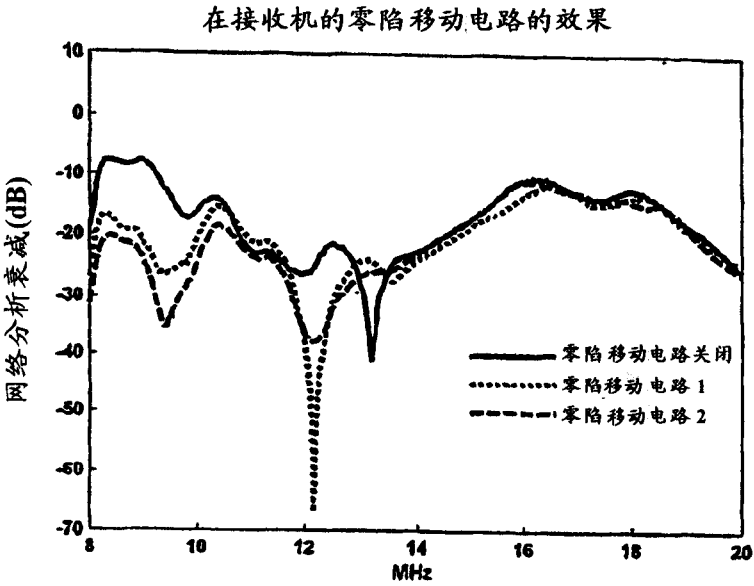


图 4