



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 107085137 B

(45) 授权公告日 2021.05.25

(21) 申请号 201611120519.9

(22) 申请日 2012.05.16

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 107085137 A

(43) 申请公布日 2017.08.22

(30) 优先权数据
13/108046 2011.05.16 US

(62) 分案原申请数据
201210165257.3 2012.05.16

(73) 专利权人 通用电气公司
地址 美国纽约州

(72) 发明人 T.F. 鲍姆海因里希 M.K. 鲍勒
Y.N.M. 埃尔南德斯

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司 72001

代理人 徐予红 刘春元

(51) Int.Cl.
G01R 19/25 (2006.01)

(56) 对比文件
朱胜龙 等. 断路器遭雷击损坏的事故分析及防雷措施改进.《电子应用》.2008,
审查员 刘晓佩

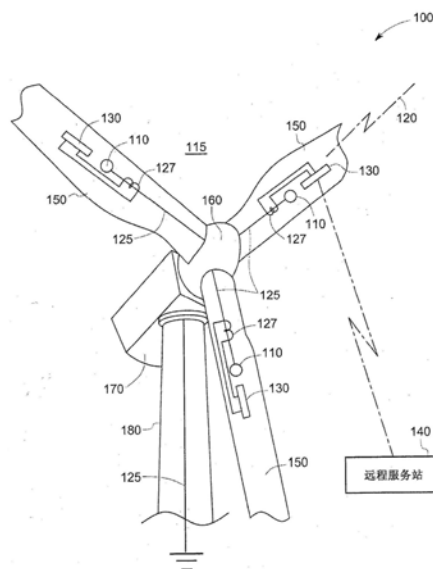
权利要求书2页 说明书10页 附图8页

(54) 发明名称

用于结构体上的雷击检测系统、装置和方法

(57) 摘要

本发明名称为“用于结构体上的雷击检测系统、装置和方法”。本发明涉及并公开了一种用于结构体(115)的雷电检测和损坏估计系统(100)。该系统(100)包括:耦连到避雷装置(125)的雷电接受器(110),其被配置成接收多次雷击(120),并在耦连到避雷装置(125)的拾波线圈(127)中感应雷电流。通过拾波线圈(127)耦连到避雷装置(125)的集成电路(130)包括:非易失性存储器(250),用于连续存储多次雷击(120)的雷电感应电流的一个或多个样本。损坏估计单元(260)被配置成基于对来自于非易失性存储器(250)的多次雷击(120)的雷电感应电流的存储样本历史进行分析来估计结构体(115)状况。



1. 一种安装在结构体上的用于检测雷击的集成电路,所述集成电路包括:
处理单元,所述处理单元用于从入射到所述结构体上的多次雷击中采集雷电感应电流;
非易失性存储器,所述非易失性存储器用于连续存储所述多次雷击中的每次雷击的所述雷电感应电流的一个或多个样本;
能量收集单元,所述能量收集单元配置成从所述雷电感应电流中收集能量,以给所述集成电路供电;以及
损坏估计单元,所述损坏估计单元配置成基于对来自所述非易失性存储器的所述多次雷击的所述雷电感应电流的存储样本的历史进行分析来估计所述多个组件的状况。
2. 根据权利要求1所述的集成电路,其中,所述集成电路安装在所述结构体的多个组件中的一个或多个组件上。
3. 根据权利要求2所述的集成电路,其中,所述处理单元包括时间戳发生器,所述时间戳发生器用来生成表示雷击在所述多个组件上的入射时间的时间戳,并将所述时间戳存储在所述非易失性存储器中。
4. 根据权利要求1所述的集成电路,其中,所述损坏估计单元配置成在所述多个组件的估计状况表示需要维修时实时地发送警告信号。
5. 根据权利要求1所述的集成电路,其中,所述集成电路进一步包括无线接口,所述无线接口用来以无线的方式将所述非易失性存储器中存储的数据发送到远程服务站。
6. 根据权利要求1所述的集成电路,其中,所述雷电感应电流的样本系列用来提取所述多次雷击中的每次雷击的所述雷电感应电流的暂态波形。
7. 根据权利要求1所述的集成电路,其中,所述非易失性存储器是闪速存储器。
8. 根据权利要求1所述的集成电路,进一步包括输入保护电路,所述输入保护电路用于保护所述集成电路不受过流和过压浪涌的影响。
9. 一种用于结构体的雷电检测和损坏估计系统,所述系统包括:
避雷装置,所述避雷装置用来接收多次雷击,并产生所述多次雷击中的每次雷击的雷电感应电流;
集成电路,所述集成电路耦合到所述避雷装置,并安装在所述结构体上,所述集成电路包括:
处理单元,所述处理单元用于采集所述多次雷击中的每次雷击的所述雷电感应电流;
非易失性存储器,所述非易失性存储器用于连续存储所述多次雷击中的每次雷击的所述雷电感应电流的一个或多个样本;
损坏估计单元,所述损坏估计单元用于基于对来自所述非易失性存储器的所述多次雷击的所述雷电感应电流的存储样本的历史进行分析来估计所述结构体的状况;和
能量收集单元,所述能量收集单元配置成从所述雷电感应电流中收集能量,以给所述集成电路供电。
10. 根据权利要求9所述的系统,其中,所述避雷装置包括电磁线圈,所述电磁线圈响应于通过由所述多次雷击产生的所述雷电感应电流感应的电磁场。
11. 根据权利要求9所述的系统,其中,所述结构体为风力涡轮机、航空器结构体、船舶结构体和塔架中的至少一个。

12. 一种在集成电路中的用于检测结构体上的雷击的方法,所述方法包括:
从与所述集成电路耦合的避雷装置接收由多次雷击中的每次雷击感应的雷电电流;
采集由所述多次雷击中的每次雷击感应的所述雷电电流;
将由所述多次雷击中的每次雷击感应的所述雷电电流的一个或多个样本连续存储在非易失性存储器上;
测量所述结构体的组件上的由所述多次雷击中的每次雷击产生的总的入射能量;和
基于对来自所述非易失性存储器的由所述多次雷击中的每次雷击感应的所述雷电电流的存储样本的历史进行分析来估计所述结构体的状况。
13. 根据权利要求12所述的方法,其中,估计所述结构体的所述状况包括:
确定入射到所述结构体上的雷击次数;和
将所述雷击次数的值与阈值进行比较。
14. 根据权利要求12所述的方法,其中,估计所述结构体的状况包括:
累加由所述多次雷击中的每次雷击感应的所述雷电电流的所述存储样本的值;和
将累加值与阈值进行比较。
15. 根据权利要求12所述的方法,进一步包括在结构体工作时,将所述非易失性存储器中存储的数据以无线的方式发送到远程服务站。
16. 根据权利要求12所述的方法,进一步包括从由所述多次雷击中的每次雷击感应的所述雷电电流中收集能量以为雷电检测系统供电。

用于结构体上的雷击检测系统、装置和方法

技术领域

[0001] 本发明涉及结构体的雷电检测技术,并且更具体地涉及用于估计由于此雷电引起的结构体状况的系统、装置和方法。

背景技术

[0002] 诸如但不限于风力涡轮机、航空器、船舶结构体、通信塔或其它高的结构体的各种结构体可能会遇到由于例如雷击造成的放电。例如,由于风力涡轮机叶片的尺寸增大,风力涡轮机叶片越来越易于遭到雷击。而且,风力涡轮机叶片在遇到雷击时可能会受到不利影响。结果,由于需要相对长的停机周期来检查并进一步维修和/或更换受到影响的叶片或组件,因此这可能导致生产率降低。

[0003] 过去已经提出了几种可应用于风力涡轮机的雷电检测系统。此类系统的基本方法是提供沿风力涡轮机的转子叶片的长度分布的几个磁和/或电场传感器,并测量沿着转子叶片的磁和/或电场强度。连接到磁和/或电场传感器的评估单元接收其测量信号,并计算对风力涡轮机的损坏,并且具体地计算由雷击引起的对转子叶片的损坏。然而,基于测量的磁和/或电场强度的评估不一定能估计风力涡轮机的各组件或部分的状况。

[0004] 为了满足上述需求,一种通用的检测系统利用位于风力涡轮机的各个部分上的磁卡,其中由雷击产生的磁场在磁卡的磁条上标记痕迹。此技术能够读到叶片遭受的最大雷电流。然而,该读取过程需要中止风力涡轮机的工作来手动读取。同样,该技术不能以雷击发生的顺序和/或时间记录几次雷击。而且,由于假设与相对低幅度的雷击相比,高幅度的雷电流可能导致对结构造成损坏的更大可能性,所以只有具有最高幅度的最近的雷击登记在磁卡上。例如,在幅度低于第一阈值(例如30kA)的雷电流的雷击情况下,雷击可能并不登记在磁卡上。相反地,在幅度高于第二阈值(比如大约50kA)的雷电流的雷击情况下,雷击可能登记在磁卡上。然而,在一段时间内出现的一系列低幅度雷击也可能导致对结构体造成损坏的潜在风险,但即使如此也不记录。

[0005] 解决关于前述磁卡系统缺陷的一种尝试可包括使用电子存储介质来登记雷击。然而,需要连续供电以保持存储数据,这使其不能安装在诸如风力涡轮机的叶片的旋转组件上。虽然,可充电/可更换电池可提供此类存储介质所需的电力,但需要在一段时间里连续更换电池使他们不适于很少并隔很久才进行人工干预的远程、近海应用。

[0006] 因此,需要可以解决上述列出的一个或多个问题的改进的雷电检测系统。

发明内容

[0007] 根据本发明的一个方面,提供了一种用于检测结构体上的雷击的集成电路。该集成电路包括从入射到结构体上的多次雷击提取雷电感应电流的处理单元。该集成电路进一步包括用于连续存储多次雷击中每次雷击的雷电感应电流的一个或多个样本的非易失性存储器。

[0008] 根据本发明的另一方面,提供了一种用于结构体的雷电检测和损坏估计系统。该

系统包括避雷装置,其用于接收多次雷击,并产生所述多次雷击中每次雷击的雷电感应电流。耦连到所述避雷装置并安装在所述结构体上的集成电路包括非易失性存储器和损坏估计单元。非易失性存储器被配置成连续存储所述多次雷击中每次雷击的雷电感应电流的一个或多个样本。损坏估计单元被配置成基于对来自于所述非易失性存储器的所述多次雷击的雷电感应电流的存储样本历史进行分析来估计结构体状况。雷电检测系统进一步包括能量收集单元,其被配置成从所述雷电感应电流中收集能量,以为所述集成电路供电。

[0009] 根据本发明的另一方面,提供了一种在集成电路中用于检测结构体上的雷击的方法。该方法包括:从与所述集成电路耦连的避雷装置上接收由多次雷击中每次雷击感应的电流;将多次雷击中每次雷击的雷电感应电流的一个或多个样本连续存储在非易失性存储器上。所述方法进一步包括基于对来自于所述非易失性存储器的多次雷击的雷电感应电流的存储样本历史进行分析来估计结构体状况。

附图说明

[0010] 在参考附图阅读详细描述后,可以更好地理解本发明的这些及其它特征、方法和优点,在所有附图中相同符号表示相同部件,在附图中:

[0011] 图1为根据本发明的实施例的示例性雷电检测系统的示意图。

[0012] 图2为根据本发明的实施例的在图1中包括集成电路的示例性雷电检测系统的框图。

[0013] 图3为图2中所用的示例性处理单元的框图。

[0014] 图4为根据本发明的实施例由图1中雷电检测系统产生的示例性雷电流波形在时域上的示意图。

[0015] 图5为图4中的雷电流波形在频域上的示意图。

[0016] 图6为根据本发明的实施例图1和图2的雷电检测系统中所用的示例性能量收集单元的框图。

[0017] 图7为根据本发明的实施例的雷电检测系统的示例性实施例的示意图。

[0018] 图8为表示根据本发明的实施例检测雷电的示例性方法中包括的步骤流程图。

[0019] 附图标记列表:

[0020]	100	雷电检测系统	510	X 轴
	110	雷电接受器	520	Y 轴
	115	结构体	530	电流尖峰

	120	雷击	605	感应雷电流
	125	避雷装置	610	电压调节器
	127	拾波线圈	620	输出电容器
	130	集成电路	710	风力涡轮机
	140	远程服务站	720	雷击
	150	叶片	722	机舱区域
	160	机舱	724, 725, 726	叶片
	170	轮毂	730	雷电接受器
	180	塔架	735	避雷装置
	210	输入保护电路	737	拾波线圈
	212	电压输出	740	集成电路
	220	能量收集单元	742	感应电流
	230	电力储存	745	输入保护电路
[0021]	240	处理单元	747	电流输出
	242	采样波形	750	能量收集单元
	250	非易失性存储器	755	电力储存介质
	260	损坏估计单元	756	电流输出
	270	无线接口	760	处理单元
	272	无线介质	766	数字波形
	280	输出接口	770	闪速存储器
	310	时间戳发生器	780	组件集
	320	波形采集单元	790	无线接口
	330	时钟发生器	792	无线介质
	340	模-数转换器	795	输出接口
	410	X 轴	797	远程服务站
	420	Y 轴	810	方法步骤
	430	曲线	820	方法步骤
[0022]	440	峰值电流	830	方法步骤

具体实施方式

[0023] 如下文的详细描述,本发明的实施例提供一种用于检测雷击并估计由雷击造成的损坏的系统,以及一种用于检测雷击并估计由雷击造成的损坏的装置和方法。雷电是通过测量许多个雷电参数来检测的,雷电参数诸如但不限于雷电流和由雷电流感应的磁场。所述系统包括传导雷电流并基于例如电磁感应在与其耦合的拾波线圈中生成雷电感应电流的避雷装置。拾波线圈或者电磁感应线圈将雷电感应电流引导到集成电路以用于进一步处理。所述系统包括损坏估计单元,其基于集成电路中处理的数据估计由于雷电造成的损坏。

[0024] 在如图1所示的本发明的示例性实施例中,描述了一种用于结构体115的雷电检测系统100的示意图。雷电检测系统包括设置于结构体115上并易于受到雷击120的雷电接受器110。结构体115的非限制性实例包括风力涡轮机、航空器、船舶结构体、高大建筑物、烟囱、天线、无线塔架、石碑设施和桥梁。为了便于理解,将参照风力涡轮机结构体115来描述本发明的实施例,但是本说明书中的教导可同样适用于其它此类结构体。风力涡轮机115由多个旋转或非旋转组件构成,包括叶片150、机舱170、轮毂160和塔架180。雷击可通过设置在叶片上并电连接到一个或多个避雷装置125的一个或多个雷电接受器110捕获。雷电接受器110是能够接收并传导雷击到避雷装置125上的雷电的元件。雷电接受器还可以形成该结构其中一部分用于传导雷电流。在实施例中,雷电接受器110是空气终止系统(air termination system)。在一个实施例中,雷电接受器110是金属的。避雷装置125是一种用于将雷电流引向地以防止对风力涡轮机结构体115造成损坏的接地装置。在示例性实施例中,避雷装置125是双绞线,不过也可以使用其它接地机构。当雷击120击中诸如结构体的150、160、170或180组件时,入射到组件(150、160、170或180)上的雷电流通过组件(150、160、170或180)的避雷装置125传导。

[0025] 电耦合到避雷装置125的电磁线圈或电磁拾波线圈127响应由通过避雷装置125传导的雷电流感应的电磁场。在电磁拾波线圈127中产生与雷电流成比例的感应电流。在一个实施例中,电磁拾波线圈127可以是罗柯夫斯基线圈或分流电阻。集成电路(IC) 130用于评估结构体115的状况,并且与避雷装置125相邻地设置在组件(150、160、170或180)上的。IC 130接收经由拾波线圈127通过避雷装置125流动的雷电感应电流,并登记雷击活动。本说明书中使用的表述“雷电感应电流”指由雷击120引起的电流。当接收到雷电感应电流时,IC 130处理雷电感应电流,并存储表示雷电活动的雷电感应电流的情况。IC 130内或IC 130外的损坏估计单元(未示出)使用IC 130中存储的雷电感应电流的情况估计组件(150、160、170或180)的状况,并向远程服务站140无线发射估计数据。在一个实施例中,由损坏估计单元执行的功能可由处理单元240执行。

[0026] 图2示出了包括集成电路(IC) 130的示例性雷电检测系统100(图1)的框图。雷电检测系统100可包括检测并记载多次雷击以及雷击对诸如但不限于图1中叶片150的组件的局部影响的多个IC 130。为了简洁,将参照单个IC来描述本发明的几个实施例。IC 130可封装在任何对IC提供简洁性和便携性的IC载体上。IC载体的几个实例是双列直插式封装(DIP)、柔性芯片(COF)、芯片上引线(COL)、插针栅格阵列、凸点芯片载体(BCC)和陶瓷扁平包装(CFP)。一个或多个IC 130可以彼此相隔最佳距离安装在结构体115的一个或多个组件(150、160、170或180)中的每一个上。如本说明书中使用,最佳距离定义为两个避雷装置之间所需的最小距离,以便通过避雷装置中的至少一个检测雷击。最佳距离可以通过考虑其

它因素,诸如雷电检测器的灵敏度、雷击的平均强度和其上设置避雷装置的组件的尺寸来确定。例如,IC 130可安装在彼此相隔约3-10米设置的相邻的避雷装置125上。当雷击120影响组件(150、160、170或180)时,位于影响点或最靠近影响点的避雷装置125通过雷电接受器110接收雷电流,并接着在电耦合到避雷装置125的电磁拾波线圈127中感应雷电流。在拾波线圈127中感应的雷电流根据线圈127的匝数来放大。耦合到拾波线圈127的IC 130接收雷电感应电流,并将所接收电流通过输入保护电路210的一系列电子组件传导。

[0027] 在拾波线圈127的输出端提供输入保护电路210,以便保护IC 130中下游电子器件不受过流和过压浪涌的影响。为了避免人工干预输入保护电路210,可以使用可重设保护装置以及浪涌抑制装置。来自于输入保护电路210的电压输出212通过处理单元240采样,采样的雷电感应电流的波形242被数字化并存储在IC 130中的非易失性存储器250中。

[0028] 处理单元240以由处理单元240内的时钟发生器的时钟速度确定的采样频率对雷电波形进行采样。所采样的波形被数字化并与时间和表示雷击发生时间的数据戳一起存储在非易失性存储器250中。在实施例中,IC 130包括能量收集单元220,能量收集单元220包括耦合到输入保护电路210的电压调节器。后面将参照图6更加详细地讨论能量收集单元220。

[0029] 非易失性存储器250是能够在不加电时也能保存存储信息的可移动固态存储装置。在示例性实施例中,非易失性存储器250是闪速存储器。通常,闪速存储器在存储单元的阵列中存储信息,并且有时每个单元可以存储超过1位的信息。当要更新闪速存储器时,闪速文件系统将变化数据的新副本写到新的块中,重新映射文件指针,然后擦除旧的块。由于闪速存储器扩展会在单元阵列上进行写操作,所以与诸如磁卡(其中新数据覆盖/代替老数据)的其它形式的非易失性存储器相反,它能够连续存储数据序列。因此,可以检测以短的时间序列或较长的时间周期入射的多次雷击并将其存储在闪存类型的非易失性存储器250中作为历史。例如,可以接连(例如,每0.1-10 μ s)重复记录一连串雷击的数字化波形几次,直到检测到雷电活动结束。例如,当检测的雷电流值下降到低于预定水平时,可以确定雷电活动结束。

[0030] 在一个实施例中,IC 130包括损坏估计单元260,以估计雷击120入射到的组件(150,160,170或180)的状况。如之前提到的,一个或多个IC 130可安装在结构体115的每一个组件(150,160,170或180)上,例如在风力涡轮机115的每个叶片150上。此布置可以检测哪个相应叶片150已经受到雷击120的影响。耦合到雷电接受器110的最靠近冲击点的IC 130接收雷电感应电流,并将雷电感应电流存储在非易失性存储器250中,作为暂态波形。当最靠近冲击点的IC 130接收大量的雷电感应电流时,其它IC 130,例如其它叶片或机舱上的IC 130也可以检测到一部分雷电感应电流。因此,在给定的时间段上,多个IC 130中的每个记录此雷电事件的历史,如表1所示。例如,在几个月的周期中,入射到结构体115上的雷击可以在IC 130中每一个的非易失性/闪速存储器250上存储并作为“日志”保存。日志提供所有击中结构体115的每次雷击的准确表示,包括上一个最强的雷击。

[0031] 如表1所示,雷击表示为具有相关时间戳数据的采样波形。该日志还保存记录雷击的次数和每次雷击的持续时间,以帮助进行损坏估计。入射的雷击以发生次序一个一个地记录在日志中。日志可包括诸如冲击位置标识符、组件或结构标识符、集成电路标识符等的其它字段。可以想到该日志可以其它格式保存,如雷击强度的升序/降序,时间戳数据的升

序/降序,事件的组成智能分类等。同样,可对一个或多个日志表项应用诸如高亮、文本效果、滚动线等的视觉效果,以吸引读者注意从而采取补救措施。

事件编号	持续时间	波形	时间戳
[0032] 1	<D1 mS>	<Sample 1> <Sample 2>	<T1: date1, time1>
[0033] 2	<D2 mS>	 <Sample n>	
[0033] 3	<D3 mS>	<Sample 1> <Sample 2> <Sample 3> <Sample n>	<T2: date2, time2>
[0033] 4	<D4 mS>	<Sample 1> <Sample n>	<T3: date3, time3>
[0034]	<D4 mS>	<Sample 1> <Sample 2> <Sample n>	<T4: date4, time4>

[0034] 表1:雷电事件日志

[0035] 损坏估计单元然后通过分析非易失性存储器250的“日志”中存储的雷电事件的历史,来确定安装了IC 130的具体组件(150,160,170或180)的状况。在一个实例中,通过确定入射到叶片150上的雷击120的数目(计数)并将雷击数目的值与预定阈值进行比较来估计叶片150的状况。确定的阈值可以由操作员设置,或者基于特定的操作参数,如雷击强度、结构寿命、地理方位、年数、大气条件等自动计算。在另一实例中,通过累加存储的一次或多次雷击的电气参数的值并将累加值与确定的阈值比较,来周期性地估计结构状况。再一次,确

定的阈值可以由操作员设置,或者基于上面提到的参数自动计算。由于低强度的雷击随时间推进会损坏组件(150,160,170或180),各个电气参数的和能测量组件(150,160,170或180)上的雷击提供的总的入射能量。当估计的组件(150,160,170或180)的状况指示需要维修时,IC 130通过无线接口270向远程服务站140发送警告信号,指示具体组件(150,160,170或180)需要维修。然后服务人员可被调遣到该地进行维修。生成的警告可以通过诸如 **BLUETOOTH[®]**, 802.11, 802.16等的无线传输协议中的任何一种传输。警告阈值可针对结构体基于结构特征和诸如叶片尺寸、等级、制造商推荐、涡轮机位置等的限制而分别配置。警告信号还可以实时地发送到服务站140。实时定义为事件发生以及几乎同时对其进行报告或记录的实际时间减去处理具体信号花费的时间。应该认识到说明书公开的方法的所有步骤可在风力涡轮机115运行时执行。

[0036] 在一个实施例中,损坏估计单元260可位于结构体中的任何位置,或位于远程服务站140。在后一种情况下,IC可通过无线接口270向远程服务站140发送存储器250中存储的数据以进行损坏估计。系统可以进一步包括输出接口280,如显示器,以呈现非易失性存储器250中存储的数据和/或来自于IC 130中的损坏估计单元260的结果。

[0037] 处理单元240如图3中更详细示出的,包括时间戳发生器310、波形采样单元320、时钟发生器330和模-数转换器(ADC)340。时间戳发生器310用来生成表示雷击在组件(150,160,170或180)上的入射时间的时间戳数据。时间戳发生器310可响应于通过拾波线圈127传递的电流的中继的激励或由能量收集单元220的电压调节器提供的触发而启动。时间戳发生器310也可响应于感测采样单元320的电流输入而启动,并计算带延迟因子的时间戳数据。应该认识到处理单元240不局限于触发时间戳发生器310的任何特定形式。具体地,由中继提供的功能可由可替代形式提供,如可包括电-光组件。时间戳发生器310可以耦连到与GPS时间同步的实时时钟。

[0038] 波形采样单元320通过输入保护电路210接收电流波形212,并以由时钟发生器330配置的采样频率范围对电流波形采样。在一个实施例中,采样频率可以在1-10MHz范围内。采样频率由时钟发生器330生成的时钟速度来配置。采样频率确定对例如可以持续100-200微秒的雷电波形采集多少个样本。对于以大约10kHz截止的入射电流波形,电流波形以例如1MHz过采样,以避免混叠,提高分辨率并降低噪声。波形采样和数字化可在初始电流尖峰给电压调节器电路上电之后启动。例如,波形采样和数字化可自雷电发生的时间起在约300纳秒内启动。时钟发生器330可被配置成响应于提供触发信号的电压调节器或基于拾波线圈127中感应的电流的中继的激励而启动。

[0039] 入射到结构体上的样本雷击的波形示于图4中。X轴410代表时间,单位为微秒,Y轴420代表雷电流,单位为安培。曲线430代表入射雷击的峰值电流为440,强度大约为例如20kA,电压例如为0-100V幅值。类似地,在图5所示的频域中,其中X轴510代表频率,单位为kHz,Y轴代表增益,单位为dB,电流尖峰530具有例如-3dB增益,截止频率大约10kHz。采样电流波形然后被馈送到并联比较器或其它模-数转换器340(图3)以数字化波形。每个样本被数字化,并存储在非易失性存储器250中。

[0040] 生成的时间戳数据与雷电感应电流参数一起存储在非易失性存储器250(图3)中,雷电感应电流参数例如是雷电感应电流的暂态波形,雷电尖峰感应电压,雷电感应磁场,雷电尖峰感应电场,峰值电流,电比能的量或其组合。同样,将其上有IC 130的组件(150,160,

170,180或115)的标识符存储在非易失性存储器250中,以便标识风力涡轮机115的相应叶片150和/或风场中的相应风力涡轮机115。因此,由时间戳发生器310生成的时间戳数据与组件(150,160,170或180)的标识符结合,可以在时间和空间上确定雷电活动。换言之,可以识别结构体115的哪个具体组件(150,160,170或180)受到雷击影响以及冲击的具体时间。这可以进一步基于一段时间上存储的与组件(150,160,170或180)关联的雷击的电气值的累加,估计组件(150,160,170或180)的状况。同样,可以用入射到具体组件(150,160,170或180)上的雷击次数的计数来估计组件(150,160,170或180)的状况。

[0041] 参照图6,更加详细地讨论在图2中提到的能量收集单元220。能量收集单元220被配置成收集并存储来自于雷电感应电流的能量以为集成电路130(图1和图2)供电。能量收集单元220给集成电路130中的组件提供调节电压和电流水平。能量收集单元220采用电压调节器610来将输入电压调节到较低值。电压调节器包括分压器,其产生的输出电压是输入电压的一部分。电压调节器610从输入保护电路210接收电流输出605,并输出适合操作集成电路130(图1)中各个组件(240、260、270和280)的电压。在一个实施例中,电压调节器610输出量级为大约3到大约5伏的电压。在另一实施例中,可以使用基于电阻器的分压器,其中输出电压由电阻器的电阻比率来定义。在示例性实施例中,电阻器可以是固定电阻器或可变电阻器,诸如但不限于分压计。

[0042] 一旦从输入保护电路210接收感应雷电流605,电压调节器610启动,生成集成电路所需电压(例如,2.5V,3.3V,4V,5V及其它)以为各个处理组件,包括非易失性存储器250(图2)的写电路供电。电压调节器610给电力储存230(图2)中的电荷泵和整流器电路馈电,这又为IC 130(图2)供电,并对一个或多个输出电容器620充电。电压调节器610可被配置成将输出电容器620充电到适当电压(介于大约2V到大约5V)之后为处理单元240(图2)供电。输出电容器620可进一步为其它电路,诸如时间戳发生器310(图3)、时间发生器(图3)、输出接口280(图2)、无线接口270(图2)、损坏估计单元260(图2)等供电。一旦调节到电压调节器的供给电压,收集电流被转移以为可选的电力储存230(诸如储存电容器或可充电电池)充电。此电力储存230可用来在能量收集源间断的情况下为系统供电。开关电容器DC-DC变换器可代替电压调节器网络使用。开关电容器DC-DC变换器是利用开关和电容器执行电压转换的开关调节器。

[0043] 一旦电压调节器610开始供给稳定电压,处理单元240将入射雷击的标志(暂态波形)以及雷击的日期和时间戳作为新事件记录在非易失性存储器250中。处理单元240可保持工作状态,并记录波形样本,直到雷电感应电流衰落到低于最小阈值。能量收集单元220可进一步包括调节电源,包括整流器、平滑电容器、DC/DC变换器和调节器。

[0044] 然后,电压调节器的输出电压被整流,并存储在电力储存介质230中,以为IC 130中的各个处理组件供电。能量收集单元220的使用使得雷电检测系统可以完全自主的由所收集能量供电而不是电池供电,该电池供电系统由于需要更换电池或经常性维修,所以不方便、费用大或危险的。同样,此自供电IC 130结构可以将IC 130安装在结构体115(图1)的旋转组件(150,160)(如风力涡轮机的叶片)上,而在先技术在这些组件上连续供电以为各个处理组件供电是不可行的。而且,通过所收集能量供电的集成电路130可布置用于各种应用,如无线/自动条件监测、预测性维修和其它许多工业应用。

[0045] 在另一实施例中,太阳能可用作IC的电源。在此实施例中,一个或多个太阳能板安

装在结构体115上。在一个实施例中,例如,太阳能板是将来自太阳的太阳辐射转换成电力的太阳能电池,如光伏电池。一个或多个太阳能板耦连到能量收集单元220,然后能量收集单元220收集并向IC 130提供调节电源。

[0046] 图7中示出了根据本发明的实施例用于风力涡轮机的示例性雷电检测和损坏估计系统。在目前考虑的实例中,雷击720击中风力涡轮机710的一个叶片(例如叶片725)。位于叶片725上并最靠近叶片725上的冲击点的一个或多个雷电接受器730通过避雷装置735将雷电流传导到地。以感应耦连到避雷装置735的拾波线圈737生成与通过避雷装置735的雷电流成比例的电流,并将雷电感应电流引导到集成电路(IC) 740。来自拾波线圈737的感应电流742被IC 740中的输入保护电路745接收。输入保护电路745包括电阻和二极管网络,以保护IC 740不受过压和过流浪涌的影响。来自于输入保护电路745的电流输出747由能量收集单元750收集,并存储在电力储存介质755上作为IC 740中各个组件(745、750、760、770、780、790和795)的电源。而且,输入保护电路745的电流输出756在处理单元760中被采样,并被数字化。雷电流样本被处理单元760进一步处理,以提取雷击720的至少一个雷电流样本,诸如雷电感应电流的暂态波形。数字化波形766连同由处理单元760中的时间戳发生器生成的时间戳一起存储在闪速存储器770中。叶片725的标识连同雷击参数一起也存储在闪速存储器770中。当随后的雷击击中叶片725时,重复上述所有步骤,连同第一次雷击数据,雷电感应电流的暂态波形存储在闪速存储器770中。对叶片725上可能出现的任意次雷击执行相似步骤。入射到叶片725上的雷击的历史同样被创建并存储在存储器770中。

[0047] 继续所述实例,闪速存储器770中存储的雷电参数可属于短时间周期,比如80-160毫秒内的几次雷击。在其它情况下,闪速存储器770中存储的雷电参数可能属于长的时间周期,例如3个月发生的雷电活动。闪速存储器770中存储的雷电活动以及叶片725的标识符的历史以无线方式传输到远程服务站797,在此估计叶片725的状况。

[0048] 可替代地,IC 740中的损坏估计单元780使用目前为止存储的所有雷电活动的雷电流的样本存储历史或存储数据的选择子集,估计叶片725的状况。损坏估计单元780将包括低强度雷击的所有雷击的暂态波形求和。然后,将雷击的和值与预定阈值比较。当和值超过预定值时,检测到需要维修,生成警告信号。否则,估计的状况与叶片725的标识一起由无线接口790通过无线方式792传输到远程服务站797。可替代地,累加雷电参数的和值被周期性传输到远程服务站797或者由检查人员使用适当的读出装置,如RFID阅读器从输出接口795人工读出。远程服务站797然后可为叶片725采取必需维修措施。

[0049] 应该认识到每个叶片(724,725和726)不一定包括相应的雷电接受器730。例如,耦连到避雷装置735的单个IC 740可安装在风力涡轮机710的机舱区域722中,以检测风力涡轮机710上的雷击。不过,在此配置中,不能确定被击中的涡轮机的具体叶片,因此不可以针对此类叶片中的每一个进行分别检查。

[0050] 应该认识到,本发明的各个方面可以方便地用在由几个风力涡轮机组成的风场中,其中使用本发明的各方面的雷电检测系统可以被配置成检测影响风场中至少一个风力涡轮机的至少一个叶片的雷击。风场服务站可收集来自多个风力涡轮机的各个IC的数据以如上说明书所述处理这些数据。

[0051] 图8为表示用于检测结构体上的雷击的集成电路(IC)的示例性方法中使用步骤的流程图。该方法包括:在步骤810中,通过与集成电路耦连的避雷装置接收由几次雷击中一

次或多次感应的电流。通过避雷装置传导到地的雷电流在与IC耦合的拾波线圈127(图1)中感应二次电流。生成雷电感应电流的一个或多个样本并将它们存储在非易失性存储器中。所述方法进一步包括:在步骤820中,通过连续存储采样的多次雷击的雷电感应电流,创建多次雷击的历史。

[0052] 在步骤830中,基于对来自于非易失性存储器的存储的多次雷击的雷电流样本历史的分析来估计结构体状况。在一个实施例中,通过确定入射到结构体上的雷击次数来估计结构体状况,并将雷击次数的值与预定阈值比较。在另一实施例中,通过累加存储的多次雷击的雷电流样本的值并将累加值与预定阈值比较来估计结构体状况。在又一实施例中,非易失性存储器中存储的数据在结构体工作时,以无线方式传输到远程服务站。在另一实施例中,收集能量是从雷电感应电流收集的,以为雷电检测系统供电。

[0053] 操作中,实现本发明的各方面的雷电检测系统用来执行目标检查,例如在结构体的不利状况可能由于包括低、高强度的雷击的雷击在一段时间上已经逐渐出现时。因此,本发明的好处在于具有存储雷击历史的非易失性存储器的紧凑、自供电集成电路。特别是,根据本发明的一些实施例的方法和系统可以区分风力涡轮机的叶片之间的损坏估计,并且不需要现场检查和/或中断风力涡轮机操作。

[0054] 尽管本说明书中只说明和描述了本发明的特定特征,但许多改进和变型是本领域技术人员可想到的。因此,应理解所附权利要求旨在覆盖所有落入本发明的真实精神内的所有此类改进和变型。

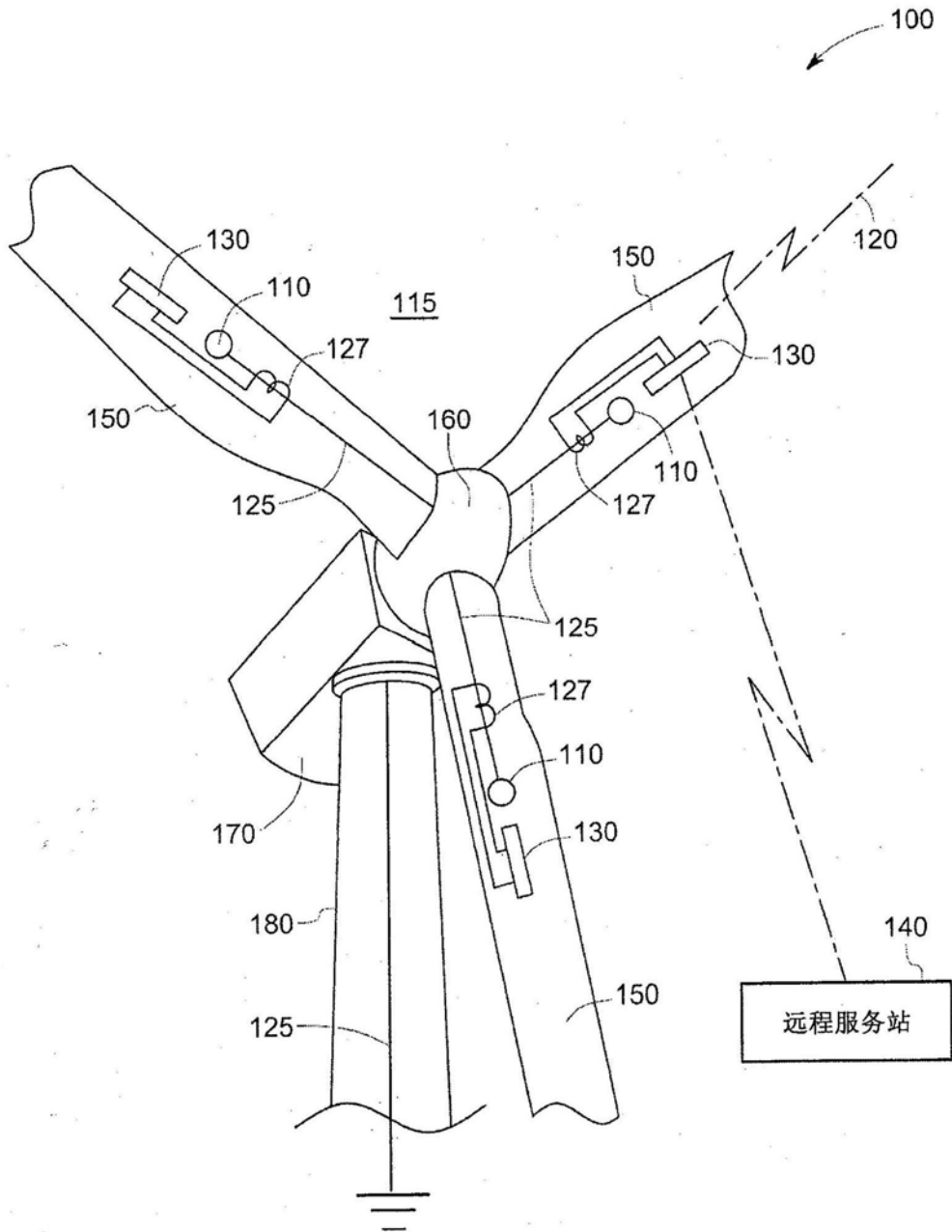


图1

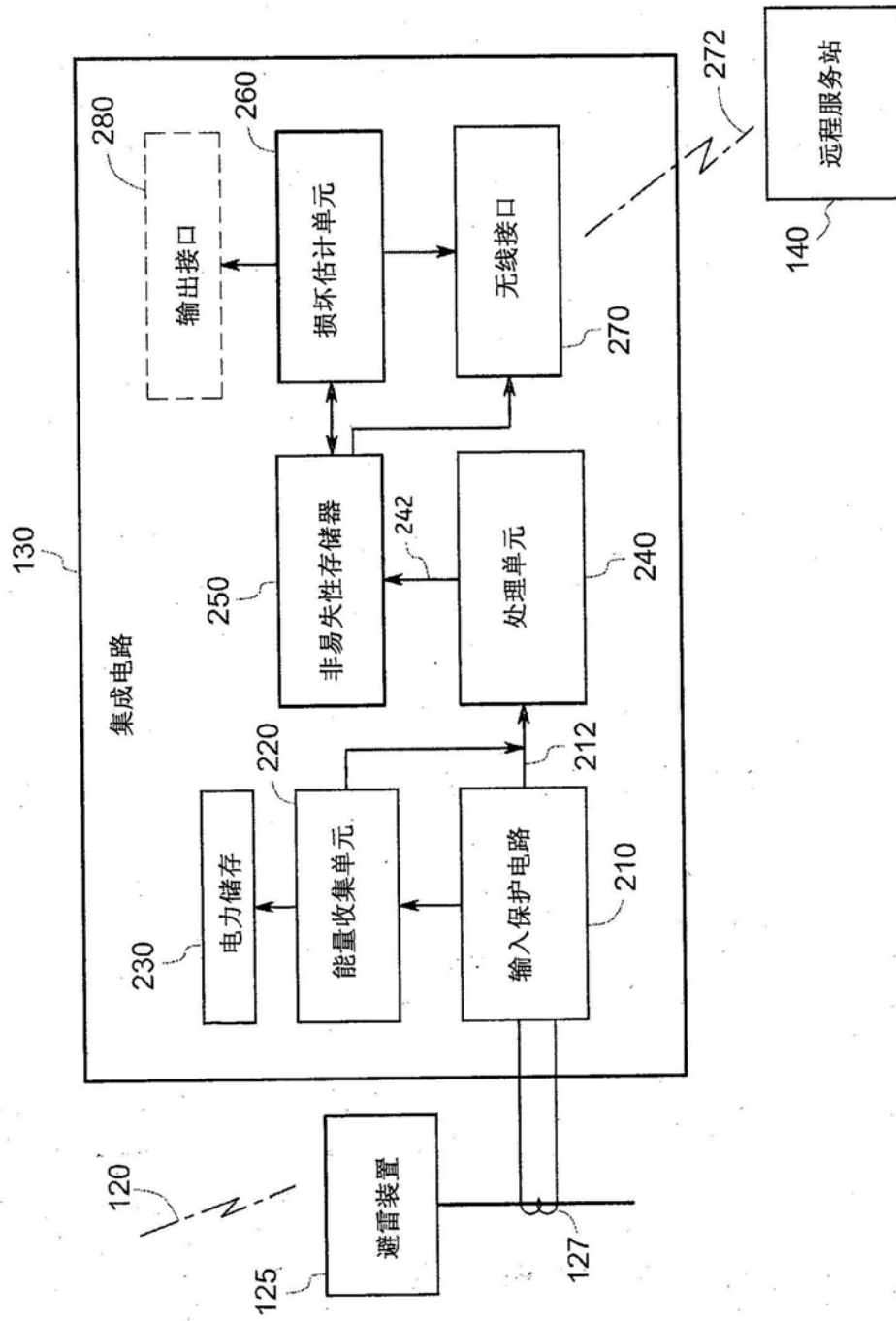


图2

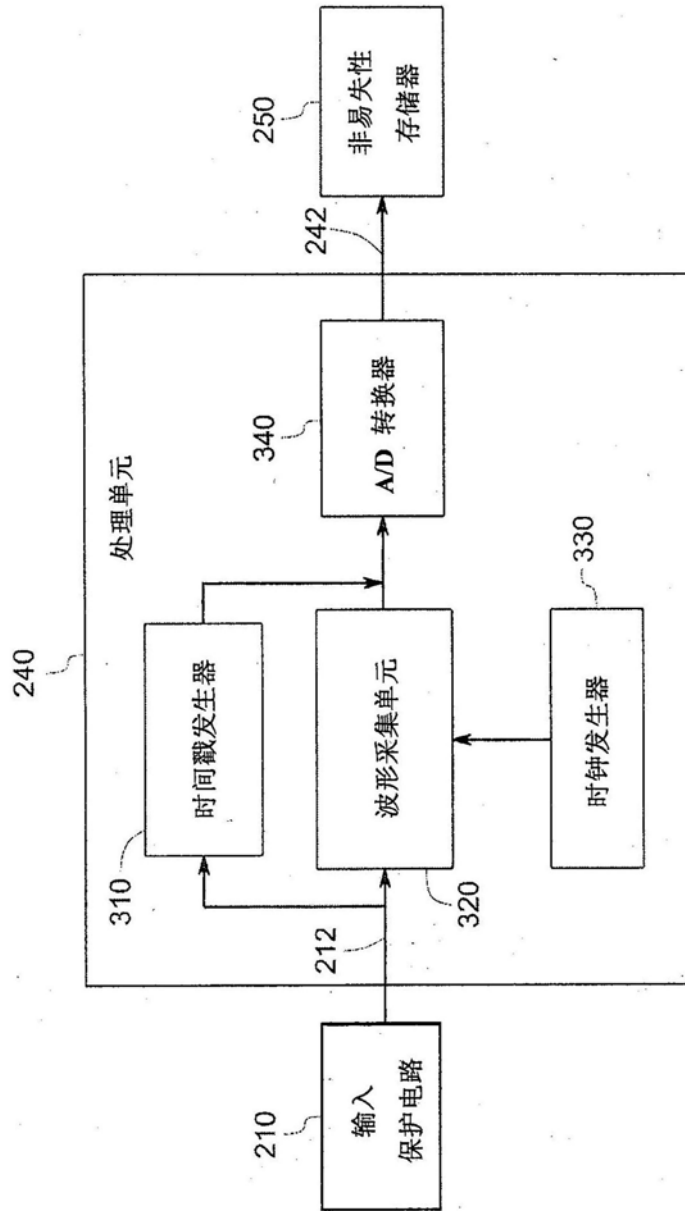


图3

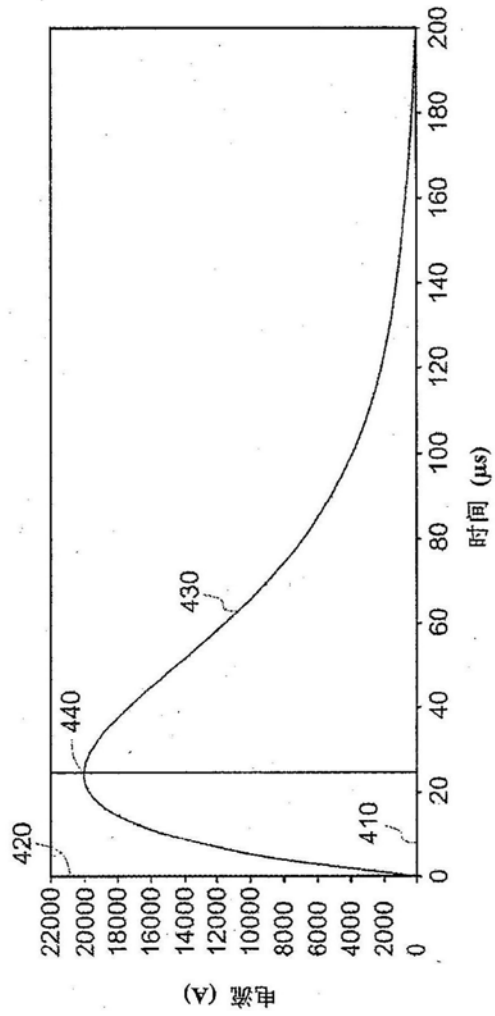


图4

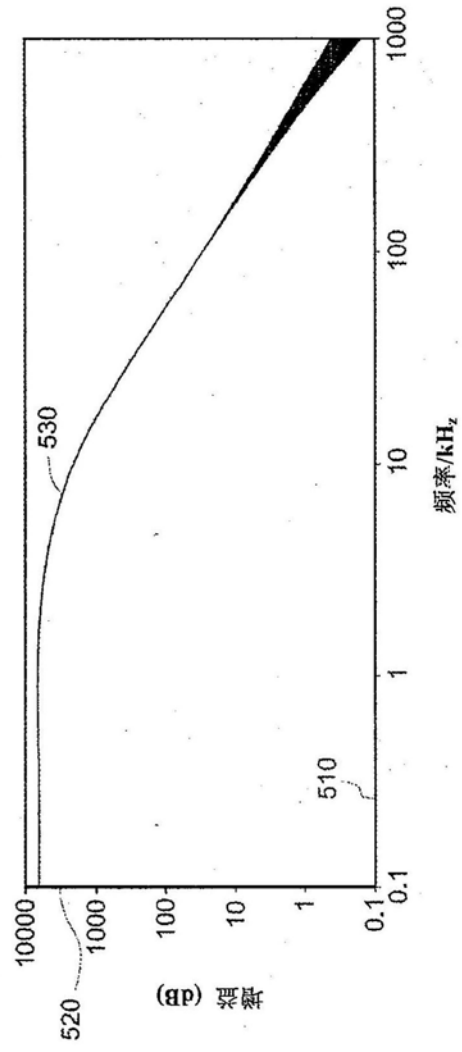


图5

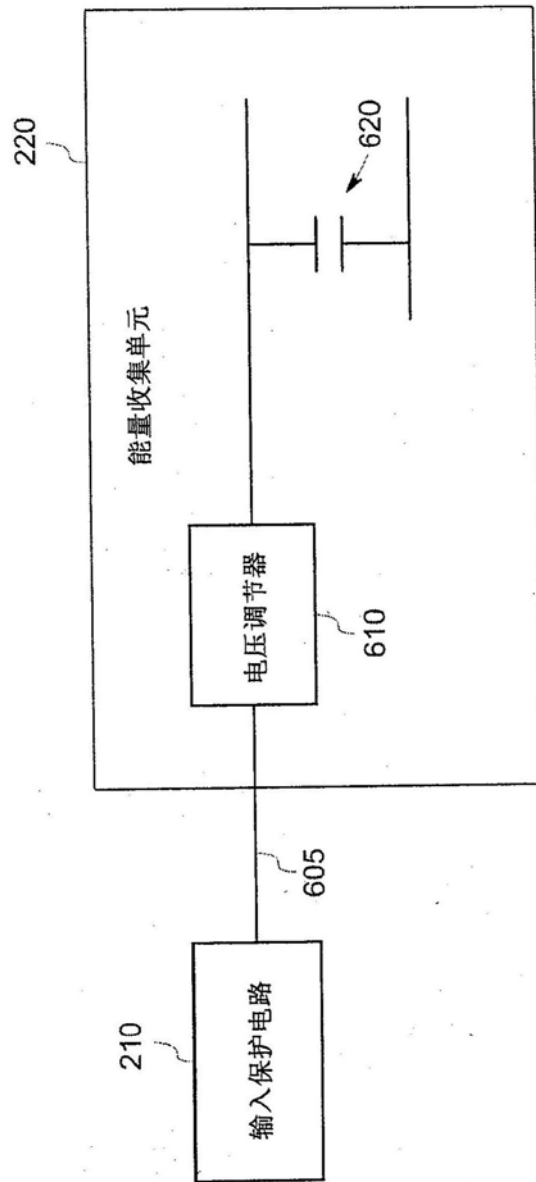


图6

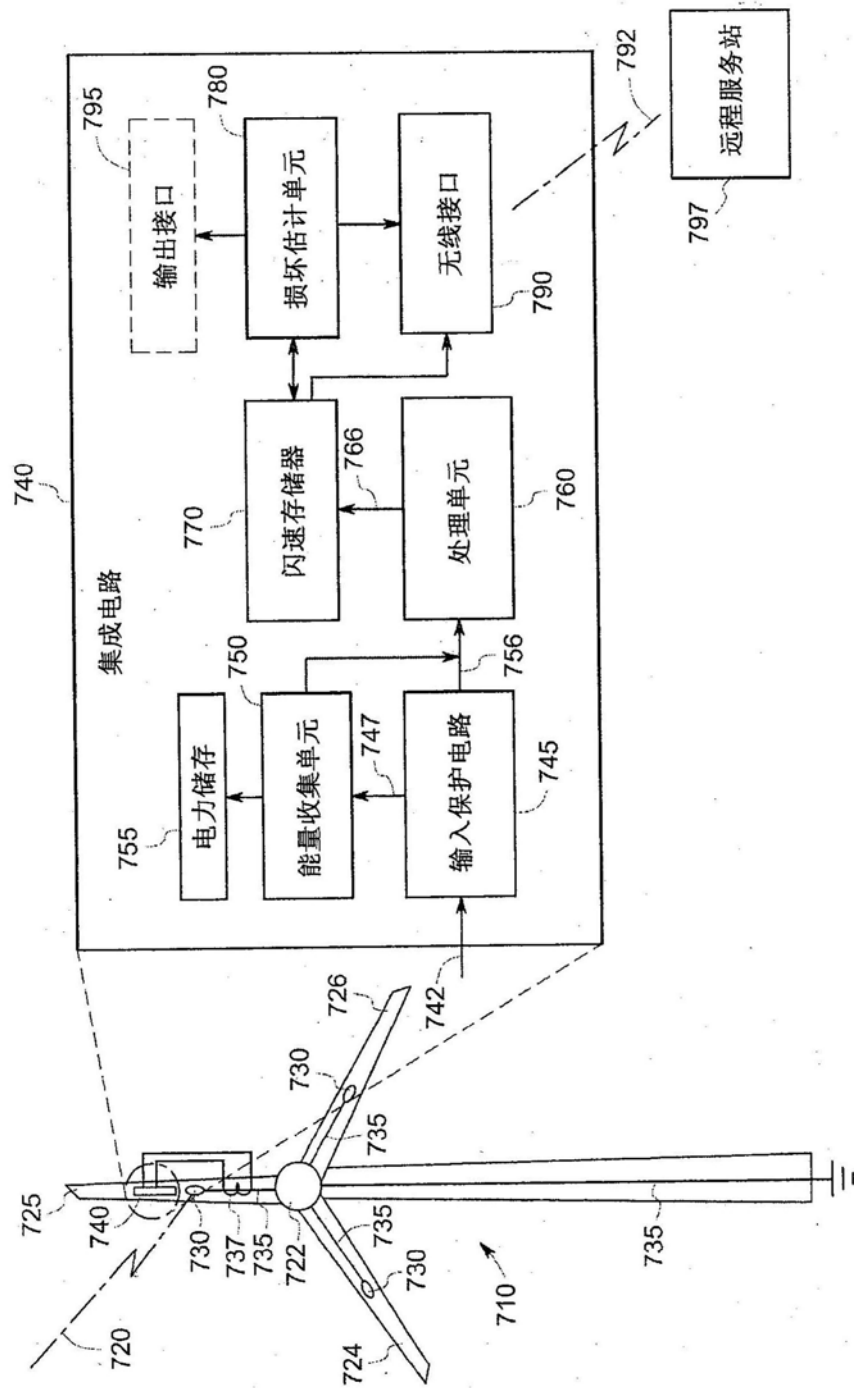


图7

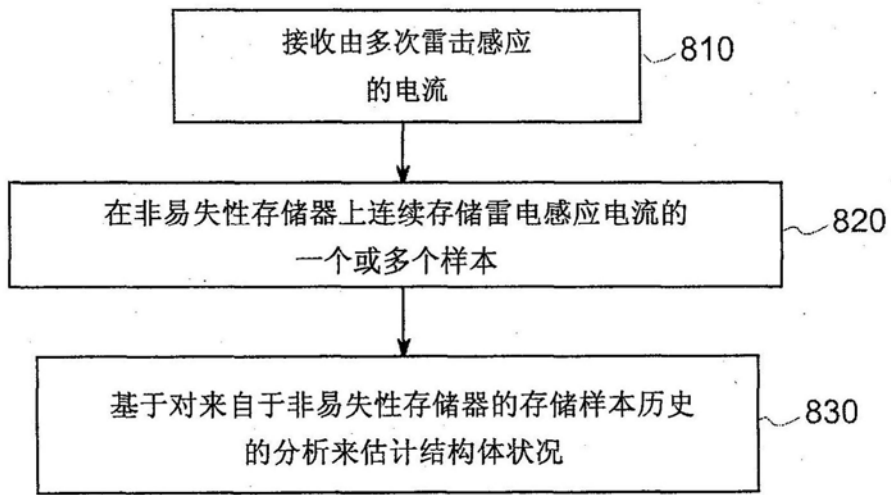


图8