

(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 101995537 A

(43) 申请公布日 2011.03.30

(21) 申请号 201010258946.X

(22) 申请日 2010.08.13

(30) 优先权数据

09167841.7 2009.08.13 EP

(71) 申请人 阿尔斯托姆技术有限公司

地址 瑞士巴登

(72) 发明人 G·贝尔曼

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

司 72001

代理人 朱海煜 徐予红

(51) Int. Cl.

G01R 31/12(2006.01)

G01R 31/34(2006.01)

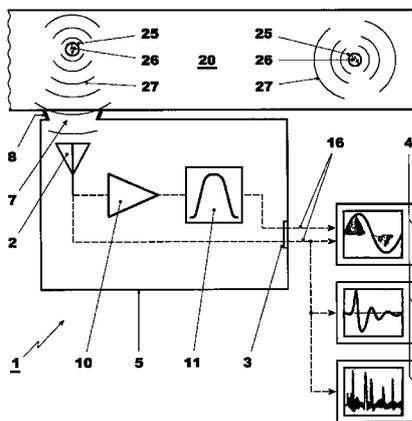
权利要求书 1 页 说明书 6 页 附图 4 页

(54) 发明名称

用于检测在绝缘导体的绝缘材料内的缺陷的装置和方法

(57) 摘要

用于检测和精确定位绝缘导体 (20) 的绝缘材料内的缺陷 (25) 的装置 (1) 包括天线 (2), 其设置成耦合由在绝缘导体 (20) 的绝缘层内的缺陷 (25) 产生的部分放电脉冲 (26) 产生的高频信号 (27)。天线 (2) 连接到将连接到测量装置 (4) 的连接器 (3)。天线 (2) 是紧凑型天线, 其具有相似于或小于待检验的定子线棒的横截面的尺寸的尺寸并且其形状适用于检测具有小于 800MHz 频率的信号。本发明还涉及用于在例如检验或制造质量控制操作期间检测在绝缘导体 (20) 的绝缘材料内的缺陷 (25) 的方法, 该绝缘导体 (20) 例如发电机或电动机或其他电机等的旋转电机的定子线棒 (罗贝尔线棒) 等。



1. 一种用于检测绝缘导体 (20) 的缺陷 (25) 的装置 (1), 其包括天线 (2), 该天线 (2) 设置成耦合由所述绝缘导体 (20) 的绝缘层的缺陷 (25) 产生的脉冲 (26) 产生的信号 (27), 所述天线 (2) 连接到用于将它连接到测量装置 (4) 的连接器 (3), 其特征在于, 所述天线 (2) 是紧凑型天线, 其形状适用于检测具有小于 800MHz 频率的信号。

2. 如权利要求 1 所述的装置 (1), 其特征在于, 所述天线的形状适用于检测具有在 400-600MHz 之间的频率的信号。

3. 如权利要求 1 所述的装置 (1), 其特征在于, 所述紧凑型天线具有相似于或小于待检验的所述绝缘导体的横截面 (30) 的尺寸。

4. 如权利要求 1 所述的装置 (1), 其特征在于, 所述装置 (1) 包括由导电或半导体材料制成的外壳 (5), 其容置所述天线 (2) 并且至少具有对着所述天线 (2) 的孔 (7)。

5. 如权利要求 4 所述的装置 (1), 其特征在于, 所述孔 (7) 提供有垫片 (8), 其设置成在操作期间与待检验的所述绝缘导体 (20) 的外表面接触, 所述垫片 (8) 由导电或半导体材料制成。

6. 如权利要求 1 所述的装置 (1), 其特征在于, 所述装置 (1) 包括在每个天线 (2) 和所述连接器 (3) 之间的放大器 (10) 和 / 或滤波器 (11), 所述放大器 (10) 和 / 或滤波器 (11) 容置在所述外壳 (5) 内。

7. 如权利要求 1 所述的装置 (1), 其特征在于, 所述装置 (1) 包括多个并排设置的天线 (2) 用以至少测试大于单天线 (2) 的绝缘导体 (20) 的部分。

8. 如权利要求 7 所述的装置 (1), 其特征在于, 所述装置 (1) 包括多路复用器 (15), 每个天线 (2) 通过个体传输线 (16) 连接到多路复用器 (15), 所述多路复用器 (15) 连接到所述连接器 (3)。

9. 如权利要求 7 或 8 所述的装置 (1), 其特征在于, 所述装置 (1) 至少包括连接到所述连接器 (3) 的测量装置 (4), 所述测量装置 (4) 包括控制单元 (19), 其设置成比较来自每个天线 (2) 的信号以定位所述缺陷。

10. 如权利要求 1 所述的装置 (1), 其特征在于, 所述装置 (1) 包括至少两个部分, 其每个至少具有天线 (2), 所述部分设置成测试所述绝缘电导体的不同侧。

11. 一种用于检测绝缘导体 (20) 的缺陷 (25) 的方法, 其包括: 施加 ac 电压到所述绝缘导体 (20) 使得在绝缘层中的缺陷 (25) 产生脉冲 (26), 其产生传播远离所述缺陷 (25) 的射频信号 (27), 从而通过至少一个天线 (2) 检测所述射频信号 (27) 并且传送检测的信号到连接器 (3) 用于传送它们到测量装置 (4), 其特征在于, 所述天线 (4) 是紧凑型天线, 并且特征在于, 检测到小于 800MHz 的频率的信号。

12. 如权利要求 11 所述的方法, 其特征在于, 检测 400-600MHz 之间的射频信号。

13. 如权利要求 11 所述的方法, 其特征在于, 通过多个并排天线 (2) 检测所述射频信号 (27) 并且从而比较来自每个天线 (2) 的信号以定位所述缺陷 (25)。

14. 如权利要求 13 所述的方法, 其特征在于, 所述并排天线 (2) 覆盖相同绝缘导体 (20) 的部分或所有长度。

15. 如权利要求 11 所述的方法, 其特征在于, 沿着所述绝缘导体 (20) 的表面移动所述至少天线 (2) 以测试相同绝缘导体 (20) 的所有长度。

16. 如权利要求 11 所述的方法, 其特征在于, 在所述绝缘导体 (20) 的不同侧、优选地在其相对侧检测所述射频信号 (27)。

用于检测在绝缘导体的绝缘材料内的缺陷的装置和方法

技术领域

[0001] 本发明涉及用于检测在绝缘导体 (insulated conductor) 的绝缘材料内的缺陷的装置和方法。

[0002] 特别地,本发明涉及可在例如发电机或电动机等旋转电机的定子线棒(罗贝尔线棒)的制造以及质量检验操作期间使用的装置和方法。

背景技术

[0003] 定子线棒(罗贝尔线棒)已知包括由多个个体交织的铜导体绞合线建立的裸线棒。

[0004] 绝缘层整体包裹每个个体绞合线和裸线棒(该后者是主要的绝缘层),并且另外的保护性导电/半导电电晕防护层应用在该主要绝缘层上。

[0005] 另外,该结构可在真空和/或压力下浸渍有树脂。

[0006] 然而,在制造过程结尾,该绝缘层可包含某些缺陷,这些缺陷在运行期间导致部分放电。

[0007] 缺陷是在绝缘层中的空隙或层离或其他这样的不均匀性,其中充满气体,例如空气或氮气等或在制造过程期间产生的其他副产物。

[0008] 部分放电是在绝缘层内的局部放电或击穿,其中“部分”意指它们被限于仅绝缘层或材料的一部分(即,不是全部击穿或闪络)。

[0009] 部分放电以主要局限于缺陷内的电流脉冲(部分放电脉冲)的形式发生,并且电流脉冲的上升时间是非常短的(典型地 < 1 纳秒),其取决于复杂的因素,例如它们发生的地方的并且不可改变的缺陷内的气体的压力和成分。

[0010] 部分放电脉冲产生射频信号,其包含达到高达几百兆赫(VHF, UHF)的分量。

[0011] 该射频信号远离缺陷传播,在此期间它们通过多个不可改变的机构和路径经历剧烈反射、散射和阻尼效应,使得信号的频率越高,由于这些阻尼和散射效应引起的退化越强。

[0012] 部分放电可以通过产生相邻的材料或表面的绝缘质量方面的变化来指示并且引起绝缘材料的退化,其通常导致绝缘层的进一步的部分放电活动、老化效应以及整体劣化,因此可能发生击穿。

[0013] 从而要避免部分放电,并且检测它们以减少它们的影响是有利的。

[0014] EP408813 公开了用于在电机运行期间检测在定子线棒绝缘材料内的部分放电以及因此检测缺陷的装置和方法。

[0015] 该装置包括由在印刷电路板上的直导电迹线制成的传感器,该传感器放置成与定子线棒紧密相邻并且在运行期间能够检测由部分放电脉冲产生的信号。

[0016] 由于信号的频谱(frequency content)高(几百MHz),当它们传播通过绝缘层时,它们经历若干次散射和阻尼效应,使得频率越高,这些阻尼和散射效应越强。

[0017] 从而,为了检测由从远离装置位置的缺陷发射的脉冲产生的信号,EP408813 的传

感器由长直导线制成（直导线越长，检测的频率越低，并且检测的频率越低，可以检测到的缺陷的离装置的距离越长）。

[0018] 然而，即使该装置和方法让缺陷的存在被检测到，它们无法确定缺陷的精确位置（即仅检测到缺陷存在，但是缺陷的位置没有精确定位）。

[0019] EP1418437 公开了可以在制造过程或质量检验操作期间使用以检测定子线棒的绝缘层的缺陷的方法和传感器。

[0020] 根据 EP1418437，为了精确定位绝缘层内的缺陷，高电压施加到定子线棒使得在绝缘层内存在的缺陷产生部分放电脉冲以及因此产生可由该装置检测到的射频信号（具有 3GHz 的频率）。

[0021] 该方法允许缺陷非常精确地被定位，因为非常高的频率信号（3GHz）当传播通过绝缘层时受到非常强烈地阻尼，因此部分放电仅在非常靠近产生它们的缺陷处可被检测到。

[0022] JP2008304357 公开了利用用于检测高频信号（1-2GHz）的贴片天线的部分放电测量装置；从而在该文献中公开的该装置也仅能够检测非常靠近机器内的天线位置的部分放电。

[0023] JP08122388 公开了部分放电测量装置，其使用现有定向天线检测由部分放电发射的射频信号。由于定向天线总是具有不完美的方向性，确定缺陷的确切位置是不可能的。

[0024] 另外，发现由部分放电脉冲产生的信号强度中的大部分处于比引用的文献中的检测的那些低得多的频率分量（几百兆赫兹）。这导致用已知的装置检测不到缺陷的风险。

发明内容

[0025] 因此本发明的技术目的是提供消除已知技术的所述问题的装置和方法。

[0026] 在该技术目的范围内，本发明的目的是提供装置和方法，其通过检测远离绝缘层中存在的缺陷传播的信号，允许缺陷在制造和 / 或质量检验操作期间被精确地定位。

[0027] 本发明的另外的目的是提供装置和方法，其允许检测到产生部分放电的缺陷，该部分放电发射具有几百 MHz（小于 800MHz，并且优选地在 400-600MHz 附近）频率的信号。

[0028] 该技术目的与这些和另外的目的的一起通过提供根据附随的权利要求的装置和方法根据本发明实现。

附图说明

[0029] 本发明的另外的特性和优势将从根据本发明的通过附图中的非限制性的示例的图示的装置和方法的优选的而非排他的实施例的说明更加明显，其中：

[0030] 图 1 是在具有两个缺陷的定子线棒的检验期间本发明的装置的示意图；

[0031] 图 2 和 3 是在第一实施例中的本发明的装置的两个示意图；

[0032] 图 4 和 5 是在第二实施例中的本发明的装置的两个示意图；

[0033] 图 6、7、8、9 是根据本发明的装置的不同天线的示意图；以及

[0034] 图 10 是示出与定子线棒的尺寸相比的天线尺寸的草图。

具体实施方式

[0035] 参照附图，其示出用于检测通常用标号 1 指示的绝缘导体的缺陷的装置。

[0036] 在最简单的实施例中,装置 1 包括设置成耦合由绝缘导体的绝缘层内的缺陷产生的脉冲所产生的信号(是射频信号)的天线 2。

[0037] 天线 2 连接到连接天线 2 到测量装置 4 的连接器 3。

[0038] 特别地,天线 2 是紧凑型天线,即,它具有小于待检验的绝缘导体(例如定子线棒或罗贝尔线棒)的尺寸的总尺寸,并且它的形状适用于检测具有小于 800MHz 并且优选地 400-600MHz 的频率的信号。

[0039] 特别地,天线 2 具有与待检验的绝缘导体的横截面 30 相似的(即大体上相同)或小于其的总尺寸。

[0040] 例如(图 10),天线的总尺寸包含或限制在具有与绝缘导体的横截面相似或小于其的尺寸的长方形或正方形形状内。

[0041] 在这方面,图 10 示出是具有边 A 和 B 的长方形的定子线棒的横截面,并且在定子线棒的侧壁上描绘具有边 A 和 B 的长方形,该长方形包围或包含天线 2(其是一个单天线或包括多个天线)。

[0042] 如果天线采用某一尺寸的偶极天线(图 8)的形式(即导线),该天线的电导体可弯曲一次或多次以便装入长方形或正方形内。

[0043] 如果天线采用不同的形式,例如具有一个或多个旁瓣(lobe)或槽的贴片天线(图 6 和 7),它也包含或限制在正方形或长方形内。

[0044] 当然,天线的其他不同的实施例也是可能的,例如线圈或螺线管(图 9),其包含在长方形或正方形内(特别地,线圈的横截面包含在长方形或正方形内)。

[0045] 在操作期间,该天线在近场中使用,即,它与绝缘导体并置使得

[0046] $D \ll \lambda$

[0047] 其中 D 是天线和要检测的绝缘导体之间的距离,并且 λ 是要检测的信号的波长(典型地这些信号达到几百 MHz 的频率)。

[0048] 天线 2 的一个优选的实施例是贴片天线,即,它包括一个或多个用导电迹线压印的印刷电路板。

[0049] 装置 1 还包括由导电或半导体材料制成的外壳 5(例如,它可是金属外壳),其容置天线 2。

[0050] 外壳 5 提供有孔 7,其对着天线 2 使得由脉冲产生的信号直接照射天线 2。

[0051] 此外,天线 2 采用这样的方式安装在外壳 5 中使得它在孔 7 的方向上显示出它的最高灵敏度,并且外壳 5 设计成增强该方向灵敏度。

[0052] 此外,外壳 5 提供针对来自每个其他的方向的外部背景射频干扰的屏蔽以进一步增强天线的灵敏度和它的信噪比性能。

[0053] 优选地孔 7 装有垫片 8,其设置成当绝缘导体经受检验操作时与绝缘导体的外表面接触。典型地绝缘导体的外层位于地电势并且可涂有导电或半导体材料以当操作时也就是说当高压施加到导体时抑制表面放电(电晕)的形成。

[0054] 从而垫片 8 的目的是在金属外壳 5 和绝缘导体的外表面之间建立接触以提供天线 2 与外部电磁信号和干扰的进一步隔离。

[0055] 垫片 8 由导电或半导体材料制成;例如,它由装有金属粉的弹性体或连续金属(导电)线圈或导电泡沫塑料制成。

- [0056] 装置 1 还包括位于每个天线 2 和连接器 3 之间的放大器 10 和 / 或滤波器 11。
- [0057] 放大器 10 和滤波器 11 容置在外壳 5 内,使得它们被保护免于外部背景射频干扰影响。
- [0058] 在不同的实施例中,本发明的装置可包括多个并排天线 2,各设置成检验大于单天线 2 的绝缘导体的一部分。
- [0059] 在该情况下,该装置可具有许多天线 2,使得当它们与绝缘导体并置时,它们覆盖相同的导体的全长。由于一个单次测量允许检查和检验绝缘导体的全长,该实施例允许实施非常快速的检验。
- [0060] 备选地,该装置可具有许多天线 2 使得当它们与绝缘导体并置时它们仅覆盖相同的绝缘导体的一部分;在该情况下多次的测量是必要的并且 / 或装置必须沿着绝缘导体的长度移动以便全部扫描它。
- [0061] 在这些实施例中(具有并排天线),该装置优选地提供有多路复用器 15,每个天线 2 通过个体传输线 16 连接到该多路复用器 15。
- [0062] 多路复用器 15 连接到连接器 3,其连接或可连接到测量装置 4。
- [0063] 测量装置 4 可以是装置 1 的一部分或可以是单独的仪器。
- [0064] 如果测量装置 4 是装置 1 的一部分,它包括控制单元 19,其设置成比较来自每个天线 2 的信号以定位缺陷(即部分放电源)。
- [0065] 如果测量装置是单独的仪器,它可以是频谱分析仪、示波器、检测和显示(参照施加的电源频率测试电压波形(例如,50 或 60Hz 的正弦波)的相位)由部分放电脉冲产生的信号的装置,或这样的装置的组合。在该情况下,连接器 3 是同轴电缆(即屏蔽电缆),其连接天线 2 与测量装置 4。
- [0066] 在另外的实施例中,装置 1 包括两个部分(或甚至超过两个部分),其各具有天线 2 中的至少一个。
- [0067] 这些部分设置成检验绝缘导体的不同侧并且优选地检验绝缘导体的相对侧。
- [0068] 图 2 和 3 示出在本发明的第一实施例中的装置。
- [0069] 特别地,图 3 的装置具有两个设置成检验绝缘导体的相对侧的部分。
- [0070] 每个部分提供(在附上的图中)有外壳 5,其包含对着孔 7 的天线 2。
- [0071] 垫片 8 从孔 7 的边缘延伸设置成沿着绝缘导体的表面滑动。
- [0072] 为了改善装置 1 的每个部分沿绝缘导体的滑动,每个外壳 5 可提供有滚轮或其他机构以允许外壳在绝缘导体的长度上并且沿着其自由移动使得绝缘表面和包含该装置的外壳之间的距离保持相对恒定,并且还确保导电垫片 8 与定子线棒外表面保持良好的电接触以提供天线 2 与外部电磁信号和干扰的进一步隔离。
- [0073] 在本发明的该实施例中的装置的操作从描述和图示的那些是明显的并且大致如下。
- [0074] 在绝缘导体(例如定子线棒或罗贝尔线棒)的制造过程结尾,为了检验绝缘层的质量,对它施加 ac 电压(例如具有 20000V 电压以及 50 或 60Hz 频率)。
- [0075] 那么装置 1 与定子线棒并置并且使得沿着它的全长滑动。
- [0076] 如果定子线棒的绝缘层不具有缺陷,天线 2 检测不到任何信号(除去一些背景噪声)。

[0077] 如果定子线棒的绝缘层具有缺陷 25, 部分放电脉冲 26 在缺陷 25 内产生, 其产生射频信号 27, 射频信号 27 传播远离缺陷 25 并且当它们在定子线棒内并且沿着其传播时经历衰减和散射效应。

[0078] 当装置 1 (其沿着定子线棒滑动) 接近缺陷 25 时, 天线 2 在电容方面或电感方面或其的组合方面耦合由脉冲 26 产生的射频信号 27。

[0079] 由于射频信号 27 包含高频分量 (当它们沿着定子线棒传播时其经历快速衰减和散射), 当天线接近缺陷 25 时检测的射频信号 27 的大小增加并且当天线离开缺陷 25 时减小。

[0080] 由于天线 2 是紧凑型天线, 即它具有非常小的尺寸 (与待检验的定子线棒的尺寸相比), 当由部分放电脉冲产生的检测的信号的大小示出大小的峰值 (如例如由某些测量装置 4 测量的, 例如频谱分析仪、示波器或参照施加的电源频率测试电压波形的相位用于显示部分放电的装置, 或这样的装置的组合等) 时, 缺陷的位置可以非常精确地确定。

[0081] 如果装置具有多个单天线 (例如这些天线是并排垂直于滑动方向, 例如在图 10 中示出的那些), 当装置 1 在定子线棒上滑动时, 控制单元 19 识别特定天线 2, 其检测到最高信号 27, 从而精确地指示缺陷 25 的位置。

[0082] 图 4 和 5 示出本发明的另外的实施例。

[0083] 特别地, 图 5 的装置具有第一部分, 其具有设置成检验罗贝尔线棒的直部 (或槽部) 的外壳 5a, 和两个另外的部分, 其具有设置成检验罗贝尔线棒的弯曲部的外壳 5b 和 5c。图 5 还以虚线示出另外的部分, 其可以提供成在两个对侧检验罗贝尔线棒。

[0084] 有利地外壳 5a 至少与待检验的定子线棒的直部一样长并且外壳 5b 和 5c 至少与定子线棒的弯曲部一样长; 这让定子线棒用一个单次测量测试。

[0085] 如果定子线棒的直部长于外壳 5a, 或定子线棒的弯曲部长于外壳 5b 和 5c, 多次测量是必要的; 即进行第一检验然后移动定子线棒和 / 或装置以同样检验线棒的剩余部分。

[0086] 每个外壳 5a、5b、5c 容置多个天线 2, 其每个连接到放大器和滤波器; 如果天线采用贴片天线的形式, 每个天线和 / 或滤波器和 / 或放大器可在一个或多个印刷电路板的组中实现。

[0087] 每个天线 (通过放大器和滤波器) 连接到多路复用器和测量装置。

[0088] 在本发明的该实施例中的装置的操作从描述和图示的那些是明显的并且大致如下。

[0089] 在制造过程结尾, 为了检验绝缘层的质量, 绝缘导体 (定子线棒或罗贝尔线棒) 供应有具有 20000V 电压以及 50Hz 频率的 ac 电压。

[0090] 从而外壳 5a、5b、5c 与定子线棒 (具有与定子线棒接触的垫片 8) 并置。

[0091] 如果缺陷存在, 部分放电脉冲 26 在缺陷 25 内产生; 这些部分放电脉冲 26 产生射频信号 27, 其然后传播远离缺陷 25 并且当它们传播远离缺陷 25 时经历衰减和散射效应。

[0092] 远离缺陷 25 的天线 2 检测不到任何信号 (由于阻尼效应); 较接近缺陷 25 的天线 2 检测到信号所以信号越强, 缺陷离某个天线越近。

[0093] 控制单元 19 识别检测最高大小的信号的特定天线 2, 并且从而精确地指示缺陷 25 的位置。

[0094] 本发明还涉及用于检测绝缘导体的绝缘层内的缺陷的方法。

[0095] 该方法包括：施加 ac 电压到绝缘导体使得在绝缘层中的缺陷在缺陷内产生脉冲 26 并且脉冲 26 产生射频信号 27，其传播远离缺陷 25，从而至少通过天线 2 检测由脉冲 26 产生的具有小于 800MHz 的频率并且优选地在 400-600MHz 之间频率的射频信号 27，并且然后传送检测到的信号到连接器 3 用于传送它们到测量装置 4，其中天线 2 是紧凑型天线。

[0096] 天线在近场操作。

[0097] 有利地，多个天线直接与待检验的绝缘导体的整个表面并置。

[0098] 特别地，由脉冲 26 产生的高频信号 27 通过多个并排天线 2 检测并且然后它们检测到的信号彼此比较以精确地定位缺陷 25。

[0099] 在该方法的第一实施例中，多个天线 2 同时与待检验的绝缘导体并置，使得它们覆盖相同的绝缘导体的大部分或全部长度。如果绝缘导体的大部分长度被并排天线覆盖（即不是整个长度），绝缘线棒和 / 或该装置适时移动并且重复测量，使得整个表面被检验。

[0100] 在不同的实施例中，一个或多个天线与待检验的绝缘导体并置并且沿着绝缘导体的表面移动以测试相同的绝缘导体的所有长度。

[0101] 有利地，由脉冲产生的高频信号在绝缘导体的不同的侧（优选地在对侧）检测。

[0102] 当然，描述的特征可互相独立地提供。

[0103] 如此构想的装置和方法易受许多修改和改变，所有都应落入本发明性概念的范围内；此外所有细节可以由技术上等同的元素代替。

[0104] 实际上使用的材料和尺寸可以根据要求和技术发展水平任意选择。

[0105] 标号列表

[0106]	1	装置	2	天线
[0107]	3	连接器	4	测量装置
[0108]	5、5a、	外壳	7	孔
[0109]	5b、5c			
[0110]	8	垫片	10	放大器
[0111]	11	滤波器	15	多路复用器
[0112]	16	个体传输线，同轴电缆	19	控制单元
[0113]	20	绝缘导体或定子线棒（罗贝尔线	25	缺陷
[0114]		棒）		
[0115]	26	部分放电脉冲	27	射频信号
[0116]	30	绝缘导体的横截面		横截面的 A、B 侧

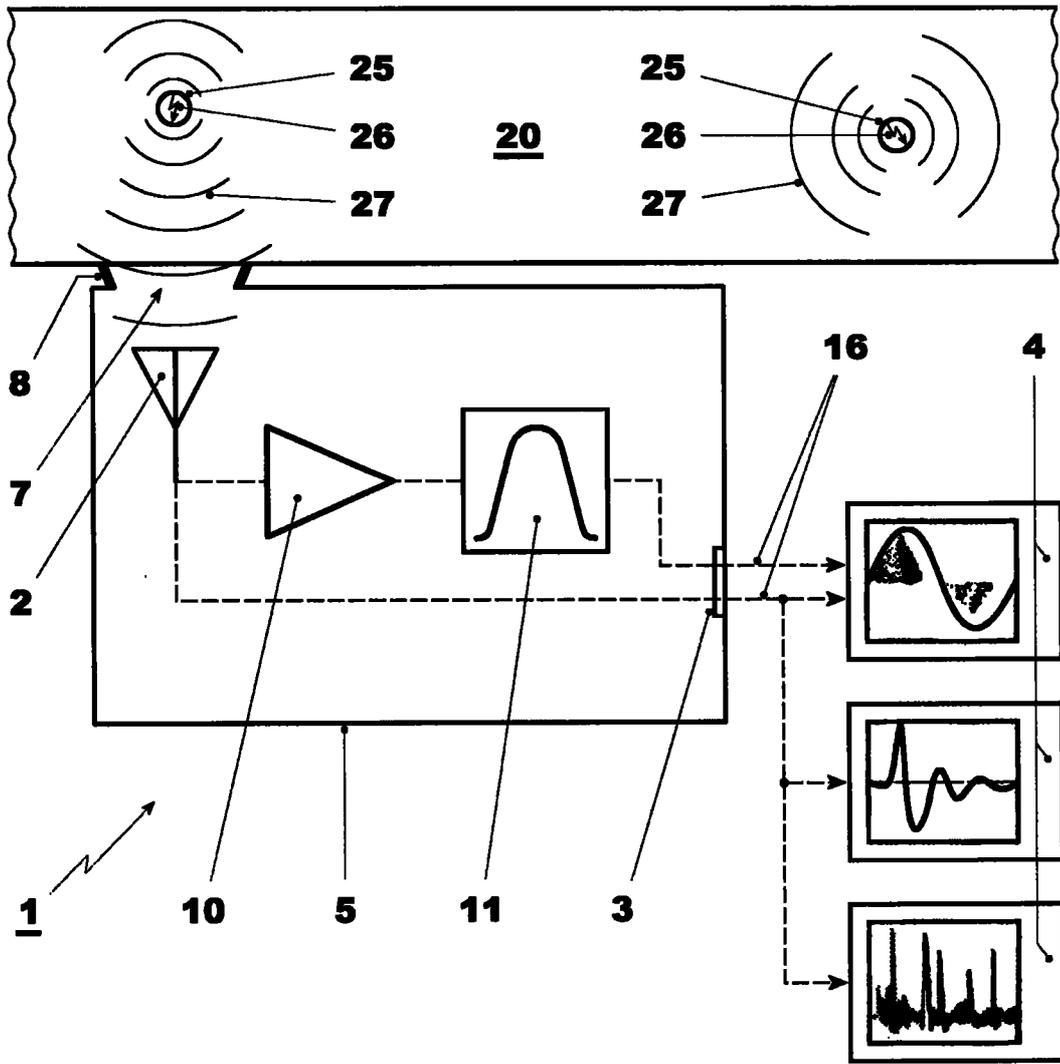


图 1

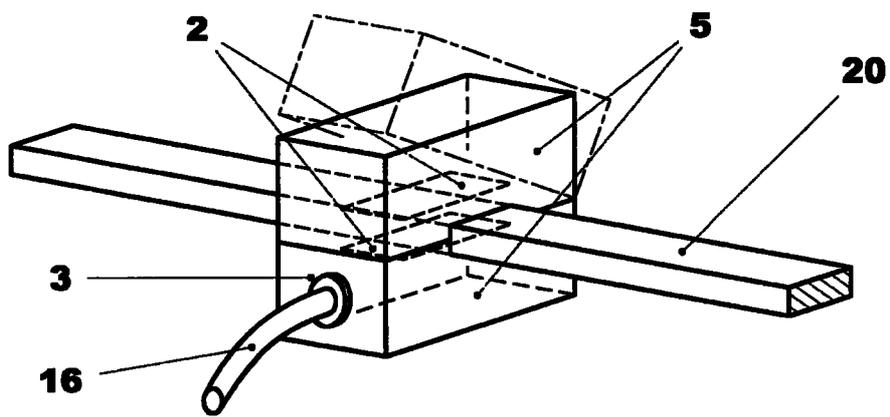


图 2

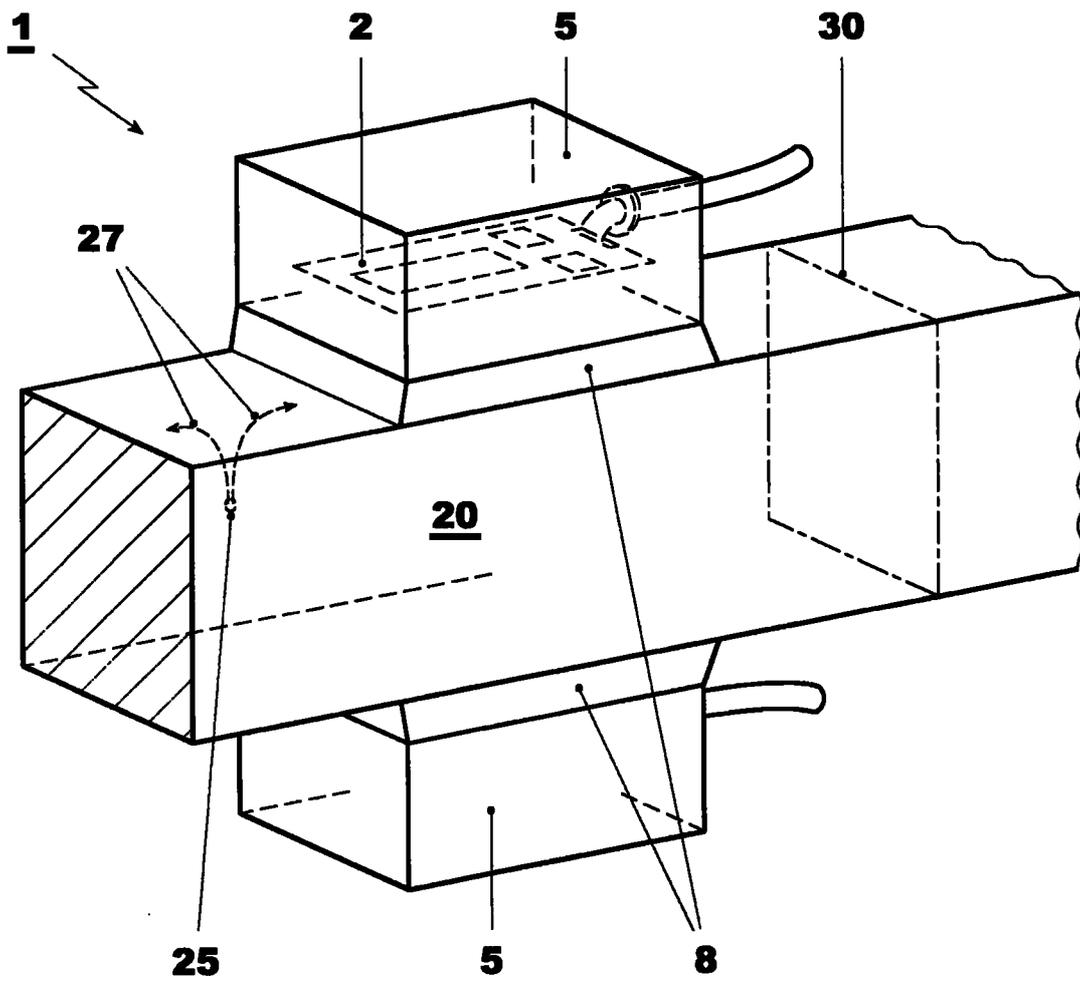


图 3

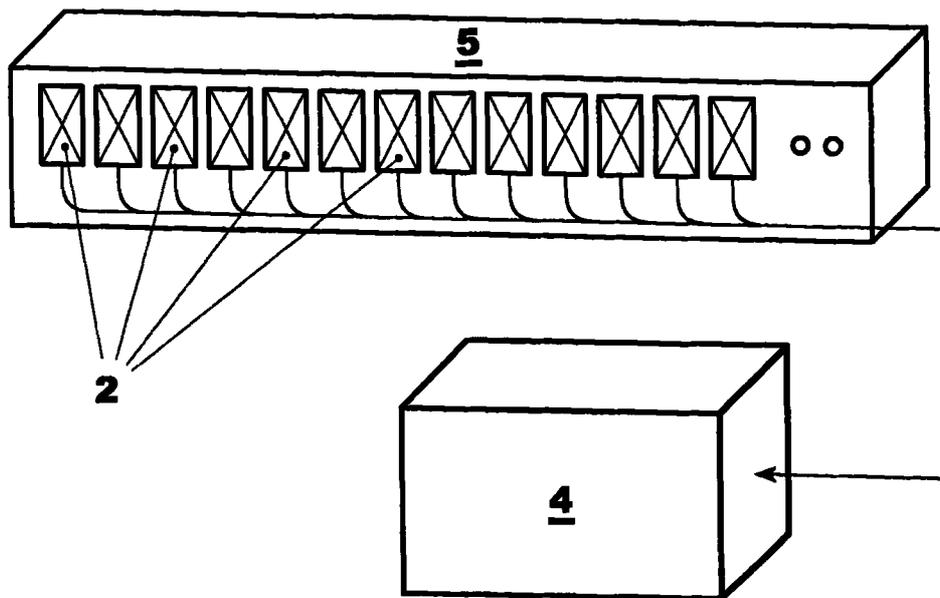


图 4

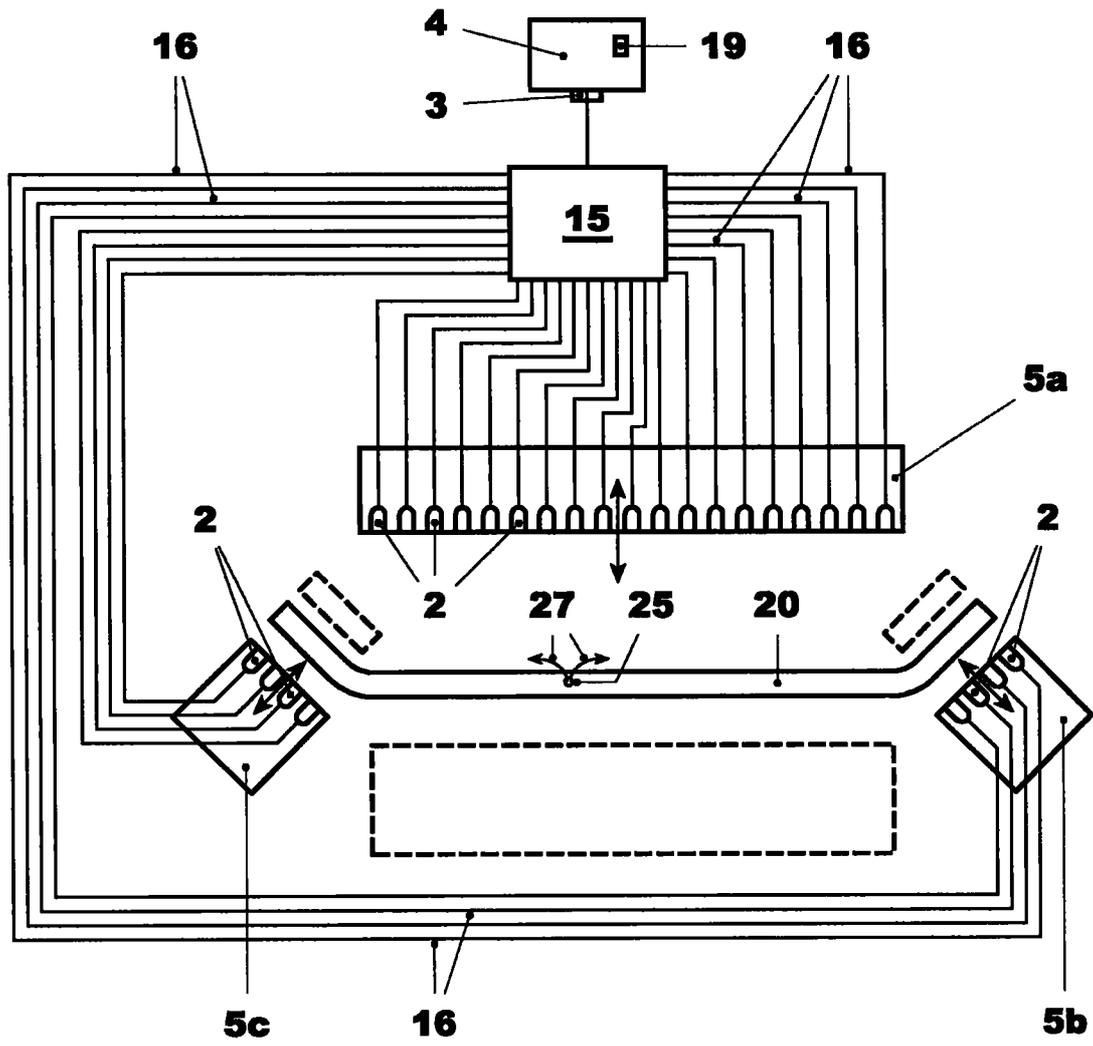


图 5

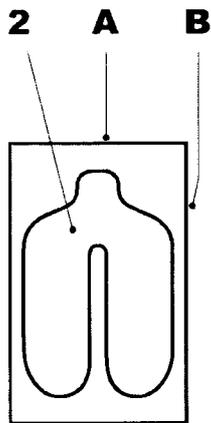


图 6

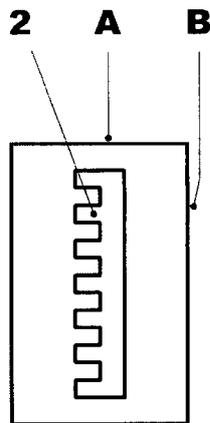


图 7

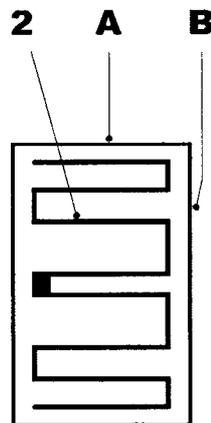


图 8

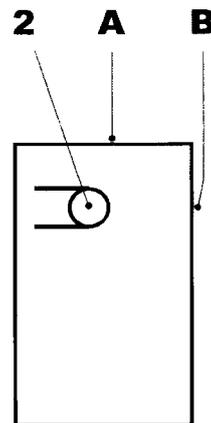


图 9

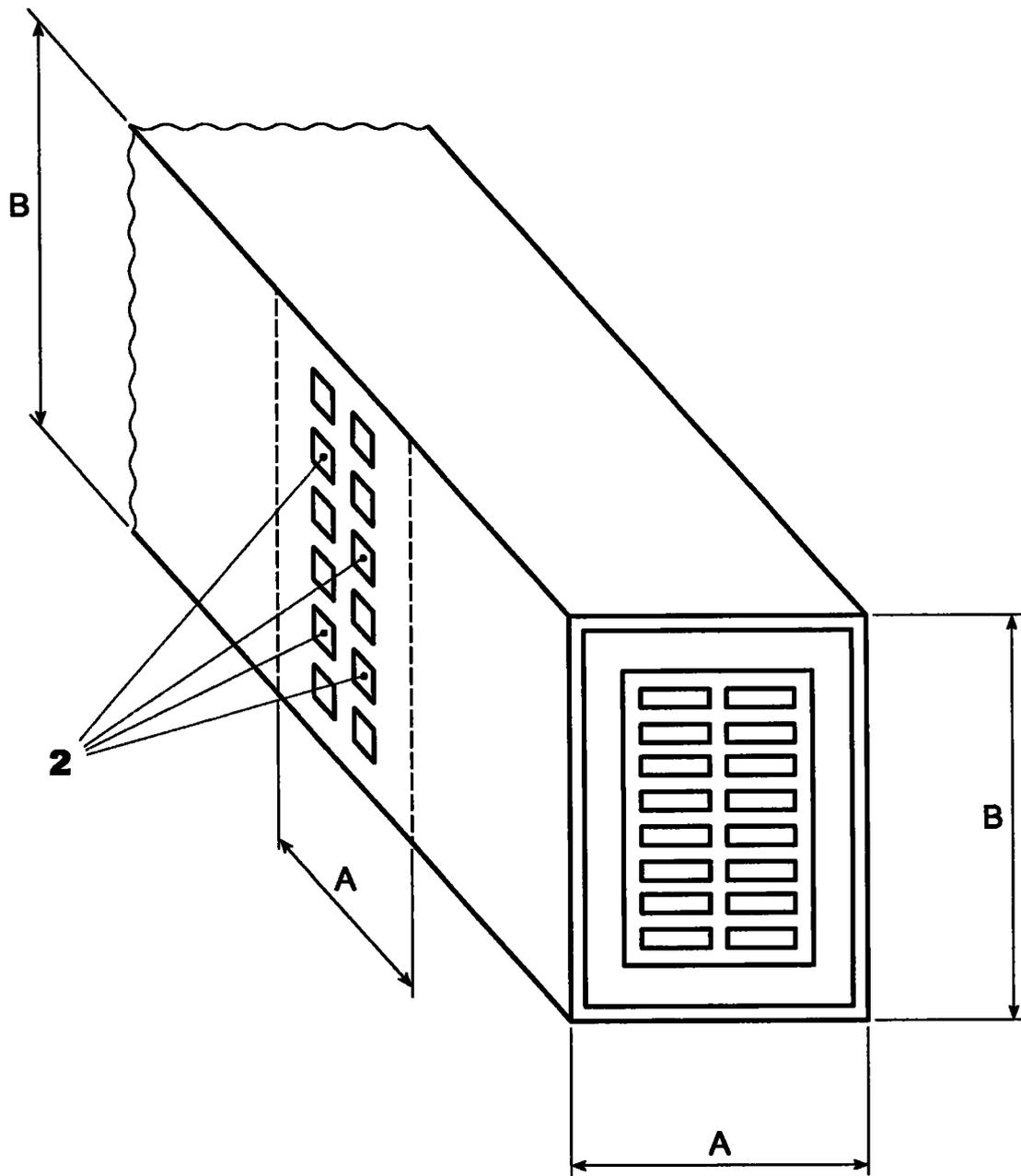


图 10