

(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101216523 B

(45) 授权公告日 2010.06.16

(21) 申请号 200710185685.1

(22) 申请日 2007.12.28

(73) 专利权人 华北电力大学

地址 071003 河北省保定市永华北大街 619 号

(72) 发明人 刘洋 崔翔 赵志斌 李琳

(74) 专利代理机构 石家庄冀科专利商标事务所有限公司 13108

代理人 李羨民 雷秋芬

(51) Int. Cl.

G01R 31/08(2006.01)

(56) 对比文件

CN 1866038 A, 2006.11.22, 全文.

JP 2001116792 A, 2001.04.27, 全文.

CN 1245898 A, 2000.03.01, 说明书第 2-3 页及权利要求 1、3.

CN 1778273 A, 2006.05.31, 说明书第 12 页及附图 3.

CN 201138368 Y, 2008.10.22, 权利要求 1.

JP 2000284015 A, 2000.10.13, 全文.

CN 2849736 Y, 2006.12.20, 全文.

CN 101034129 A, 2007.09.12, 全文.

CN 1245898 A, 2000.03.01, 说明书第 2-3 页及权利要求 1、3.

齐磊, 崔翔, 李慧奇. 变电站接地网的频域有限元方法. 中国电机工程学报 27 6. 2007, 27(6), 第 64-66 页.

刘渝根, 腾永禧, 陈先禄, 袁涛. 接地网导体状态的诊断方法. 重庆大学学报 27 2. 2004, 27(2), 第 92-94 页.

肖新华, 刘华, 陈先禄, 张晓玲. 接地网腐蚀和断点的诊断理论分析. 重庆大学学报 24 3. 2001, 24(3), 第 72-75 页.

审查员 黄素霞

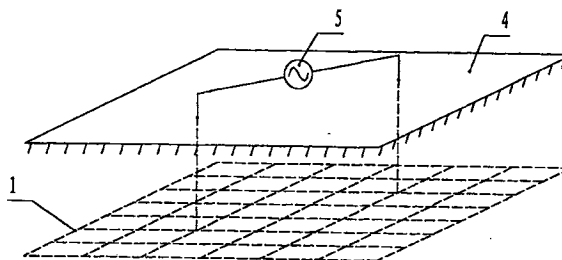
权利要求书 2 页 说明书 6 页 附图 8 页

(54) 发明名称

变电站接地网缺陷诊断及装置

(57) 摘要

一种变电站接地网缺陷诊断方法, 属电力技术领域, 用于解决地网缺陷诊断问题。其技术方案是, 首先在变电站接地网的两下引导体之间接入异频的正弦波激励源, 直接注入激励电流, 同时利用探测线圈将注入电流在地表激发的磁感应强度信号转变为感应电压信号, 测量磁感应强度在地表的分布, 并仿真计算接地网正常情况下的地表磁感应强度分布, 然后将测量结果与仿真计算结果进行比较, 根据两者的差异, 诊断接地网腐蚀变细或断裂缺陷的具体位置和程度。本发明操作简便, 可在变电站正常运行的情况下, 快速、准确地对接地网网格导体缺陷进行诊断, 能满足实际现场的测量与诊断要求。



CN 101216523 B

1. 一种变电站接地网缺陷诊断方法,其特征是,首先在变电站接地网的两下引导体之间接入异频的正弦波激励源,直接注入激励电流,激励电流频率为 $100 \sim 1\text{kHz}$;同时利用探测线圈将因注入激励电流而在地表激发的磁感应强度信号转变为感应电压信号,测量磁感应强度在地表的分布;仿真计算接地网正常情况下的地表磁感应强度分布,然后将测量结果与仿真计算结果进行比较,根据两者的差异,诊断出接地网腐蚀变细或断裂缺陷的具体位置。

2. 根据权利要求 1 所述变电站接地网缺陷诊断方法,其特征是,在激励源内部设置频率调节电路,在激励源的输出端设置阻抗变换器。

3. 根据权利要求 1 或 2 所述变电站接地网缺陷诊断方法,其特征是,测量所得的地表磁感应强度信号经工频陷波、滤波、相敏检波处理后,将工频和其它干扰滤去。

4. 一种变电站接地网缺陷诊断装置,其特征是,它由探测信号发生部分和信号探测部分组成,所述探测信号发生部分为激励源 (5),激励源采用正弦波发生器,激励电流频率为 $100 \sim 1\text{kHz}$,激励源信号输出端接于地网的两下引导体之间;所述信号探测部分包括探测线圈 L、信号处理电路和采集分析系统 C,所述探测线圈 L 的信号输出端接信号处理电路的输入端,信号处理电路的输出端接采集分析系统的输入端;

所述信号处理电路由仪表放大器 YF、工频陷波器 XB、带通滤波器 LB 以及相敏检波器 XMJ 组成,所述仪表放大器 YF 的输入端接探测线圈 L,输出端依次经工频陷波器 XB、带通滤波器 LB、相敏检波器 XMJ 接采集分析系统 C,带通滤波器 LB 的时钟信号输入端 f_{CLK} 接时钟脉冲发生器的输出端,相敏检波器 XMJ 的参考信号输入端 S 接激励源参考信号输出端;

所述工频陷波器 XB 由两个运算放大器、电阻、电容以及电位器 W 组成,两个运算放大器分别是第一运算放大器 F1 和第二运算放大器 F2,均接成电压跟随器;电阻、电容接成陷波网络,其中,第一电阻 R1、第二电阻 R2 串联连接后接于仪表放大器 YF 的输入端与第一运算放大器 F1 的正向输入端之间,它们的串接点经第三电容 C3 接第二运算放大器 F2 的输出端;第一电容 C1、第二电容 C2 串联连接后也接于仪表放大器 YF 的输入端与第一运算放大器 F1 的正向输入端之间,它们的串接点经第三电阻 R3 接第二运算放大器 F2 的输出端;第一运算放大器 F1 的输出信号经电位器 W 分压后接第二运算放大器 F2 的正向输入端,第一运算放大器 F1 的输出端接带通滤波器 LB 的信号输入端;

所述带通滤波器 LB 采用 LTC1068/S0, LTC1068/S0 接成 8 阶滤波器,其信号输入端 INVA 接工频陷波器的输出端,其 LPD 和 HPD/HD 端的输出信号接相敏检波器 XMJ 的输入端。

5. 根据权利要求 4 所述变电站接地网缺陷诊断装置,其特征是,所述相敏检波器 XMJ 由三个运算放大器、两个场效应管、电阻、二极管和电容组成,三个运算放大器分别是第三运算放大器 F3、第四运算放大器 F4 和第五运算放大器 F5,均接成反相放大器,其中,第三运算放大器 F3 和第七电阻 R7、第八电阻 R8、第九电阻 R9 接成第一反相放大器,第四运算放大器 F4 和第十电阻 R10、第十一电阻 R11、第十二电阻 R12 接成第二反相放大器,第五运算放大器 F5 和第十三电阻 R13、第十四电阻 R14、第十五电阻 R15 接成第三反相放大器,两个场效应管分别是第一场效应管 JFET1 和第二场效应管 JFET2,第一反相放大器的输入端经第四电容 C4 接带通滤波器 LB 的输出端,其输出端接采集分析系统 C,第二反相放大器的输入端接带通滤波器 LB 的输出端,其输出端依次经第五电容 C5、第十六电阻 R16 和第一场效应管 JFET1 接第三运算放大器 F3 的反向输入端,第三反相放大器的输入端接激励源 (5) 的参考

信号输出端,其输出端经第一二极管D1接第一场效应管 JFET1 的栅极,第二场效应管 JFET2 接于第一场效应管 JFET1 与电源负极之间,其栅极经第二二极管 D2 接第五运算放大器 F5 的反向输入端。

变电站接地网缺陷诊断及装置

技术领域

[0001] 本发明涉及一种能在变电站正常运行的情况下,高效、简便、准确地诊断变电站接地网缺陷的方法,属电力技术领域。

背景技术

[0002] 接地网在变电站安全运行中起着十分重要的作用,它不仅为变电站内各种电气设备提供一个公共的参考地,在系统故障和雷电防护时还能迅速排泄故障电流并降低变电站内的地电位升,保护变电站内工作人员的人身安全和各种电气设备的安全和正常运行。接地装置一般为网格状的接地体,常常利用扁钢、圆钢、角钢、钢管或铜质材料等焊接组成网格,该网格常常埋于地下0.6~1米的深度,以便实现均压、散流和减小接地电阻的作用,如图9所示。根据需要在不同的网格位置处有接地导体与地面的电气设备相连。当变电站发生短路或遭受雷击等故障时,瞬间的大电流经接地网分散入地,接地电阻越小,接地网的电位升就越低,这样地表的电位以及与接地网相连的电气设备的电位就低,从而保护电气设备和变电站内工作人员的人身安全。但是钢质材料的接地网,在多雨和沿海地区,随着使用年限的增加,易发生腐蚀,可能使接地导体变细甚至断裂,破坏了接地网的原有结构,降低了接地性能,丧失了保护功能。

[0003] 近年来,查找接地网的断点和严重腐蚀段已成为电力部门一项重大的反事故措施。电力部门诊断接地网腐蚀或断裂缺陷的常用方法就是过一定年限后抽样挖开检查,根据变电站处土壤的大致结构和腐蚀率,凭经验估计接地网网格导体的腐蚀程度。这种方法具有盲目性,工作量大,需要消耗大量的人力、物力和财力,同时还受到现场运行条件的制约,很难准确的诊断接地网缺陷。

[0004] 另外,目前也出现了一些较为先进的诊断方法,多是基于电路和网络理论分析,依赖于可触及上引导体间电阻的测量,即利用接地网的拓扑结构和接地引线间电阻的测量数据,建立接地网的腐蚀诊断方程,通过求解诊断方程得到接地网支路导体的变化值,利用分析软件和正常接地网的情况进行比较,进而判断接地网的腐蚀程度。然而,当局部出现严重腐蚀或断点时,由于两部分接地网间的互电阻作用,准确测量引线间电阻值是十分困难的,这种方法用于工程实际具有一定的局限性。也有采用电磁场的诊断方法,通过测量接地网地表的电位差进行接地网的故障诊断,但对于变电站这种网状接地网结构,当接地网导体局部腐蚀或出现小断口时,地表电位变化较小,在实际工程中,通过测量地表电位差分析变电站接地网导体的腐蚀状态和寻找断点也是困难的。

发明内容

[0005] 本发明用于克服现有技术的缺陷、提供一种诊断效率高、操作简便、测量准确的变电站接地网缺陷诊断方法,本发明同时还给出实现该方法的装置。

[0006] 本发明所称问题是以下述技术方案实现的:

[0007] 一种变电站接地网缺陷诊断方法,其步骤为:首先在变电站接地网的两下引导体

之间接入异频的正弦波激励源,直接注入激励电流;同时利用探测线圈将因注入电流而在地表激发的磁感应强度信号转变为感应电压信号,测量磁感应强度在地表的分布;仿真计算接地网正常情况下的地表磁感应强度分布,然后将测量结果与仿真计算结果进行比较,根据两者的差异,诊断出接地网腐蚀变细或断裂缺陷的具体位置和程度。

[0008] 上述变电站接地网缺陷诊断方法,为了避开工频、谐波等干扰,提高信噪比和测量精度,应在激励源内部设置频率调节电路,鉴于直接向接地网注入和抽出电流,为了实现阻抗匹配,在激励源的输出端设置阻抗变换器。

[0009] 上述变电站接地网缺陷诊断方法,为了有效地抑制现场的电磁干扰,对测量所得的地表磁感应强度信号经工频陷波、滤波、相敏检波处理后,将工频及其它干扰滤去。

[0010] 一种变电站接地网缺陷诊断装置,由探测信号发生部分和信号探测部分组成,所述探测信号发生部分为激励源 5,激励源采用正弦波发生器,其信号输出端接于地网的两下引导体之间,所述信号探测部分包括探测线圈 L、信号处理电路和采集分析系统 C,所述探测线圈 L 的信号输出端接信号处理电路的输入端,信号处理电路的输出端接采集分析系统 C 的输入端。

[0011] 上述变电站接地网缺陷诊断装置,所述信号处理电路由仪表放大器 YF、工频陷波器 XB、带通滤波器 LB 以及相敏检波器 XMJ 组成,所述仪表放大器 YF 的输入端接探测线圈 L,输出端依次经工频陷波器 XB、带通滤波器 LB 和相敏检波器 XMJ 接采集分析系统 C;带通滤波器 LB 的时钟信号输入端 f_{CLK} 接时钟脉冲发生器,相敏检波器 XMJ 的参考信号输入端 S 接激励源的参考输出端。

[0012] 上述变电站接地网缺陷诊断装置,所述工频陷波器 XB 由两个运算放大器、电阻、电容以及电位器 W 组成,两个运算放大器分别是第一运算放大器 F1 和第二运算放大器 F2,均接成电压跟随器;电阻、电容接成陷波网络,其中,第一电阻 R1、第二电阻 R2 串联连接后接于仪表放大器 YF 的输入端与第一运算放大器 F1 的正向输入端之间,它们的串接点经第三电容 C3 接第二运算放大器 F2 的输出端,第一电容 C1、第二电容 C2 串联连接后也接于仪表放大器 YF 的输入端与第一运算放大器 F1 的正向输入端之间,它们的串接点经第三电阻 R3 接第二运算放大器 F2 的输出端,第一运算放大器 F1 的输出信号经电位器 W 分压后接第二运算放大器 F2 的正向输入端,第一运算放大器 F1 的输出端接带通滤波器 LB 的信号输入端。

[0013] 上述变电站接地网缺陷诊断装置,所述带通滤波器 LB 采用 LTC1068/50, LTC1068/50 接成 8 阶滤波器,其信号输入端 INVA 接工频陷波器 XB 的输出端,时钟信号输入端 f_{CLK} 接时钟信号发生器的输出端,其 LPD 和 HPD/HD 端的输出信号接相敏检波器 XMJ 的输入端。

[0014] 上述变电站接地网缺陷诊断装置,所述相敏检波器 XMJ 由三个运算放大器、两个场效应管、电阻、二极管和电容组成,三个运算放大器分别是第三运算放大器 F3、第四运算放大器 F4 和第五运算放大器 F5,均接成反相放大器,其中,第三运算放大器 F3 和第七电阻 R7、第八电阻 R8、第九电阻 R9 接成第一反相放大器,第四运算放大器 F4 和第十电阻 R10、第十一电阻 R11、第十二电阻 R12 接成第二反相放大器,第五运算放大器 F5 和第十三电阻 R13、第十四电阻 R14、第十五电阻 R15 接成第三反相放大器,两个场效应管分别是第一场效应管 JFET1 和第二场效应管 JFET2,第一反相放大器的输入端经第四电容 C4 接带通滤波器

LB 的输出端,其输出端接采集分析系统 C,第二反相放大器的输入端接带通滤波器 LB 的输出端,输出端依次经第五电容 C5、第十六电阻 R16 和第一场效应管 JFET1 接第三运算放大器 F3 的反向输入端,第三反相放大器的输入端接激励源 5 的参考信号输出端,输出端经第一二极管 D1 接第一场效应管 JFET1 的栅极,第二场效应管 JFET2 接于第一场效应管 JFET1 与电源负极之间,其栅极经第二二极管 D2 接第五运算放大器 F5 的反向输入端。

[0015] 本发明利用异频的正弦波激励源,直接向地网注入激励电流,利用探测线圈 L 测量注入电流在地表激发的磁感应强度分布,同时仿真计算接地网正常情况下的地表磁感应强度分布,然后将测量结果与仿真计算结果进行比较。根据两者的差异,诊断接地网腐蚀变细或断裂缺陷的具体位置和程度。阻抗变换器用于解决激励源和接地网负载之间的阻抗匹配问题,提高信噪比;采用异频的正弦波激励源可避开工频、谐波等干扰,提高测量精度。信号处理电路由仪表放大器、工频陷波器、带通滤波器以及相敏检波器组成,有效地抑制了现场的电磁干扰。本发明操作简便,可在变电站正常运行的情况下,快速、准确地对地网缺陷进行诊断,能够满足实际现场的测量与诊断要求。

附图说明

[0016] 下面结合附图对本发明作进一步详述。

[0017] 图 1 为激励源连接示意图;

[0018] 图 2 为本发明测量方法示意图;

[0019] 图 3 为诊断用激励源系统原理结构示意图;

[0020] 图 4 为信号处理电路的电原理图;

[0021] 图 5 为工频陷波器的电原理图;

[0022] 图 6 为带通滤波器的电原理图;

[0023] 图 7 为相敏检波器的电原理图;

[0024] 图 8 为诊断程序流程框图;

[0025] 图 9 为某一 220kV 变电站主接地网俯视图;

[0026] 图 10 实施例故障前接地网局部磁感应强度地表分布图;

[0027] 图 11 为实施例故障后接地网局部磁感应强度地表分布图。

[0028] 图中各标号为:1、地网,2、同轴电缆,3、信号处理电路及分析系统,4、地面,5、激励源,YF、仪表放大器,XB、工频陷波器,LB、带通滤波器,XMJ、相敏检波器,C、采集分析系统,F1、F2、F3、F4、F5 运算放大器,L、探测线圈,IC1、带通滤波器集成电路,C1 ~ C5、电容,R1 ~ R16、电阻,D1、D2、二极管,JFET1、JFET2、场效应管。

具体实施方式

[0029] 本发明针对已有技术的不足,提出了一种变电站接地网缺陷诊断的方法与系统,可以在变电站正常运行和不挖开的情况下,通过直接向接地网注入电流,测量其在地表激发的磁感应强度分布进行缺陷诊断。是一个以激励源、磁感应强度测量装置、计算机和仿真分析程序三者构成的一整套诊断测量系统。既可用于变电站接地网腐蚀程度、断点诊断,也可用于新设计接地网验收检测。其方法简便、诊断效率高、工程实用性强。

[0030] 本发明具有以下特点:

[0031] 1) 采用异频的正弦波激励源,通过变电站接地网的两下引导体,直接注入激励电流;

[0032] 2) 基于电磁感应原理和相敏检波技术,利用探测线圈将接地网网格导体在地表激发的磁感应强度转变为感应电压信号,在变电站复杂电磁环境下,对信号进行滤波、相敏检波和提取处理,进而得到探测注入电流在地表激发的磁感应强度分布;

[0033] 3) 基于有限元法和毕奥萨法尔定律等电磁理论,仿真计算接地网正常情况下的地表磁感应强度分布;将测量结果与仿真计算结果进行比较,根据地表磁感应强度分布的特征,诊断接地网网格导体腐蚀或断裂的缺陷。

[0034] 本发明采用异频的正弦波激励源,通过变电站接地网的两下引导体,直接注入激励电流。具体操作如下:基于线性放大和超微晶磁芯阻抗变换技术,在较宽的频带内和较大输出电流的情况下,实现频率和输出电流的连续调节,解决功率放大器和接地网负载之间的阻抗匹配问题;根据被测接地网的现场情况选择激励电流的注入与抽出位置以及注入电流的大小,向接地网直接注入激励电流。

[0035] 在变电站复杂电磁环境下,地表磁感应强度的测量采用相敏检波技术和带通中心频率可调的带通滤波器。通过与激励信号频率的配合调节,能够有效地抑制现场的电磁干扰,避开主要干扰频点,使测量精度和分辨率能够满足缺陷诊断要求。

[0036] 测量及数据处理包括计算机及相应程序,当输入变电站接地网的结构参数和现场测量数据后,该程序将接地网的模型图、仿真计算结果(采用通常接地网性能分析程序包CDEGS)、测量结果显示于计算机屏幕上,通过比较测量与计算结果,能够显示出接地网缺陷(腐蚀变细或断裂)的具体位置和缺陷程度。如果在某段导体上方地表磁感应强度发生明显变化或跌落,说明该段导体腐蚀严重或出现了断点。

[0037] 本发明的测量装置还包括异频的正弦波激励源系统,在接地网检测与诊断工程中,都需要一个激励信号,目前的激励源,为了携带方便,多采用蓄电池供电,输出电流小、频率范围窄、带负载能力差,只能用于测量土壤电阻率、接地阻抗等小电流的工作场合,而不能满足地表电位、磁场分布等需要较大激励电流的工程检测。本发明为了提高信噪比和测量精度,需要激励源具有较大的电流输出能力。考虑到变电站内复杂的电磁环境,要求激励信号的频率在一定范围内可调,以便选择合适的频点,避开工频、谐波等干扰。根据接地网面积的大小以及考虑电流注入与抽出点之间回流引线等情况,要求激励源能适应不同的负载。

[0038] 图3为诊断用激励源系统原理结构图,由于信号频率对接地网导体阻抗和土壤漏电流的影响,在2kHz以内的频段内磁感应强度较强,约为200~250nT,而几千赫兹以上时,下降较快。注入激励电流越大,地表磁感应强度越强,测量时信噪比高,越易检测,但同时激励源提出了更高的要求,不能无限增大激励电流。为了实现地表磁感应强度的有效检测,应根据实际接地网的大小和磁场检测系统的灵敏度选择适宜的激励电流,一般频率取100~1kHz,输出2~50A的电流即可满足测试需要。由于线性放大器通常的负载范围为4~16Ω,而接地网检测的负载仅为零点几欧姆,因此,线性放大器不能直接驱动这样的负载。本发明在激励源输出端加接铁氧体变压器式阻抗变换器(兼做变流器),通过次级线圈抽头、改变变比的方法,提升输出电流或电压,以获得所需的激励信号。

[0039] 参看图5,采用双T网络构成50Hz陷波电路,通过W可以调整电路的Q值。

[0040] 参看图 6, 时钟脉冲 f_{CLK} 用于控制和调节带通中心频率, R5、R6 为输出耦合电阻。

[0041] 因变电站的电磁环境十分复杂, 工频干扰可达几十微特 (μT), 同时还存在谐波、刀闸开关以及线路电流变化等引起的电磁干扰。为了能够有效的检测地表的磁场分布, 首先利用探测线圈将地表磁感应强度信号转变为感应电压信号, 采用仪表运放作为缓冲级, 用于抑制共模干扰和阻抗变换, 工频陷波电路抑制 50Hz 强干扰, 通过对信号进行工频陷波、滤波、相敏检波等技术处理后, 利用数据采集系统将测量结果存入计算机。工频陷波电路对 50Hz 的陷波深度应达到 50dB, 带通滤波电路在 $\pm 10\text{Hz}$ 处衰减约 3dB, 在 $\pm 45\text{Hz}$ 处衰减为 25dB, 在 $\pm 90\text{Hz}$ 处衰减达到 50dB, 经过陷波和滤波处理后, 必须能够抑制工频干扰。带通滤波器的通带带宽较窄, 且中心频率可连续调节, 其中心频率可在 200 ~ 900Hz 范围内调节。根据测量现场的实际电磁背景设置适宜的激励信号频率和接收系统的中心频率, 便可以有效的提取到有用信号。其基本原理为:

[0042] 设地表 X 方向磁感应强度分量为

$$[0043] \quad B_x = B_{xm} \sin(2\pi f_c t) \quad (1)$$

[0044] 式中 B_{xm} 为 X 方向磁感应强度幅值, f_c 为激励信号的频率, 即带通滤波器的中心频率。假设探测线圈平面与 X 方向垂直, 则探测线圈总磁通为

$$[0045] \quad \psi = NB_x S = NSB_{xm} \sin(2\pi f_c t) \quad (2)$$

[0046] 式中, S 为线圈的横截面积, N 为线圈匝数。据法拉第电磁感应定律, 线圈上产生的感应电动势大小为

$$[0047] \quad v_i = \frac{d\psi}{dt} = 2\pi f_c NSB_{xm} \cos(2\pi f_c t) \quad (3)$$

[0048] 设该信号经放大、滤波后的总增益为 A, 则滤波后输出的信号为

$$[0049] \quad v_o = 2\pi f_c NSAB_{xm} \cos(2\pi f_c t) \quad (4)$$

[0050] 令 $k = 2\pi f_c NSA$, 则

$$[0051] \quad V_{om} = kB_{xm} \quad (5)$$

[0052] 式中 V_{om} 为末端输出电压信号的幅值。诊断时, 依据 (5) 式就可以把地表磁感应强度的测量, 转化为电压信号的测量。

[0053] 采用本发明方法和诊断系统在模拟地网和多个 220kV 变电站进行现场测试, 其诊断结果与实际情况非常一致, 误差在 5% 以内, 能够快速有效地诊断接地网网格导体的断裂缺陷。

[0054] 本发明的一个应用实例为:

[0055] 示出了接地网出现缺陷后地表磁感应强度的分布情况。对于无缺陷的接地网, 从图 9 可以发现, 地表磁感应强度分量 B_x 的分布呈现出一定的规律性, 除了电流注入与抽出点附近的 B_x 较大以外, 沿 X 方向每根导体地表的 B_x 分布相对较均匀, 沿 Y 方向呈波浪式起伏, 一旦接地网局部导体发生腐蚀或断点, 势必改变这种分布特征, 这就为诊断提供了参考。在实际测量中, 可以结合接地网上引导体的实际位置, 选择适宜的上引导体位置作为激励电流的注入和抽出点。图 10 表明当某段导体出现断点或腐蚀变细到一定程度时, 该导体地表区域磁感应强度变化非常明显, 根据磁感应强度与邻近区域的差异程度, 就可以确定接地网网格导体的缺陷程度和位置。

[0056] 本发明除了应用于变电站接地网腐蚀等缺陷诊断外, 还可以广泛应用于发电厂、

大型建筑物、通讯塔等接地工程竣工后对漏焊和虚焊的有效检测手段,确保施工质量以及减少日常维护的盲目性。

[0057] 图 4 中,仪表放大器的型号是 AD620。

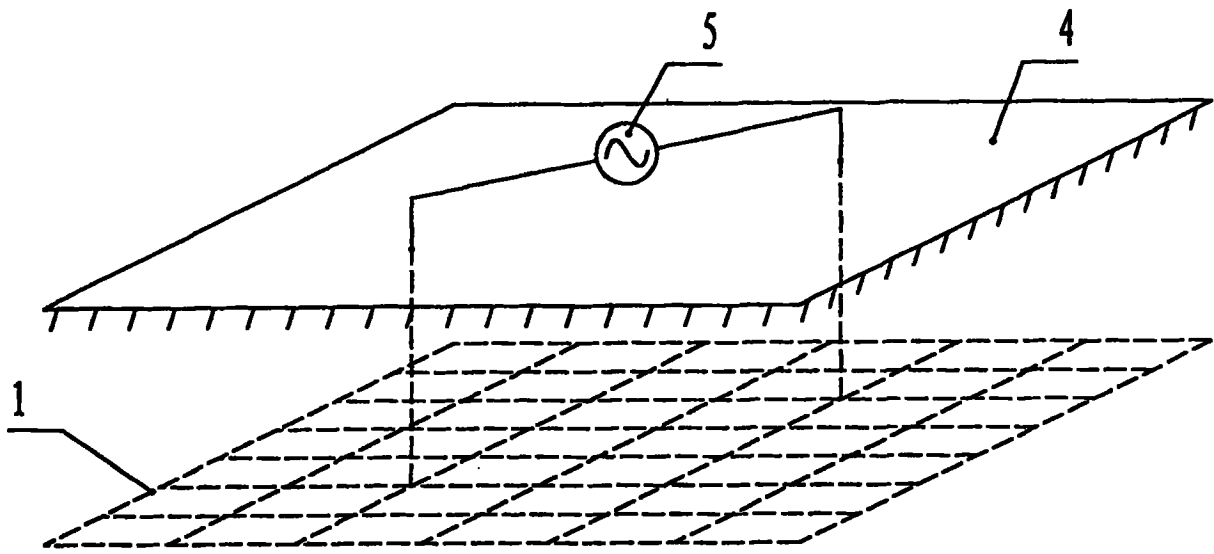


图 1

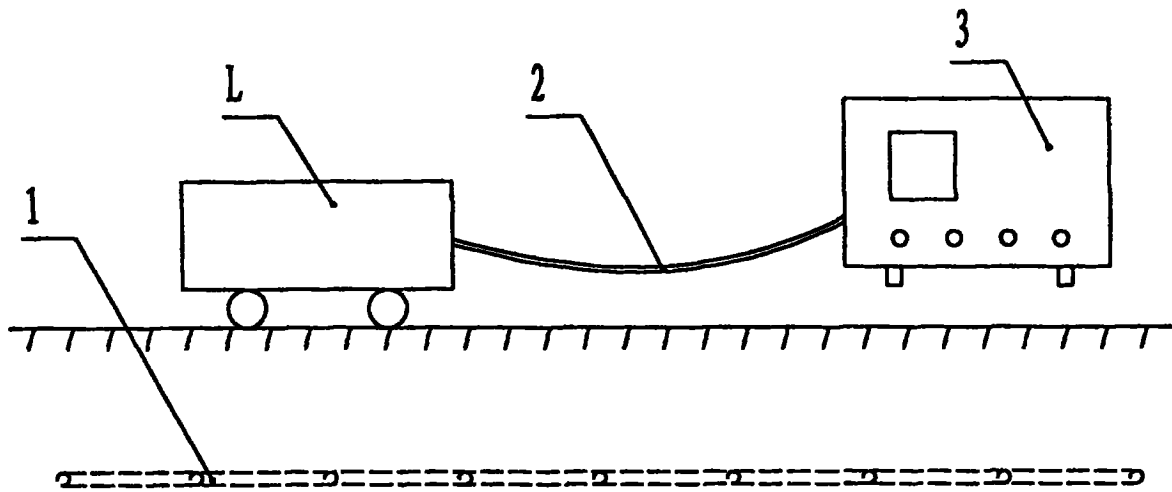


图 2

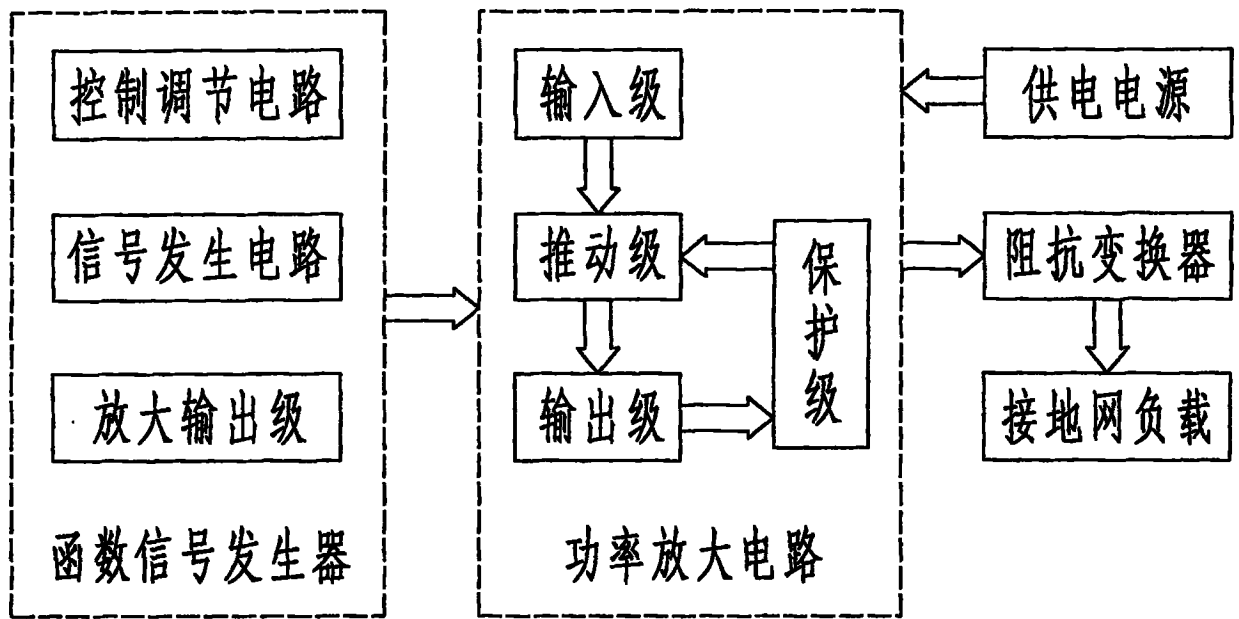


图 3

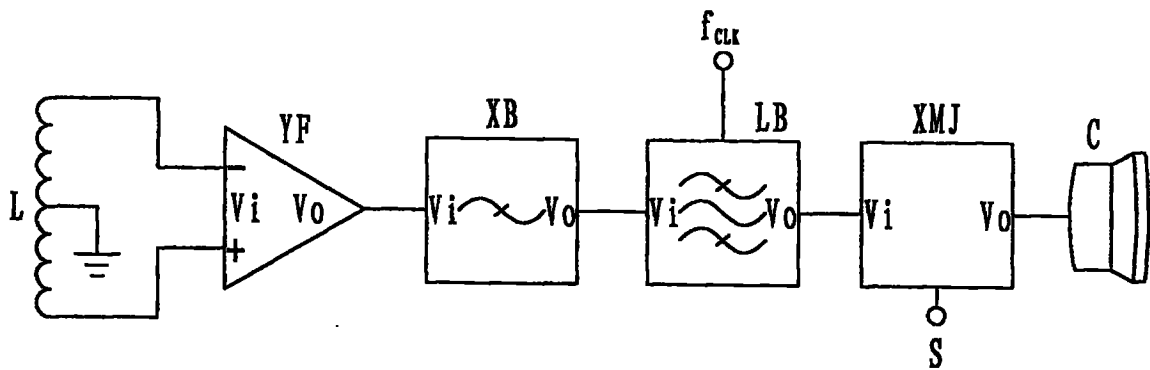


图 4

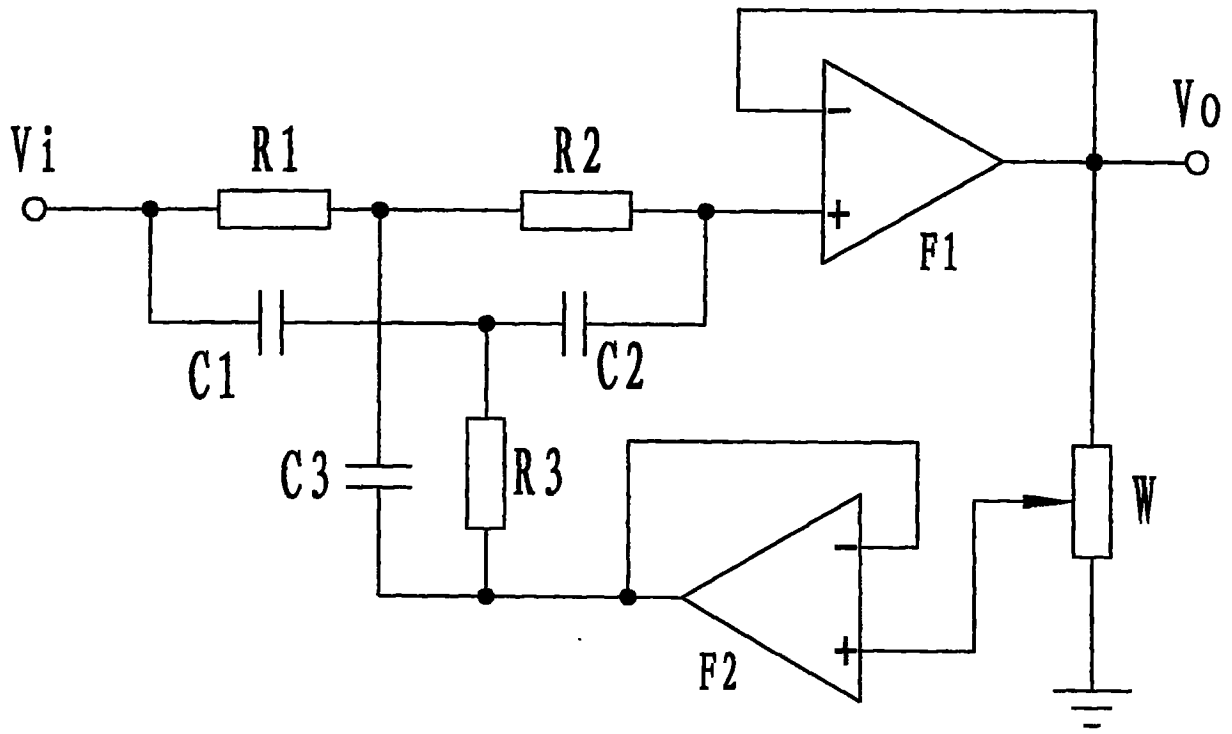


图 5

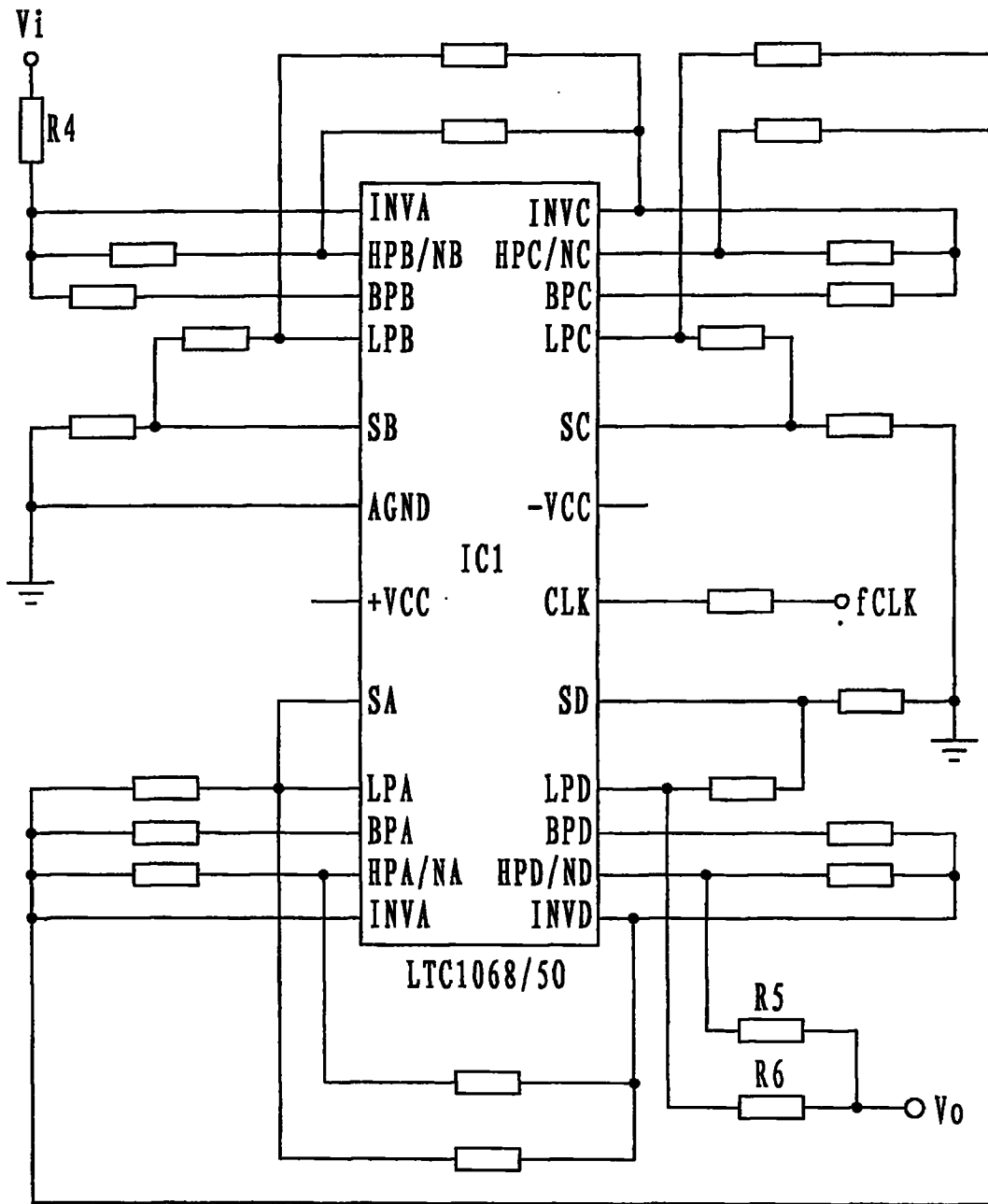


图 6

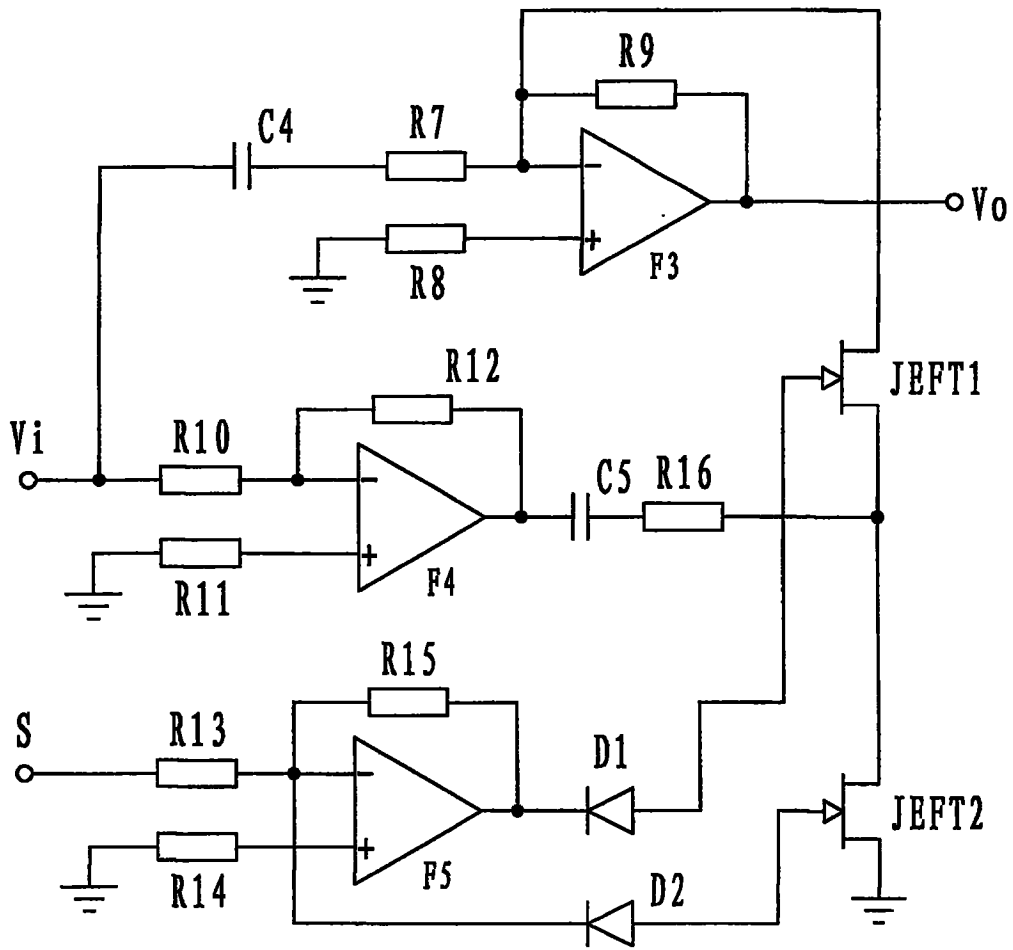


图 7

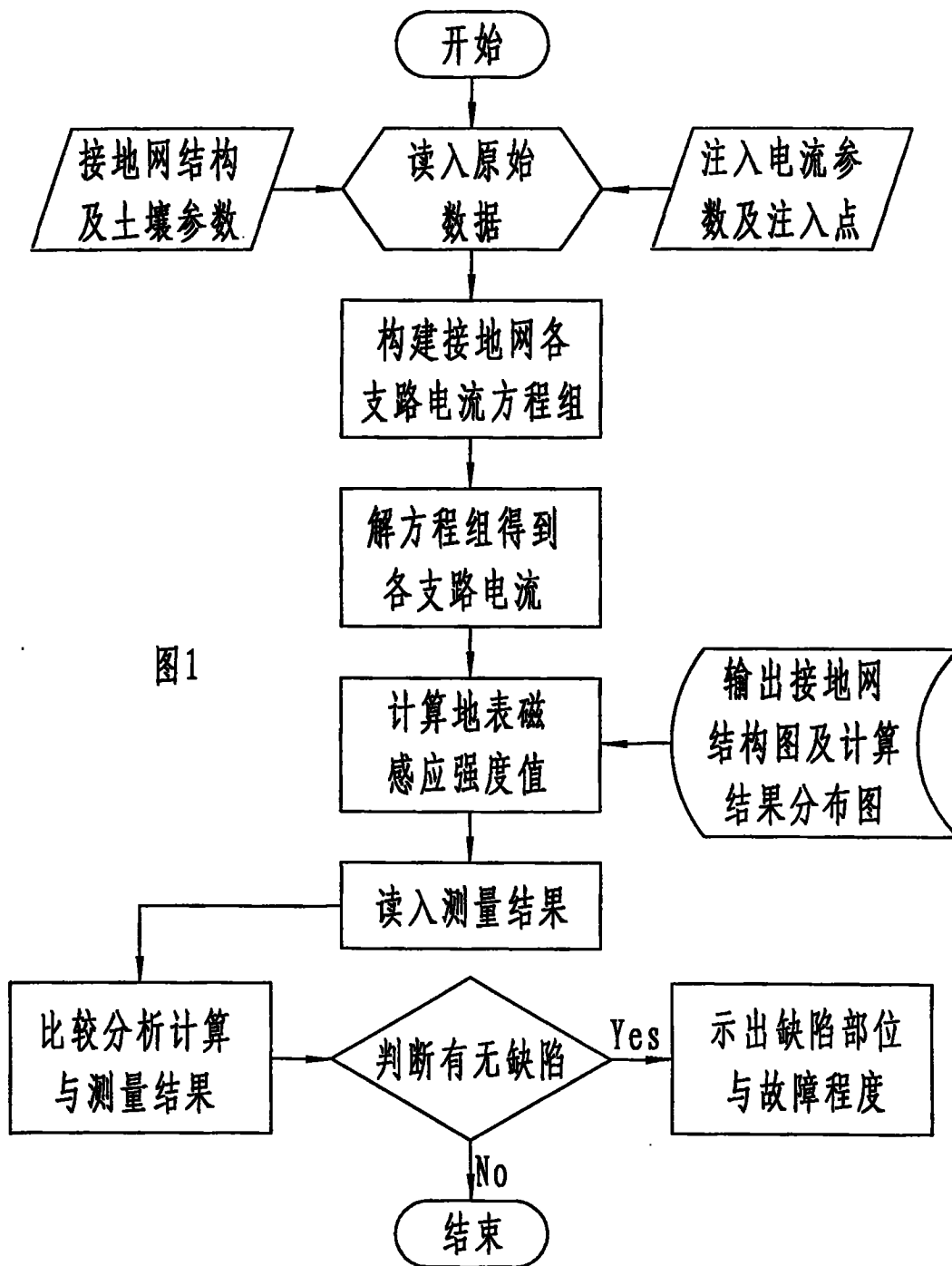


图1

图 8

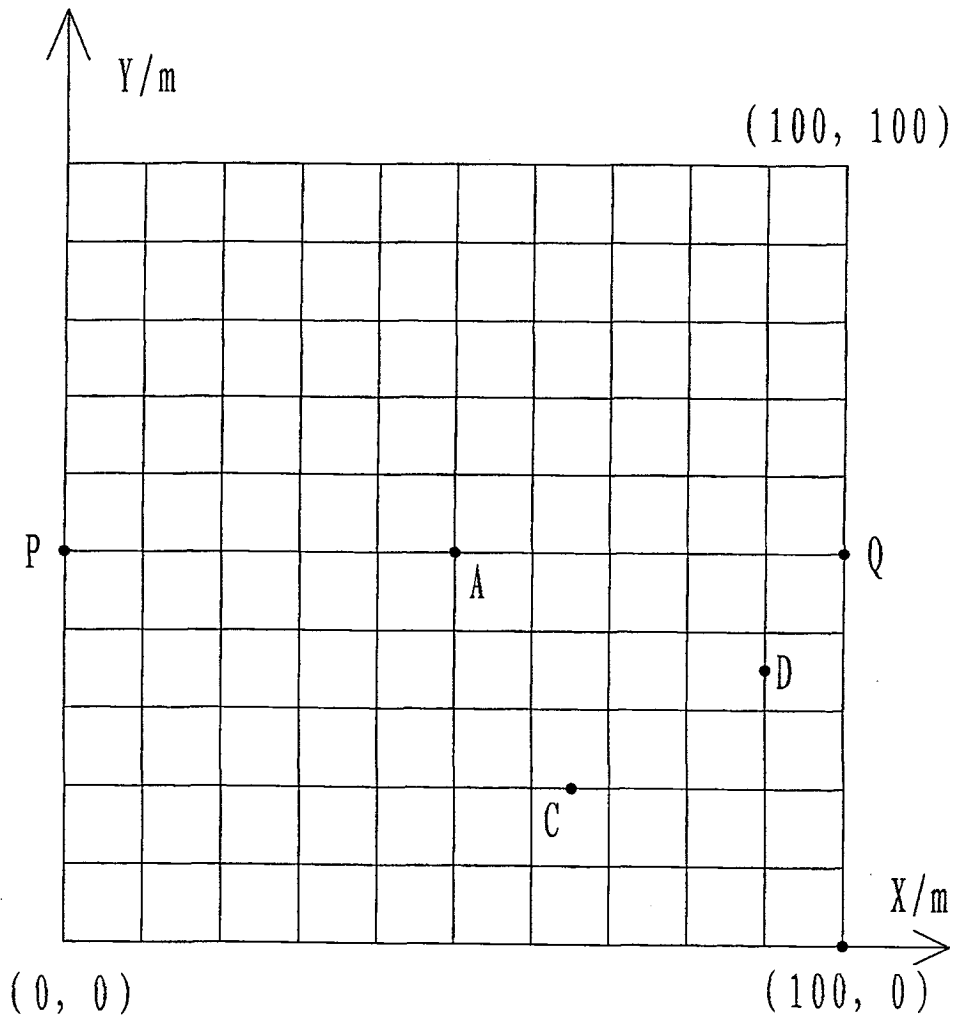


图 9

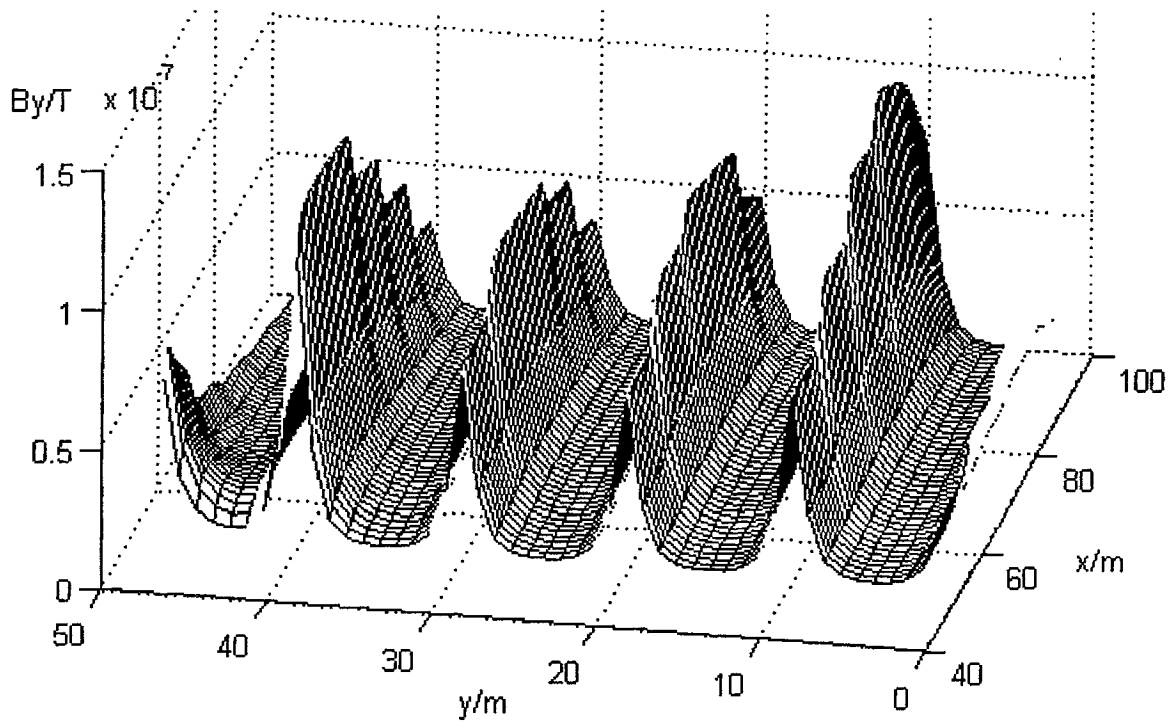


图 10

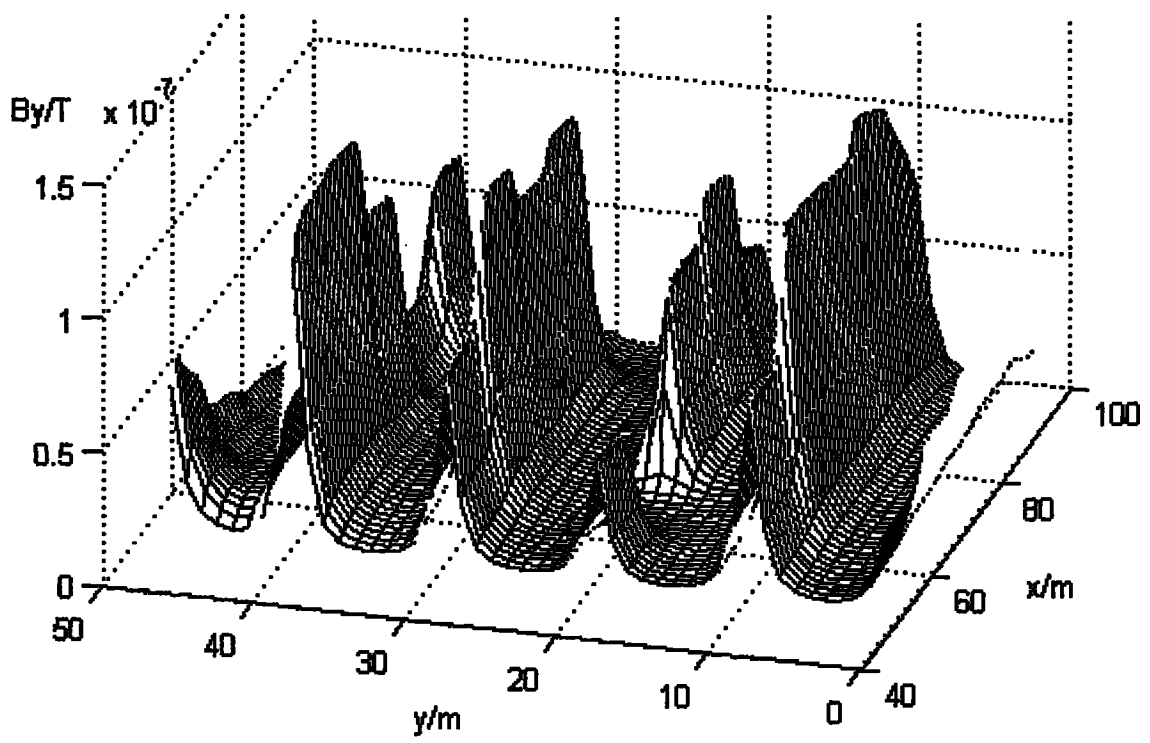


图 11