

机房室内路径冲击与场冲击综合监测方案研究

宋广谦

身份证号码: 2321011978****0012

摘要: 论文针对信号机房内部常见的强电冲击问题进行梳理, 总结出不同冲击形式的主要特点, 分析了与之相匹配的监测原理, 在此基础上进一步提出综合监测方案的整体思路和关键环节, 为机房内部设备的冲击防护和稳定运行提供了重要支撑。

关键词: 路径冲击; 场冲击; 综合性; 同步监测

Research on Comprehensive Monitoring Scheme for Indoor Path Impact and Field Impact in Computer Room

Guangqian Song

ID No.: 2321011978****0012

Abstract: This paper summarizes the common strong electric shock problems inside the signal room, identifies the main characteristics of different shock forms, analyzes the corresponding monitoring principles, and further proposes the overall idea and key links of a comprehensive monitoring plan, providing important support for the shock protection and stable operation of equipment inside the room.

Keywords: path impact; field impact; comprehensiveness; synchronous monitoring

0 前言

在内部主要设备特性的影响下, 信号机房对电磁冲击的耐受程度普遍较低。为保证安全运行, 现行的工程建设标准中采用了综合接地、综合防雷、等电位连接、法拉第笼等一系列措施, 但外部冲击问题引起的设备故障或运行事故仍时常发生。特别是在电气化铁路中, 接触网、回流线、贯通地线等结构形成了大量冲击源, 进一步增加了机房冲击风险。解决上述冲击问题的前提是掌握冲击情况、明确冲击来源, 因此需要研究建立一套综合性的监测方案, 实现准确分析。

1 机房室内冲击类型

总体而言, 机房室内冲击主要有两种类型, 其一是大电流或高电压通过导电结构传输进入机房, 其二是强电磁场通过空间传输进入机房, 这两种冲击类型最终的表现形式都是在电气电子设备回路中产生过压或过流, 从而损坏设备, 但两者在传输方式上的显著差异使得监测方式截然不同。

2 路径冲击的特点及监测原理

2.1 路径冲击的基本特点

路径冲击的本质是电场在导体内部的传导, 其冲击能量集中在特定的空间范围内, 因此具有易采集、幅值高、强度大的特点。由于机房内部分散接地、树状等电位连接等结构的存在, 导致此类导体路径众多, 给精细化监测方案带来较大困难。

2.2 路径冲击监测原理

2.2.1 交流冲击问题监测

对于路径冲击中的交流分量, 常用的监测采样传感器是 CT 线圈, 该传感器基于图 1 所示的理想变压器原理, 将被测路径作为一次绕组 (N_1), 与 CT 线圈的铁芯结构和二次绕组 (N_2) 形成微型理想变压器, 路径上的冲击电流 I_1 通过上述结构在二次绕组中感应生成 I_2 , 且遵循 $I_1/I_2=N_1/N_2$ 的关系, 测量 I_2 数值后即可计算得出待测的 I_1 数值。

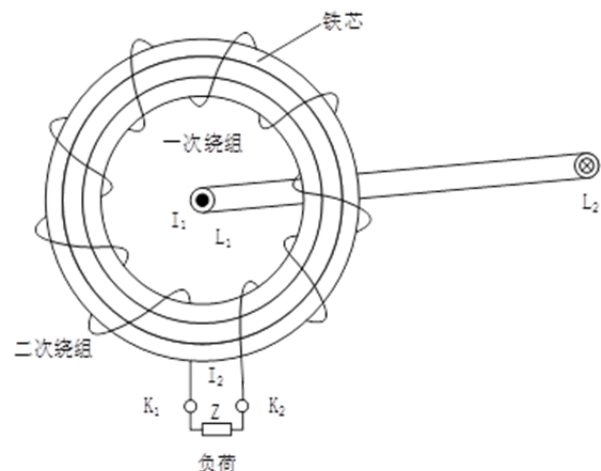


图 1 CT 线圈中的理想变压器原理

该原理实施过程中, 采样传感器与被测路径不直接接触, 属于隔离式采样, 既不影响被测路径工况, 也

可以有效避免冲击引入二次监测设备，具备明显的安全性优势。

2.2.2 直流冲击问题监测

直流分量不具备激发交变电磁场的能力，因此理想变压器原理无法适用，但在外加恒定磁场的作用下可以触发图 2 所示的霍尔效应，同样在不发生直接接触的情况下，即可

通过测量霍尔电压，计算得到待测的直流电流 I。

$$V_H = \frac{I \cdot B}{n \cdot e \cdot t}$$

其中，B 为外加恒定磁场的磁感应强度；n 为被测路径导体单位体积内的自由电子数；e 为电子电荷量；t 为被测路径导体厚度。

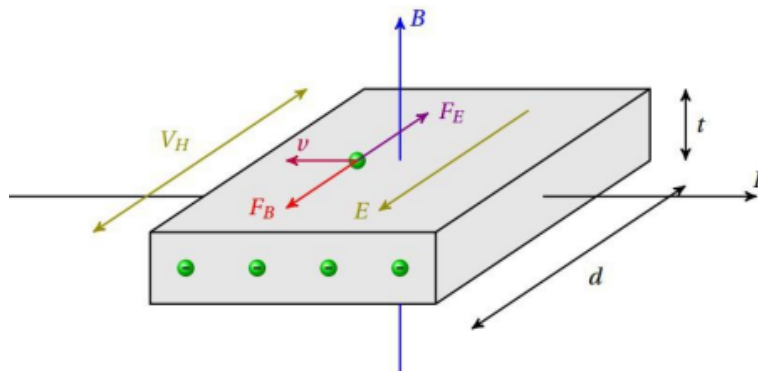


图 2 霍尔效应原理

3 场冲击的特点及监测原理

3.1 场冲击的基本特点

场冲击的本质是电磁场在空间传播，在穿过空气介质、建筑墙体、设备外壳等一系列环节后，在导体结构上耦合产生感应电动势，并在闭合环路中产生感应电流，因此具有明显的分散分布、难采集、强度较低的特点。位置分布的不确定性以及场强方向的不确定性，同样给监测方案带来一定挑战。

3.2 场冲击监测原理

3.2.1 广泛布置采样点

对于空间范围内分散分布的冲击电磁场，最直接的采样方式是设置大量的电磁场探头（天线），并由频谱分析仪对各探头接收到的电磁场信号进行强度分析，给出机房内各位置的电磁场强度分布图谱。该方案不存在原理层面的难题，但需要耗费大量硬件资源并做出合理的布点规划，同时带来电磁场分析同步性问题，难以真正意义上反映同一时刻的机房电磁场分布结果。

3.2.2 少数采样点与建模计算结合

事实上，由于电磁场的传播过程严格遵循麦克斯韦方程组，因此在获取个别点位的电磁场强度数据的情况下，可以通过对机房建模及方程组求解，得出激励源数据和空间内其他点位的电磁场分布数据。

在较大空间内多个点位求解上述方程组计算量较大，可直接利用基于时域有限元法（FDTD）的专用电磁场计算软件。在软件中首先建立机房内部的介质分布仿真模型，通过少数采样点的数据模拟计算激励源，再通过激励源计算结果模拟推导室内各个位置的电磁场分布，由软件直接输出分布图谱。上述过程的主要工作量是建立介质分布仿真模型，

且不同的机房的模型存在差异，需要分别建模（见图 3）。

$$\begin{aligned} \nabla \times \vec{H} &= \vec{j} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} \\ \nabla \times \vec{E} &= -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \\ \nabla \cdot \vec{B} &= 0 \\ \nabla \cdot \vec{D} &= \rho \end{aligned}$$

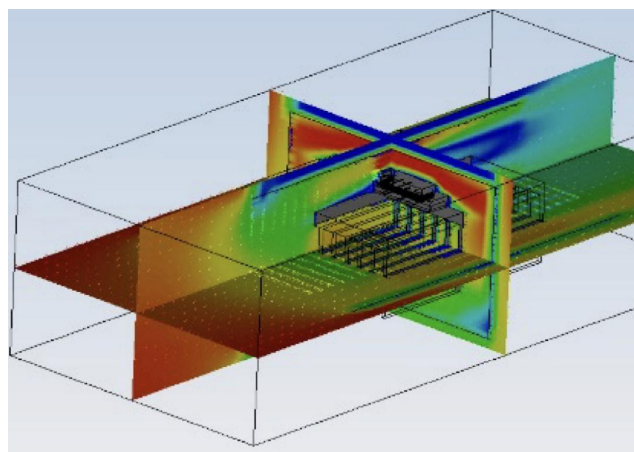


图 3 专用电磁场计算软件界面

4 冲击问题综合性监测方案

作为相对完善的综合性监测方案，应涵盖路径冲击和场冲击两类监测，为此需在前述监测原理基础上提出整合模式，整合的关键节点在于保持整个机房内各路径监测与场监测的时间同步。考虑到冲击事件存续时间较短，相应的同步机制至少应达到毫秒级，为实现该目标，路径冲击的监测单元及场冲击的监测单元需采用统一的采样控制电路，直接负责采样的 CT 线圈、霍尔元件、电磁场探头均在该控制电路

统一管理下进行信号转换,最后在数据存储调用等阶段均保持各项数据的同步。

5 结语

随着铁路建设事业的不断进步,信号机房的关键地位日益凸显,保障机房设备正常运行已经成为一项重要的基础性任务。正因如此,综合性冲击监测方案体现出巨大的现实意义。此外,在与信号机房性质相似的其他弱电机房中,该方案同样能够发挥安全保障作用,整体上具有非常广阔的应用前景,将带来显著的经济效益和社会效益。

参考文献:

- [1] 魏文轩.城轨车站电磁场分布特性仿真及动态模拟显示技术[D].北京:北京交通大学,2020.
- [2] 李鹏.信息系统设备机房实施电磁屏蔽相关计算和探讨[J].通讯世界,2018(11):283-285.
- [3] 孙仲阳.某通信调度机房雷击电磁脉冲屏蔽效能分析[J].机电信息,2022(16):38-40.
- [4] 刘幸飞.基于自适应有限元法的三维时域电磁正演研究[D].焦作:河南理工大学,2023.
- [5] 彭泉.高性能霍尔电流传感器芯片关键技术研究[D].成都:电子科技大学,2024.
- [6] 章如燕.瞬态电磁环境下列车电磁场分布特性仿真研究[D].石家庄:石家庄铁道大学,2023.
- [7] 易志强.多分量电磁场近场探测及其源重构技术研究[D].绵阳:西南科技大学,2024.
- [8] 汪光祖,李伟,袁新安,等.一种基于交流电磁场的差分检测探头[J].无损检测,2023,45(2):72-76.

作者简介:宋广谦(1978-),男,中国黑龙江双城人,本科,高级工程师,从事铁路信号方面的设计研究。

基金项目:国铁集团科技研究计划项目《铁路信号室内设备运行环境安全综合监测与评估关键技术研究》(项目编号:N2022G045)。