

火电厂电测仪表的抗干扰技术研究

石婷喻 刘晓文 郝宇 庞博 齐亚娟
达拉特发电厂 内蒙古鄂尔多斯 014000

摘要: 火电厂中使用的电测仪表在运行过程中会受到多种电磁干扰, 这可能导致测量数据失真、系统紊乱或保护误动。本文通过对火电厂电测仪表的干扰类型和来源进行分析, 并探讨了相应的抗干扰技术原理及常用措施。研究表明, 通过采用屏蔽技术、接地技术、滤波技术和隔离技术等手段, 可以有效减少电磁干扰对电测仪表的影响, 从而提高火电厂设备的运行可靠性。

关键词: 火电厂; 电测仪表; 抗干扰技术; 干扰类型; 抗干扰措施

引言

火电厂运行中电测仪表起着关键作用, 其可以准确地测量出各项电气参数, 并为火电厂监测, 控制及保护系统等提供关键数据。但是火电厂电磁环境的复杂性和多种外部因素使电测仪表易受多种干扰而造成测量数据不准, 从而影响到火电厂安全平稳运行。所以, 对火电厂电测仪表抗干扰技术进行深入的研究有一定的实际意义。

一、火电厂电测仪表干扰类型与来源分析

1. 干扰类型分类

(1) 电磁干扰: 火电厂中存在大量的电气设备, 如发电机、变压器、电动机等, 这些设备在运行过程中会产生交变电磁场, 对电测仪表产生电磁干扰。电磁干扰可分为传导干扰和辐射干扰。传导干扰通过导线、电缆等传导路径进入电测仪表; 辐射干扰则通过空间电磁波的形式对电测仪表产生影响。

(2) 静电干扰: 在干燥的环境中, 人体、设备等容易积累静电电荷。当静电电荷通过电测仪表的输入、输出端口或外壳放电时, 会产生静电干扰, 影响仪表的正常工作。

(3) 热干扰: 火电厂内设备运行会产生大量的热量, 导致环境温度变化。电测仪表中的电子元件对温度变化较为敏感, 温度变化会引起元件参数的变化, 从而产生热干扰, 影响测量的准确性。

(4) 化学干扰: 火电厂中存在一些腐蚀性气体和化

学物质, 如二氧化硫、氮氧化物等。这些物质可能会腐蚀电测仪表的外壳、电路板等部件, 影响仪表的性能和寿命, 产生化学干扰。

2. 干扰来源分析

(1) 电力系统内部: 火电厂的电力系统是一个复杂的网络, 包括发电机、变压器、输电线路等。这些设备在运行过程中会产生谐波、电压波动、频率变化等, 通过电源线、信号线等传导到电测仪表, 形成干扰。

(2) 周围环境: 火电厂周围可能存在其他工业设施、通信基站等, 这些设施产生的电磁辐射、无线电信号等会通过空间辐射的方式对电测仪表产生干扰。此外, 自然环境中的雷电、静电等也会对电测仪表造成影响。

(3) 仪表自身: 电测仪表内部的电子元件、电路设计等也可能存在一些问题, 如元件布局不合理、电路屏蔽不良等, 导致仪表自身产生干扰信号, 影响测量结果。

二、火电厂电测仪表抗干扰技术原理

1. 屏蔽技术原理

屏蔽技术是火电厂电测仪表中抗干扰的一种关键方法, 它的原理是建立在电磁场理论之上。用导电或导磁材料建造屏蔽体紧密包覆电测仪表或其关键部件。对静电干扰来说, 由导电材料做成的屏蔽体起到了至关重要的作用, 在外部有静电场的情况下, 由于静电感应, 屏蔽体的表面会出现和外部电场方向相反电荷分布, 屏蔽体内产生相反的电场, 两者互相抵消, 使得内部电场的强度接近于0, 从而有效地屏蔽了静电干扰对仪表内测量的影响。在电磁干扰面前屏蔽体具有反射和吸收电磁波的双重作用。交变电磁波到达屏蔽体表面后, 部分反射到外界空间中, 降低了进入屏蔽体内部的能量; 另一部分则进入屏蔽体, 使导电材料内部形成感应电流, 进而

作者简介: 石婷喻 (1995.12——), 女, 汉族, 内蒙古自治区包头市人, 本科, 助理工程师, 现就职于达拉特发电厂, 专业: 电气工程及其自动化。

形成与原来电磁波方向相反的磁场从而进一步减弱电磁波强度，同时导电材料还具有吸收电磁波能量和损耗的功能，减少了它对仪表造成的冲击。磁屏蔽是为了解决低频磁场的扰动问题，使用高导磁率的物质，这种物质可以把磁场线导入到其本身的内部，从而使得磁场线以屏蔽体为主，本实用新型极大地减小了通过仪表的磁场通量以减少低频磁场对于电测仪表产生的扰动，确保仪表测量准确和稳定。

2. 接地技术原理

接地技术通过将设备某点与等电位点或等电位面用低电阻导线连接，构建稳定的基准电位参考点，其核心在于消除公共地线阻抗引发的共阻抗耦合干扰，同时避免了磁场干扰及电位差的影响，避免了构成地电流环路的磁耦合干扰等。火电厂复杂电磁环境下强电系统接地的目的是为了确保人身安全，它是通过设备外壳和大地之间的等电位联系来实现雷击电流或者故障电流通过低阻抗路径进行泄放；对于弱电系统的接地，其主要目标是提供一个稳定的信号参考电位，以防止外部电磁场的变动导致基准电位的偏移。在实际操作中，需要根据信号的频率特点来选择接地策略：在低频电路（ $<1\text{MHz}$ ）中，通常选择单点接地，并通过串联或并联的方式来降低公共地阻抗的耦合；对于高频电路（ $>10\text{MHz}$ ），首选的接地方式是多点接地，这样可以通过近距离接地来减少地线电感的影响；对 $1\sim 10\text{MHz}$ 频带，需要对波长和地线长度之间的关系进行全面的评价，并在必要的情况下使用混合接地技术。另外强电地线和信号地线，模拟信号地线和数字信号地线都需要严格分开，以免数字信号噪声经地线耦合到模拟电路中去，同时采用加粗接地线的方法减小电阻，避免了电流变化诱发地电位的波动，保证了电测仪表处于复杂的电磁环境下的稳定工作。

3. 滤波技术原理

滤波技术就是借助于滤波器来筛选和处理电测仪表的输入和输出信号，从而达到减弱干扰和保证信号纯净度目的的一种至关重要的方法。它的原理是根据电路中不同频率的信号所表现出的阻抗差异—电感元件对于高频信号表现出高阻抗的特性，可以妨碍高频干扰的通过；对于高频信号，电容元件展现出较低的阻抗特性，从而为高频干扰创造了一个旁路通道。低通滤波器使低频信号平滑地流过，高频干扰信号到达后电感线圈形成感抗使之不能流过，电容使之旁路到地面以过滤高频噪声；高通滤波器则反之，电容表现出低频高阻抗使低频信号无法通过，电感则对低频信号几乎没有障碍，从而保留了高频

有用信号；带通滤波器通过组合电感与电容，设定特定频率范围，仅允许该频段内的信号通过，频段外的干扰信号被有效抑制；带阻滤波器是专为特定的干扰频率而设计的，它利用电感和电容的谐振属性，在特定的频率点产生高阻抗，从而有效地将特定频率的干扰信号屏蔽出去。

4. 隔离技术原理

隔离技术是通过搭建电气屏障来屏蔽干扰信号传导路径的一种技术，核心是在输入和输出端采用隔离元件进行电气分离。工业仪表的隔离放大器或者隔离变送器通常使用光电耦合，磁耦合或者变压器耦合技术来实现传感器信号到光信号的变换、磁场的改变或者电磁感应能量的传递使得原始信号完成了隔离环境下的放大和调理。该设计使得仪表内部电路和外部传感器之间形成了地线阻断并消除了共模干扰所触发的地电位差环流现象，既保证了传感器信号采样精度不会受到外界电压波动的影响，同时也避免了高共模电压对内部电子元件的破坏。以蒸汽流量测量为例，隔离技术可以避免高温蒸汽造成传感器和仪表之间直接热传导干扰的问题，也可以通过隔离液或者电气隔离层来屏蔽介质对仪表产生腐蚀性。针对远距离信号传输的情景，隔离放大器可以提高信号的抗干扰能力，保证微弱电信号的传输不会因为电磁辐射或者线路阻抗失真而受到影响。防爆环境下，隔离技术以限制能量传递路径来防止电气火花诱发危险，同时在高电压/大电流测量中其电气隔离特性可以避免仪表由于过压击穿或者过流烧毁等情况发生，显著增强了系统工作的稳定性和安全性。

三、火电厂电测仪表常用抗干扰技术措施

1. 屏蔽与接地措施

屏蔽和接地是火电厂电测仪表抗干扰最核心的措施，两者相互配合共同建设电磁防护体系。屏蔽是由金属材料做成的屏蔽体将仪表或者电缆包裹起来，并利用导电材料对于电磁波的反射和吸收来减弱外部电磁场对于内部电路造成的冲击，同时高导磁率材料可以将低频磁场线导入到仪表中，降低对仪表磁干扰。接地功能为干扰信号提供了一个低阻抗的放电通道，通过将屏蔽体、仪表外壳等与地面相连接，可以使干扰电流通过接地线流入地面，从而避免在仪表内部产生电位差。在实践中，信号线内部的屏蔽层大多位于控制室一侧的单端接地以避免地环路电流触发共模干扰；外部的屏蔽层和金属保护管都在两侧接地，以确保屏蔽的连续性。对多芯电缆而言，屏蔽层需要通过接线箱或者机柜上的端子或者汇流排进行集中接地以避免多点接地引起地电位差扰动。

2. 信号传输优化

优化信号传输是增强火电厂电测仪表抗干扰性能至关重要的一环，核心是通过科学地设计传输线路和传输方式来减弱干扰信号给测量数据带来的干扰。传输线路的选择，高频信号以同轴电缆或者光纤为宜，同轴电缆外导体屏蔽层能有效屏蔽电磁辐射干扰，而光纤依靠光信号的传输特性，完全隔离电磁场的作用，特别适合在强电磁干扰环境中远距离传输；在处理低频信号时，双绞线是一个可选择的方案，它具有两根紧密绞合的导线结构，这样可以在两根导线上产生大小一致、相位相反的感应电动势，从而在接收端实现相互抵消，有效降低共模干扰。传输方式方面，平衡传输采用差分信号传输技术实现了两条信号线所携带的电信号尺寸相等且极性相反，干扰信号同时叠加于两条线路之上，接收端利用差分放大器对信号差值进行提取，能够有效地去除共模噪声。同时需要避免信号线和动力电缆以及控制电缆的平行铺设，如果不能避免则要加大间距或者使用金属隔板进行隔离以降低电磁耦合干扰。

3. 滤波与隔离措施

滤波是在信号的输入和输出端增加一个滤波器来有目的地减弱特定频段的扰动。电源端口往往配置有电源滤波器，它利用电感和电容结合而成的低通特性来滤除电网高频谐波和尖峰脉冲的影响，避免它们窜入仪表内对元件造成损害或对测量造成干扰；信号端口会根据干扰频率选择使用带通或带阻滤波器，这样可以精确地保留有效的信号频段，同时抑制邻近频段的噪声干扰。隔离借助于隔离元件来断开电气连接并且屏蔽干扰传导路径。光电耦合器在输入端和输出端通过光信号传输进行电气隔离，使得强电侧干扰不能通过地线和电源线耦合到弱电侧仪表上；隔离变压器采用电磁感应原理使原副边绕组之间产生磁隔离，不仅可以传递信号能量而且可以抑制共模电压的扰动。针对高电压和大电流的测量现场，隔离变送器可以把现场信号变成标准的隔离信号，不仅保护了仪表不受过压过流的影响，而且避免了测量回路和主电路构成地环路，显著增强了系统的抗干扰能力和运行稳定性。

4. 防雷措施

防雷措施是确保火电厂电测仪表雷暴天气稳定工作的关键性屏障。直击雷防护的方法是在建筑物，烟囱和设备的顶部设置避雷针，借助避雷针的尖端放电特性把雷电吸引到自己的身上，通过引下线引入到大地上，从而避免雷电对仪表和相关设备的直接冲击。感应雷防护系统依赖于多层次的防护机制，在电源入口设置电源避

雷器。当雷电波通过电源线侵入时，避雷器会立即启动，以将过电压控制在仪器能够承受的范围之内；在信号线路中增加了信号避雷器并对不同传输速率和接口类型进行了设计，利用气体放电管和压敏电阻对雷电流进行泄放，避免了信号端口被感应雷产生的过电压所破坏。等电位连接是不容忽视的，它把仪表外壳，金属管道和构架用扁钢或者铜导线可靠地联接在一起，构成一个均匀的等电位体以消除雷电感应所引起的电位差和避免因电位差而诱发火花放电。另外还对接地网进行了合理规划，以保证接地电阻满足规范要求、提供低阻抗泄放雷电流通道、从各方面构筑电测仪表防雷安全网。

结论

火电厂电测仪表抗干扰能力的强弱直接关系到电力生产过程中的安全性和稳定性，采用屏蔽、接地、滤波、隔离以及防雷相结合的方法，可以构建全方位、多层次防护体系。屏蔽技术在金属材料的辅助下屏蔽电磁场的穿透，接地措施提供了干扰电流泄放的通道，两者协同作用消除了共模干扰和电磁辐射的作用；滤波技术对不同波段的干扰进行精准过滤，隔离措施以电气隔离的方式截断干扰传导路径，协同确保信号传输纯净度；为了抵抗雷电过电压的冲击，防雷系统采用了直接雷击防护、感应雷抑制和等电位连接的方法。在实际运用时，需要结合现场电磁环境特点、信号特性以及对设备的要求等，将多种抗干扰技术灵活的结合在一起，同时要注意施工工艺和参数的优化。唯有如此，才能最大限度降低干扰对电测仪表的影响，确保测量数据准确可靠，为火电厂的自动化控制、故障诊断及经济运行提供坚实的数据支撑，推动电力生产向智能化、高效化方向稳步迈进。

参考文献

- [1] 石覆嘉. 火电厂测控系统干扰与处理方法分析[J]. 山东工业技术, 2016(20): 1.
- [2] 贾敬. 一种精确实用的火电厂化学在线硅表检测新药剂[J]. 户外装备, 2023(3): 340.
- [3] 张文卿. 火电厂热工测量误差原因及防范措施探讨[J]. Mechanical & Electronic Control Engineering, 2023, 5(12).
- [4] 刘宇鹏. 用于火电厂氮氧化物排放检测的氧化钨传感器研制及监测系统研究[D]. 西南大学, 2023.
- [5] 王现尧, 刘庆超. 火力发电厂热控测点仪表安装浅谈[J]. 中文科技期刊数据库(全文版)工程技术, 2021(10): 3.