

关于煤矿机电运输电气控制系统抗干扰技术的应用研究

董兴飞

天地（常州）自动化股份有限公司 江苏 常州 213015

摘 要：随着煤炭开采机械化程度的不断提高，井下生产环境复杂多变，致使煤矿机电运输电气控制系统中的信号干扰问题日益突出。本文主要分析了煤矿机电运输中的电气控制系统抗干扰技术，对实际工作发挥出参考作用，保证整体系统运行的稳定性，降低设备故障发生率，使煤矿生产效率得以提升。

关键词：煤矿；机电运输；电气控制系统；抗干扰技术

煤矿井下电气控制系统是通过各种传感器对生产现场的状态信息进行采集、处理和显示，并按照规定要求将相关信息传送给中央计算机，以实现对生产现场设备的自动控制。由于受到煤尘、瓦斯、烟雾、噪声等因素影响，特别是在恶劣的环境条件下，系统本身及外界环境产生的电磁干扰将会干扰系统的正常运行。因此，有必要对该系统的抗干扰技术进行研究。本文所要研究的抗干扰技术主要针对煤矿机电运输系统中的电气设备。近年来，随着矿山机械化水平的不断提高，机电设备自动化程度也不断提高。但是，一些矿山企业由于资金紧张，难以投入大量资金用于技术改造，致使产品的性能得不到提高，严重制约了企业经济效益的提高。此外，受井下工器具陈旧落后、生产工艺落后以及人为因素等影响，煤矿安全生产事故时有发生。这其中，与煤矿井下电气控制系统设计不合理有关，例如：电缆连接方法不当，信号线铺设不规范，开关电源工作点选择不当等，都可能导致事故的发生。鉴于此，如何降低煤矿井下电气控制系统中的电磁干扰已成为一个迫切需要解决的问题。

1 煤矿机电运输电气控制系统抗干扰技术的重要性

1.1 保障安全

矿井作业条件恶劣，保持其稳定的工作状态，对保证作业工人的人身安全具有重要意义^[1]。而采用抗干扰措施，则能保证机械装置的稳定工作，降低外部干扰，使整个机械装置处于一个稳定的工作状态，从而防止了各种安全事件的产生。

1.2 提高生产效率

如果机电设备出现故障，将会中断正常生产，增加经济损失。利用抗干扰技术，维持电气控制系统稳定运行，降低故障发生率，避免长时间地停机，连续地开展生产工作，提高整体生产效率。

1.3 节能环保

煤矿生产过程中需要消耗较多的资源，通过利用抗干扰技术，可以使机电设备的能效水平得以提升。利用优化控制措施，避免因为干扰因素而损耗较多的能源，高效地利用能源，同时可以控制环境污染问题。

1.4 降低维护成本

维修煤矿机电设备的过程中需要耗费较多的资金，通过对系统的干扰分析，可以对系统的失效进行预测，从而达到对系统失效的最小化，从而节约维修费用。

2 煤矿机电运输电气控制系统抗干扰技术的应用

2.1 抗雷电干扰技术

（1）接地系统设计

首先采用的是多层接地网络，而接地导线是必需的。为提高电力系统的可靠性，构建了多层次的接地网络。将接地分割后，与地面及建筑接地网相连，可有效降低设备遭受雷电伤害^[2]。构筑一体化接地网络，减小雷电对电网的危害。在进行接地系统的设计时，应注意对地线的选取及配电方式的选择。本文介绍了一种新型的、可供选择的、可供选择的接地导线。其次，接地系统中接地点的数目及布局是影响系统有效性的关键因素。在进行现场施工时，要结合现场具体情况，选择适当的接驳点数目，并在相应的部位进行合理布置。从而改善整体系统接地效果，增强抗雷害能力。第三，合理处理地下金属结构。矿井中有许多井筒和坑道等地下金属构筑物。这种金属构造极易引起雷击。为了保证系统稳定性，可以合理丽娜姐金属结构和接地系统，优化整体系统连续性。第四，对接地系统进行监控与维护。采用适当的测量仪表，及时发现接地电阻及接地电位的改变，及时做好维修保养工作，确保接地系统的安全可靠。

（2）防雷装置选用

避雷针：将避雷针置于电气机械装置的高空，能起到吸放闪电的效果，减少闪电的不良效应。避雷带：使用与地线相连的金属导线，将闪电引至地线，从而对装

置及线路起到保护作用。避雷器：该设备能迅速对过压做出反应，从而给接地的线路带来一定的压力，对装置及线路起到很好的保护作用。施工中应注意对供电线路及信号线的正确选用，并对避雷器进行适当的布置，才能有效地抑制雷击的影响。避雷设备的接地是避雷设备的关键，严格控制接地导线数目、管径以及合适的接地地点均能起到强化接地效应、减小雷击影响的作用。

2.2 抗电磁干扰技术

(1) 屏蔽和过虑

首先要使用的是有屏蔽效应的线缆。在电网中使用屏蔽电缆可以很好地消除外部的电磁干扰。通常，屏蔽线由导线、绝缘层、屏蔽层等组成。为了有效地将信号线与外部环境进行有效的绝缘，减小了对EMI的影响。其次，要使用滤网。在电源线上，采用滤波技术对电力系统中的噪声及高频信号进行抑制^[3]。在电源线路中利用滤波器，可以对电网噪声和高频信号发挥出控制作用，以噪声频率范围为基础，滤波器选择相应的滤波频带，再利用电容器和电感器等元件滤除这些频带噪声。第三，使用了屏蔽箱。在有可能引起强烈电磁辐射的装置和线路上，可以使用屏蔽箱进行外界电磁场的干扰。屏蔽箱一般采用铝合金、钢片等金属制成，其电磁防护性能较好。在外壳内安置一些敏感的装置或电线，能使外部电磁干扰得到很好的隔离。然后，对地线进行保护。对电气设备进行适当的接地设计，可以有效地增强其对EM的抵抗。该装置的金属外壳和屏蔽层与接地装置相结合，构成一个很好的接地屏蔽装置，它能把外界的EM导入到地里，使装置不会受到外界的干扰。

(2) 接地设计

①单点接地：将所有设备、线路与地面连接在一起，构成一个整体的连接系统，对各个设备的电位差进行控制。②对接地性能影响很大的因素是：接地电阻与供电可靠性密切相关。对地面的阻抗进行适当的调整，能使街路效应达到最优。在此基础上，提出了一种新的接地方法，即通过对其进行合理的设计与布局，使其达到最优的状态。③等电势连接：为了防止电势差，在进行等电位连接时，需要将设备、线路的导线与接地系统连接起来。④分层接地：因为电气控制系统中涉及不同的吸纳路和设备，因此增加了电磁干扰，因此必须要落实分层接地，在同一层级中，不同设备和吸纳路利用同一个接地系统，同时利用隔离层隔离不同层次。

(3) 驱动电源设计

煤矿机电输送电气控制系统中，其驱动电源的设计是保证电力系统安全可靠运转的关键。在进行变频器的

供电时，必须选用稳定、可靠的供电模式，一般选用直流供电或交流稳压供电。该系统具有较强的输出能力，适合于对电压波动较大的场合；但是，采用AC稳压技术，能够产生较高的输出功率，适合应用于要求频率转换的场合^[4]。为了降低供电系统对电网的电磁干扰，需要做好驱动电源的滤波设计。利用滤波电路能对电力系统中的高频噪声以及电力线上的各种干扰进行有效地抑制，保证电源的稳定性。为减小驱动器对磁场的扰动，需要对电机的输入信号进行滤波处理。该方法不仅能有效地抑制输出侧的噪声，而且还能有效地抑制谐波分量，减小对信号的影响。在驱动电路的设计中，需要将各执行元件的金属盒、屏蔽层等导线与接地线连接起来，形成等电势联接。

2.3 抗振动和抗冲击技术

(1) 抗振动技术

①结构设计。在进行机电设备的结构设计中，可以采用阻尼材料，提高机身的强度，减小其对机械装置的不利作用。②隔振处理。可以选择橡胶衬垫及弹性隔振装置，将装置与支承点隔开，减小外部振动对装置的不利作用。③振动传感器。采用振动传感器实时监控装置的振动状态，并能根据实际情况做出适当的调节。

(2) 抗冲击技术

①结构加固；为了增强装置的耐撞性，应在装置的设计中选用适当的加强方法。②冲击吸收材料。采用橡胶、泡沫材料等材料，能够起到对撞击能的吸散效果，对装置进行高效的防护^[5]。③保护套及壳体的设计。为了对重要零件进行保护，减少外界振动对零件的影响，增加了防护罩和壳体。

2.4 抗温度变化技术

(1) 散热设计。在进行系统的设计时，要充分地考虑到环境的影响，对其进行了合理的优化，并在此基础上，适当地增大了散热区域，以防止装置在工作时工作在较高的温度下。(2) 恰当地选用原料。所选择的元件及电路板等必须具有较高的温度，能在较高的温度下仍能确保装置的正常工作。③感温元件。采用传感器对装置的温度进行监控，一旦发现有不正常的情况，就能立刻减速，或采用断电保护。

2.5 基于虚拟样机技术的抗干扰技术方案及实现

(1) 硬件抗干扰措施

①使用隔离变压器。当有直流电通过时，开关可以关断而不会产生危害；反之，当开关闭合时，变压器的两个绕组之间没有电流流过，就能保证它们不发生短路现象，从而起到隔离作用。②滤波电容和电感。对于一

般的脉冲干扰,可以将其滤除^[6]。但是如果干扰频率很高,就必须采用有源器件才行。因此在系统设计中应该考虑选择合适的滤波器。另外,在系统中应尽量采用较小的电源变压器以减小干扰信号的影响。

(2) 软件设计抗干扰措施

为了提高软件的抗干扰能力,首先对输入端进行处理:在下位机部分对采样数据进行预处理,在上位机部分对预处理后的数据进行处理,根据具体情况调整输出变量,使之与标准信号一致,并且实现了定时功能。在下位机部分,采集单元经过四分频后再进行相关运算,以获取被控对象的实际状态。由于存在串扰问题,所以采样通道需要加一个前放滤波器。

上位机部分主要是对采样结果进行处理,以便显示或打印出来。通常会用一个计数器来记录数字量的变化,并定期向显示器上刷新,同时也会对文本消息进行存储等。这些操作都要建立在正确的信号输入基础上,否则会导致错误的判断和结果输出^[7]。在采样过程中,采集单元首先将被测对象的电压值转换成模拟量,然后再转化成数字量。这一过程可能会引入干扰,但只要采取一定的措施,例如将采集器与主机分离开来,就能解决这个问题。

(3) 仿真实验及分析

在采用VSM技术进行仿真时,所用的模型和硬件平台要与实际系统一致,这样才能得到真实的结果。本系统采用Matlab中具有Simulink功能模块的工具箱对其进行建模仿真,并将仿真结果与原系统比较,以验证设计的有效性。首先建立煤矿巷道电气控制系统数学模型。通过分析,可以得出该矿巷电气控制系统由三个部分组成:即信号采集、处理和部分;这三个部分分别使用了3台西门子PLC(S7-200)。各部分之间通过输入输出信号线相连。而实际系统中,为了降低电磁干扰对系统的影响,采用了隔离变压器,并对信号线进行了滤波处理。因此,本文建立的数学模型与实际系统有较大差异,但从数学角度来看是合理的。假设煤矿巷道的供电电源为11kV,采用三相四线制供电方式,经变压器降压后接入照明回路。由于变压器的匝间短路或接地故障产生的电压波动,以及变频器工作时产生的尖峰脉冲都会

给巷道电气控制系统带来干扰。

根据上述矿井巷道电气控制系统的数学模型,并考虑到变电站内干扰源种类较多,通过采取一定的措施可有效消除来自电网的干扰。现对变电站内的电源滤波、电缆屏蔽及电气设备绝缘等问题进行仿真分析。由于电网中含有大量的谐波,这些谐波会对变频器采样频率产生很强的影响,从而导致检测数据出现错误。为此,可以采取以下措施来抑制电网中的谐波干扰。(1)对于现场总线而言,由于其传输距离远,所以能够尽量减少由于线缆带来的信号干扰,提高系统的可靠性。因此,应选择抗扰度高的导线。(2)利用互感器将变压器产生的高次谐波转换成低次谐波,再经过滤波电路滤除,然后送入变频器。(3)采用低通滤波器对高压侧电源进行滤波。(4)采用无功补偿装置,提高变电站母线电压质量。(5)采用光纤电缆代替普通电缆。

结束语

在煤矿机电运输电气控制系统中利用抗干扰技术,有利于保障煤矿生产过程的安全性,使整体生产效率得以提升。因此相关技术人员需要加大技术研究力度,积极利用新技术和新材料等,保障电气控制效果,推动煤矿生产健康发展。

参考文献

- [1]陈建荣.煤矿机电运输系统自动化技术应用特点与前景分析[J].陕西煤炭,2025,44(04):168-172.
- [2]李涛.煤矿机电运输系统设备选型方案与适应性[J].自动化应用,2025,66(05):97-99+102.
- [3]梁晓,高保虎.煤矿机电运输系统自动化技术的现状与发展[J].内蒙古煤炭经济,2025,(02):140-142.
- [4]李彦鹏.智能化技术在煤矿机电领域的应用与发展路径[J].工矿自动化,2024,50(S2):205-207.
- [5]黄世超,李刚强,任志博.煤矿机电运输设备存在的安全事故及预防举措[J].中国设备工程,2024,(22):153-155.
- [6]马龙.浅析新时期煤炭行业机电运输管理问题与对策[J].内蒙古煤炭经济,2024,(21):118-120.
- [7]郝彦栋.现代化煤矿机电运输及自动灭火系统研究与应用[J].中国煤炭,2024,50(S1):402-405.