

电气工程中自控设备电磁干扰研究

曹珊

国网黑龙江省电力有限公司牡丹江水力发电总厂

摘要：随着科技的不断进步，电气工程领域的自控设备在各个行业中得到了广泛的应用。然而，电磁干扰对自控设备的稳定性和性能产生负面影响，因此对其进行深入研究具有重要意义。本文的目标是深入研究电气工程中自控设备电磁干扰的问题，探讨电磁干扰的来源、机制以及对自控设备的影响，并提出一些减轻电磁干扰的方法和建议，以帮助电气工程领域更好地应对这一挑战。

关键词：电气工程；自控设备；电磁干扰

【DOI】10.12252/j.issn.2096-627X.2023.04.094

引言

自控设备通过感知和控制系统中的各种参数，实现了自动化的过程控制，提高了生产效率和产品质量。然而，自控设备的可靠性和性能对电磁环境的敏感性使其容易受到电磁干扰的影响。电磁干扰是指电磁场中的不期望的能量传输或辐射，这种干扰可以来自各种各样的源头，包括无线通信设备、电磁辐射源、电磁波干扰等。当电磁干扰进入自控设备系统时，它可能会导致系统性能下降、故障、甚至系统崩溃，从而对生产过程和设备安全产生负面影响。

一、电磁干扰的基本概念

电磁干扰是指在电磁环境中，电磁场的不期望变化或扰动，它可以对电子设备、通信系统、自控设备等产生不利影响。电磁干扰可以分为两种类型：辐射干扰和传导干扰。

1. 辐射干扰

辐射干扰是指电磁波通过空气或其他介质传播，进入受影响的设备或系统。这种干扰通常与无线通信设备、雷电放电等有关，是自控设备容易受到的一种电磁干扰。

2. 传导干扰

传导干扰是指电磁干扰以导线或电缆的方式传输到设备或系统中。这种干扰通常与电源线、信号线、地线等有关，可以通过导线或电缆传输到自控设备中，对其造成干扰。

电磁干扰的频率范围非常广泛，从低频的电源谐波到高频的微波辐射都可能对自控设备产生影响。因此，了解电磁干扰的来源和机制对于保障自控设备的正常运行至关重要。

二、电磁干扰的来源和机制

深入了解这些电磁干扰源和机制对于识别和应对潜在的电磁干扰问题至关重要。只有充分理解干扰的来源和传播途径，才能采取有效的措施来减轻电磁干扰，确

保自控设备的可靠运行。电磁干扰可以来自多种源头，以下是一些常见的电磁干扰源：

1. 无线通信设备产生的电磁干扰源

无线通信设备如手机、无线局域网路由器、蜂窝基站等是电磁干扰的常见源头。这些设备工作时会发射电磁波，这些波可以在空间中传播，并在一定距离内影响到周围的自控设备。例如，当手机与无线局域网路由器通信时，它们产生的射频信号可能在附近的自控设备中引发干扰。电磁波的频率和功率以及自控设备的敏感性都将影响到干扰的程度。

2. 电源线谐波引发的电磁干扰

电源线谐波是电气设备中非线性元件的常见产物。这些非线性元件，如整流器、开关电源等，在其操作过程中会引入谐波分量。这些谐波以非基频的倍数频率出现在电源线上，可能传导到附近的自控设备中。传导干扰可能导致设备的电压和电流波形畸变，进而影响自控设备的正常运行。

3. 电磁辐射源对自控设备的影响

特定设备，如微波炉、射频发射器等，产生的电磁辐射可能对自控设备产生干扰。微波炉的工作过程会产生微波辐射，而射频发射器用于通信和无线传输。这些设备在工作时可以产生辐射电磁场，如果自控设备位于附近，这些电磁场可能干扰设备的电路和信号传输，导致性能下降或故障。

4. 雷电放电引发的电磁干扰

雷电放电是一种强大的电磁干扰源。当雷电击中地面或建筑物时，产生的强电磁场波动可以通过空气传播到附近的电气设备系统。这种电磁干扰可能引发电压浪涌、电流浪涌和电磁感应等问题，对自控设备造成严重的影响，甚至导致损坏。

电磁干扰的机制主要包括电磁波的辐射、传导和耦合。辐射是指电磁波通过空气传播，进入设备系统；传导是指电磁波通过导线或电缆传输到设备系统；耦合是

指电磁波与设备系统中的导线、电路等发生相互作用，导致电压和电流的不期望变化。这些机制都可能导致自控设备的性能下降或故障。

三、电磁干扰对自控设备的影响

电磁干扰对自控设备的影响可以表现为以下几个方面：

1. 性能下降

电磁干扰可能导致自控设备的性能下降。这一影响主要表现在设备失去了对系统参数的准确感知和控制能力。电磁干扰可能引起信号的混淆或失真，使得设备无法正确地解读或响应输入信号。这可能导致自控设备的控制操作变得不稳定，影响了生产过程的稳定性和效率。例如，在工业自动化中，电磁干扰可能导致机器运行不平稳或产品质量下降。

2. 故障和损坏

强烈的电磁干扰可能导致自控设备的故障和损坏。电磁干扰可以引发设备内部电子元件的过电压或电流，导致元件损坏或烧坏。这种情况需要维修或更换设备，增加了维护成本和停机时间。在某些关键应用中，如核电站或医疗设备，电磁干扰引发的故障可能具有严重的安全和健康风险。

3. 安全风险

电磁干扰可能引发安全风险，特别是在自控设备用于控制关键过程或系统的情况下。如果电磁干扰导致设备失去对关键参数的控制，可能会引发事故或危险情况。例如，在化工工厂中，自控设备的电磁干扰可能导致化学反应失控，引发爆炸或泄漏，对人员和环境构成威胁。

4. 数据丢失

电磁干扰可能导致自控设备中的数据丢失或误读。这会影响到系统状态的准确监测和分析。在数据驱动的自控系统中，丢失的数据可能导致错误的决策和操作，进一步影响生产过程的稳定性和可靠性。此外，数据丢失也可能导致对生产历史和性能分析的不准确性，从而难以改进和优化系统运行。

四、减轻电磁干扰的方法和建议

为了减轻电磁干扰对自控设备的影响，可以采取以下方法和建议：

1. 屏蔽和隔离

屏蔽和隔离是在电磁兼容性管理中的关键策略，旨在降低电磁干扰对自控设备的影响。这些方法利用了电磁屏蔽材料和隔离设备，以建立一个可控的电磁环境，保护自控设备的稳定运行。电磁屏蔽材料的使用是一

种常见的做法，这些材料通常由导电材料或铁磁材料构成。它们的主要功能是吸收、反射或分散进入设备的电磁波，从而防止这些波干扰设备内部的电路和信号传输。通过巧妙地设计和配置这些屏蔽材料，可以在最大程度上减少外部电磁辐射的影响。例如，在工业环境中，将自控设备包裹在电磁屏蔽罩中可以有效地抵御来自附近机器或通信设备的电磁干扰，确保自控设备的稳定性。此外，设置隔离房间或隔离设备也是一种有效的方法。这些受控的环境提供了一个几乎没有电磁干扰的区域，使自控设备能够在理想的条件下运行。在这种受控环境中，可以更好地管理和维护自控设备，确保其不受来自外部干扰源的影响。

2. 滤波器的应用

滤波器的应用在电磁兼容性管理中具有重要意义，尤其是对于减轻电磁干扰对自控设备的影响。电源线滤波器是一种常见的滤波器类型，通过减少电源线上的谐波和高频噪声，有助于确保自控设备在电源电压稳定性方面表现良好。谐波和噪声是常见的电磁干扰源，它们可以产生在电源线上，并以非基频倍数频率的形式存在。这些不期望的频率成分可能会干扰到自控设备的电源系统，导致电压和电流波形的扭曲，进而影响设备的正常运行。例如，高频噪声可以干扰到自控设备的内部电路，导致信号失真或错误。电源线滤波器的设计和配置旨在阻止这些不期望的频率成分进入自控设备的电源系统。这些滤波器通常采用电容器和电感元件来过滤谐波和高频噪声。电容器能够吸收高频噪声，而电感元件则阻止高频信号通过。通过合理选择和配置这些元件，可以有效地减少电源线上的电磁干扰，提高电源的纯度和稳定性。在工业自动化和控制系统中，电源线滤波器的应用非常常见。它们有助于确保自控设备的电源系统始终提供干净和稳定的电能，减少电磁干扰对设备的不利影响。通过减少电磁干扰源，滤波器还可以提高系统的抗干扰能力，使其更加可靠和稳定。因此，在电磁兼容性策略中，电源线滤波器是一项重要的工具，有助于保护自控设备的性能和可靠性。

3. 接地系统的优化

接地系统的优化在电磁兼容性管理中扮演着至关重要的角色。它是确保设备和系统在电磁环境中正常运行的关键因素之一。一个好的接地系统能够有效地减轻电磁干扰对自控设备的影响，保护设备的性能和可靠性。首先，确保设备和潜在的电磁干扰源都连接到同一个稳定的接地点非常重要。这有助于维持所有设备之间的相对电位一致性，防止电流从一个设备流向另一个设

备,减少电流环路的形成。电流环路是电磁干扰的常见原因之一,它们可以引发电磁场耦合和传导干扰,导致设备性能下降。通过共享相同的接地点,可以有效地减少这些电流环路,降低电磁干扰的影响。另外,合理规划接地系统也可以防止共模电流的产生和传播。共模电流是一种流经电路中的电流,而不是沿着设备的电源线或信号线流动。它可能导致电磁辐射和电磁耦合,引发干扰问题。通过优化接地系统的布局,包括减少接地回路的电阻、使用适当的接地导线等,可以降低共模电流的影响,提高电磁兼容性。

4. 屏蔽电缆的使用

屏蔽电缆的使用旨在降低电磁干扰对自控设备的影响。这种类型的电缆具有绝缘层外的屏蔽层,能够有效地减少传导干扰的影响,确保设备的信号传输不受干扰。屏蔽电缆的屏蔽层通常由导电材料构成,如铜或铝,它们能够有效地吸收或反射外部电磁干扰。这意味着即使在干扰环境中,屏蔽电缆内的信号也能够相对安全地传输,不受周围电磁辐射的影响。这对于自控设备的稳定运行至关重要,尤其是在工业自动化系统中,信号传输的准确性对于过程控制至关重要。屏蔽电缆的连接和维护至关重要。任何连接问题或电缆损坏都可能导致屏蔽层的失效,降低电磁兼容性的效果。在安装屏蔽电缆时,务必确保连接牢固,避免电缆过度弯曲,以免损坏屏蔽层。此外,定期检查和维护电缆是至关重要的,特别是在恶劣环境中使用时,有助于确保其屏蔽效能保持有效。维护包括检查电缆外部是否有损坏、裸露的屏蔽层或绝缘破损等问题,并及时修复或更换受损部分,以确保电磁干扰的有效防护。这些维护措施不仅有助于提高电磁兼容性,还可以延长电缆的寿命,保持设备的稳定性和可靠性。

5. 设备设计优化

在自控设备的设计阶段考虑电磁兼容性原则不仅可以降低电磁干扰的风险,还能够提高设备的性能和可靠性。设计阶段的电磁兼容性原则包括降低电路的敏感性和提高抗干扰能力。这意味着在设备设计中应该选择电子元件和电路布局,以降低对外部电磁场的敏感性。例如,采用抗干扰设计技术,如使用差模信号传输、差分信号接口等,可以有效地减少共模干扰的影响,提高信号的抗干扰能力。此外,合理的布局和设计也是关键。通过减少电磁干扰源与自控设备之间的物理距离,可以降低辐射干扰的可能性。这包括避免将敏感电路与潜在的干扰源靠得太近,以及采用屏蔽措施,如屏蔽罩或屏蔽电缆,来减少电磁干扰的传导。在设备设计过程中,

还可以考虑使用电磁兼容性标准和指南,以确保符合行业标准,提高设备的电磁兼容性。此外,模拟和数字电路之间的分离、电源线和信号线的分开布线等措施也可以有助于降低电磁干扰的风险。

6. 检测和监测

检测和监测是维护电磁兼容性的关键环节,尤其是在自控设备的运行环境中,电磁干扰可能随时发生。定期使用电磁干扰检测设备可以有效评估自控系统的电磁环境,帮助识别干扰源并采取适当的措施应对潜在问题。电磁干扰检测设备能够监测电磁场的强度和频谱分布,提供有关干扰事件的实时数据。这些设备可以帮助工程师和技术人员了解电磁环境的变化,迅速识别潜在的干扰源。通过定期进行检测,可以建立历史数据,帮助预测电磁干扰的可能性和趋势,有助于采取预防性措施。此外,建立实时监测系统是非常重要的。这些系统能够连续监测自控设备的电磁环境,并在发生干扰事件时立即发出警报。这种实时反馈可以使操作人员迅速采取应对措施,以维护自控设备的稳定性和可靠性。例如,在工业自动化系统中,实时监测可以帮助防止生产中断或质量问题的发生。

结束语

电磁干扰对自控设备的影响多种多样,包括性能下降、故障和损坏、安全风险以及数据丢失等。这些影响不仅对生产效率和可靠性构成威胁,还可能导致严重的安全问题。因此,我们必须认真对待电磁干扰,并采取相应的措施来减轻其影响。电气工程中自控设备电磁干扰的研究不仅仅是学术领域的问题,它直接关系到现实世界中的工程实践。通过不断深化我们对电磁干扰的理解,以及寻找创新的解决方案,我们可以更好地应对这一挑战,提高设备的可靠性和性能,推动电气工程领域的进步。电磁兼容性管理是一个不断演进的领域,我们应该保持警惕,随时准备迎接未来的挑战。

参考文献

- [1] 陈志国. 电气工程中自控设备电磁干扰问题探讨[J]. 数字通信世界, 2020(07): 110-111.
- [2] 洪炳育. 电气工程中自控设备电磁干扰分析[J]. 科学技术创新, 2018(14): 158-159.
- [3] 凌培根. 电气工程中自控设备电磁干扰的思考[J]. 中国战略新兴产业, 2018(08): 180.
- [4] 韩保国. 电气工程中自控设备电磁干扰分析[J]. 数码设计, 2017, 6(11): 97.
- [5] 田宜, 刘少杰. 电气工程中自控设备电磁干扰分析[J]. 科技创新与应用, 2017(02): 162.