

# 异步电动机控制中软启动技术的应用研究

赵小宁

宁夏宝丰能源集团股份有限公司 宁夏 银川 750400

**摘要:** 异步电动机作为现代工业中广泛应用的驱动装置,其启动特性对电网稳定性和设备寿命具有重要影响。传统的直接启动方式往往会产生较大的启动电流和冲击,对电网和设备造成不利影响。因此,软启动技术应运而生,通过精确控制电机的启动过程,实现平稳过渡,降低启动电流和冲击,提高设备的稳定性和寿命。本文旨在深入探讨软启动技术的工作原理及其在多领域的应用,为相关行业的电机控制提供参考和借鉴。

**关键词:** 电动机控制;软启动技术;应用

引言:电机控制对生产正常运行至关重要,不当控制可能引发重大安全生产事故。本文深入探讨了异步电动机的软启动技术,该技术利用变频器、软启动器和电容器实现电机的平稳启动,介绍了限流、电压斜坡、突跳控制和电压控制四种启动方式及其优缺点。软启动技术能显著降低启动电流和冲击,保护电网和设备。此技术在工业生产、建筑、电力及水处理等领域广泛应用,有效提升了设备稳定性、延长了使用寿命、节能降耗,并确保了安全生产。

## 1 异步电动机控制中软启动技术的工作原理

### 1.1 变频器控制

变频器,作为一种高级的电力调节装置,其核心功能在于能够将固定的电源交流电转换为频率和幅值均可调节的交流电。在异步电动机的启动过程中,变频器发挥着至关重要的作用。当电机开始启动时,变频器会精心控制输出电压和频率的增长。初始阶段,它会以较低的电压和频率供电,这样做的好处是能够有效地限制启动电流,避免对电网造成过大的冲击。随着电机的逐渐加速,变频器会逐步增加电压和频率,以确保电机的转矩和速度能够平稳地上升。通过这种方式,变频器不仅降低了电机的启动电流和冲击,还显著减轻了电网的负荷,为电机的稳定运行提供了有力保障。

### 1.2 软启动器

软启动器是另一种重要的电力调节装置,它的主要任务是逐渐增加电机的电压,以实现电机的平稳启动。与变频器相比,软启动器在功能上更为专注,主要侧重于电压的调节。在电机的启动过程中,软启动器通常被串接在电源与电机之间。它内部装有晶闸管(SCR),这是一种能够控制电流导通的半导体器件。通过精确控制晶闸管的导通角,软启动器能够使电机的输入电压从零开始,按照预设的函数关系逐渐上升。这一过程中,电

压的上升是平滑且可控的,直至启动结束,电机被赋予全电压<sup>[1]</sup>。晶闸管软启动器是控制技术、电力电子技术和微电子技术的完美结合。它能够根据电机的转速变化,实时调整触发角,以确保电机在启动过程中的平稳性。

### 1.3 电容器

在异步电动机的软启动技术中电容器也扮演着重要的角色。它的主要作用是提高电机的功率因数,从而降低电机的能耗和损耗。功率因数是衡量电机运行效率的一个重要指标。当电机的功率因数较低时,意味着电机在运行过程中会产生大量的无功功率,这不仅增加了电机的能耗,还可能对电网的电能质量造成不良影响。而电容器的引入,可以有效地补偿电机运行时的无功功率,提高功率因数,从而降低电机的能耗和损耗。此外,电容器还能够对电网中的谐波进行滤除,改善电网的电能质量。这对于保障电机的稳定运行,以及提高整个电力系统的效率都具有重要的意义。

## 2 软启动技术的常用启动方式

### 2.1 限流启动

限流启动作为软启动技术中的一种重要方式,其核心在于控制启动过程中的电流大小,确保电流不超过预设的限流值。在启动初期,软启动器的输出电压从零迅速增加,同时实时监测输出电流。一旦电流达到设定的限流值 $I_q$ ,电压的增加速度会相应调整,以保持电流稳定在限流值以下。这一过程中,电机随着电压的逐渐上升而平稳加速,直至完成启动。限流启动的显著优点在于其启动电流小且可调,因此对电网的冲击较小,有助于保护电网中其他电气设备的正常运行。此外,根据实际需要调整限流值,使得限流启动方式具有较高的灵活性和适应性。特别在电网容量有限或电机负载较轻的场合,限流启动能够发挥出色的性能。

### 2.2 电压斜坡启动

电压斜坡起动是软启动技术中另一种常用的方式,特别适用于重载起动。在这种方式下,输出电压按照预先设定的斜坡线性上升,形成一个由小到大的电压曲线。随着电压的逐渐增加,电机能够获得逐渐增大的起动转矩,从而平稳地加速至正常运行状态。然而,电压斜坡起动也存在一些局限性。首先,其初始转矩较小,可能无法满足某些重载起动时的转矩需求。其次,起动时间较长,可能不适用于需要快速起动的场合。此外,如果斜坡设置不当,还可能导致电机起动过程中的振荡或不稳定现象。因此,在使用电压斜坡起动时,需要综合考虑电机的负载特性、起动时间要求以及电网的稳定性和因素。

### 2.3 突跳控制起动

突跳控制起动是一种在起动瞬间给电机施加一个突跳转矩的软启动方式。这个突跳转矩能够克服电机的静转矩,使电机迅速开始转动。随后,转矩会平滑上升,直至电机达到稳定的运行状态。突跳控制起动的优点在于能够缩短起动时间,提高电机的起动效率。然而,突跳控制起动也存在一些潜在的问题。突跳瞬间会给电网发送一个尖脉冲,可能会对其他负荷造成干扰或影响。因此,在使用这种方式时,需要确保电网的稳定性和其他负荷的兼容性,以避免可能的干扰或故障。

### 2.4 电压控制起动

电压控制起动是一种在保证起动压降下发挥电动机最大起动转矩的软启动方式。这种方式的目标是尽可能地缩短起动时间,同时确保电机的平稳起动。在电压控制起动过程中,软启动器会根据电机的实际情况和预设的参数,动态调整输出电压。通过精确的控制算法和参数设置,软启动器能够提供最佳的起动条件,使电机在起动过程中获得最大的起动转矩<sup>[2]</sup>。电压控制起动作为最优的轻载软启动方式,能够在保证起动效果的同时降低电机的能耗和损耗。然而,这种方式对控制算法和参数设置的精确性要求较高,需要专业人员进行调试和维护。因此,在使用电压控制起动时,需要确保具备相应的技术条件和人员支持。

## 3 异步电动机控制中软启动技术的应用分析

### 3.1 工业生产应用领域

#### 3.1.1 制造业生产线

在制造业领域,无论是汽车制造还是电子产品制造,生产线上的各个环节都离不开异步电动机的驱动。这些电动机负责驱动输送设备、机械臂、加工机床等各类生产设备。为了确保生产线的稳定运行和提高生产效率,采用软启动技术显得尤为重要。软启动技术能够

确保异步电动机在启动过程中平稳过渡,避免因启动电流过大而引起的电网波动。这对于维护生产线的电压稳定、保护其他电气设备免受冲击具有重要意义。在汽车装配线上,软启动器能够使输送设备和机械臂有序启动,减少因启动不平稳而导致的停工或产品损坏,从而提高生产效率和产品质量。对于一些对生产精度要求极高的制造过程,如精密仪器加工,软启动技术的优势更加明显。它能够减少电机启动时的机械冲击,防止设备震动对加工精度产生不良影响。这对于保证产品质量和提高生产线的整体性能具有重要意义。

#### 3.1.2 矿山设备

矿山行业中的设备通常负载较大,如破碎机、输送机、提升机等,这些设备多采用异步电动机驱动。由于负载大、启动困难,直接启动会对电网和机械设备造成严重冲击,甚至可能导致设备损坏或电网故障。软启动技术为矿山设备提供了理想的解决方案。它能够实现电机的平滑启动,降低启动电流,减少对电网的影响。软启动器还能延长设备的使用寿命,提高设备的可靠性。在矿山提升机中,软启动器能够确保提升过程平稳可靠,避免因启动瞬间的冲击力对钢丝绳等部件造成损伤,从而保障生产安全。此外,矿山环境恶劣,对设备的可靠性要求极高。软启动器具有多种保护功能,如过流保护、过热保护、缺相保护等,这些功能能够有效保护电机和设备在恶劣环境下的安全运行,减少因设备故障而导致的生产停工和安全事故。

## 3.2 建筑行业应用

### 3.2.1 高层建筑的电梯系统

电梯是高层建筑中不可或缺的设备,其驱动电机通常为异步电动机。电梯的运行质量和乘坐舒适性直接关系到乘客的体验和建筑的整体品质。因此,采用软启动技术对于提高电梯系统的性能具有重要意义。软启动技术能够使电梯电机平稳启动和停止,减少电梯运行中的震动和噪音。这不仅提高了乘坐的舒适性,还减少了电梯对建筑结构的冲击,延长了电梯和建筑的使用寿命。软启动器的限流功能可以避免启动时的大电流对电网造成冲击,确保电梯系统的稳定运行。在电梯的紧急制动和故障情况下,软启动器能够快速响应,实现安全停车。这对于保障乘客的生命安全具有重要意义。软启动器还能提供故障诊断和报警功能,帮助维修人员快速定位问题并解决问题,从而恢复电梯的正常运行。

### 3.2.2 通风与空调系统

大型建筑的通风和空调系统是保证室内空气质量和人员舒适度的关键设施。这些系统需要大量的异步电动

机来驱动风机、水泵等设备。为了确保这些设备的稳定运行和提高能源利用效率,采用软启动技术是必要的。软启动技术可以降低电机的启动电流,减少对电网的压力。这对于维护建筑电力系统的稳定、保护其他电气设备免受冲击具有重要意义。软启动器还能避免启动时的机械冲击对设备造成损坏,延长设备的使用寿命。在中央空调系统中,软启动器能够使冷冻水泵、冷却水泵等设备平稳启动。这不仅提高了系统的可靠性和稳定性,还减少了因启动不平稳而导致的能源浪费。软启动器还可以根据实际负载情况自动调整电机的运行参数,实现节能运行。

### 3.3 电力行业应用

#### 3.3.1 发电厂辅助设备

在发电厂中各类辅助设备如给水泵、送风机、引风机等是确保发电过程顺利进行的关键环节,它们通常依赖异步电动机来驱动。这些设备的启动特性直接影响到发电厂的稳定运行以及厂用电系统的电压稳定。软启动技术的应用为这些辅助设备提供了理想的启动解决方案。它能够有效控制启动电流,防止因电流过大而对电网造成冲击,确保发电厂的稳定运行。在火力发电厂中,给水泵电机的平稳启动尤为重要,因为过大的启动电流可能会引起厂用电系统的电压波动,进而影响到整个发电过程的稳定性。软启动器通过逐步增加输出电压,使电机平稳过渡到运行状态,有效避免了这一问题。此外,对于需要频繁启动的辅助设备,软启动器还能减少电机的启动次数,从而降低电机的磨损和故障率,延长电机的使用寿命,进而降低设备的维护成本。

#### 3.3.2 变电站设备

变电站作为电力系统的重要组成部分,其设备的稳定运行对于整个电网的可靠性至关重要。变电站中的变压器冷却风扇、开关柜操作机构等设备在启动时可能会产生较大的冲击电流,对电网造成干扰。软启动技术的应用能够有效解决这一问题。它能够实现这些设备的平稳启动,减少对电网的干扰,提高变电站的运行可靠性。并且,软启动器还具备多种保护功能,如过流保护、过热保护等,能够及时发现设备故障并采取措施,避免故障扩大,从而保障变电站的安全运行<sup>[3]</sup>。

### 3.4 水处理行业应用

#### 3.4.1 污水处理厂

污水处理厂中的鼓风机、水泵等设备是确保污水处

理过程顺利进行的关键。这些设备需要长时间运行,对电机的可靠性要求较高。软启动技术的应用为这些设备提供了可靠的启动和运行保障。通过软启动器,可以降低电机的启动电流,减少对电网的冲击,同时延长设备的使用寿命。在污水处理过程中,鼓风机的平稳启动对于曝气系统的稳定运行至关重要,它直接影响到污水处理效果;软启动器通过精确控制电机的启动过程,确保鼓风机平稳运行,从而提高污水处理效果。此外,软启动器还可以根据污水流量和水质变化自动调整电机的转速,实现节能运行。在水泵控制中,根据水位变化自动调节水泵的输出流量,既满足了污水处理的需求,又降低了能耗。

#### 3.4.2 供水系统

城市供水系统是保证居民生活和工业生产用水的重要基础设施。供水系统中的水泵通常采用异步电动机驱动,而水泵的启动特性直接影响到供水系统的稳定性和安全性。软启动技术的应用为供水系统提供了理想的启动解决方案。它可以使水泵电机平稳启动,避免因启动瞬间的压力冲击对管道和阀门造成损坏。在高层供水系统中,软启动器能够确保水泵在启动时不会产生水锤现象,从而保护供水管道和设备的安全。此外,软启动器还可以实现水泵的多台并联运行,根据实际用水量自动调整运行水泵的数量。这不仅提高了供水系统的可靠性,还实现了节能效果。

结语:综上所述,软启动技术通过变频器、软启动器和电容器等装置,实现了异步电动机的平稳启动,降低了启动电流和冲击,对电网和设备提供了有效保护。其在工业生产、建筑行业、电力行业以及水处理行业等多个领域的应用,展示了其在提高设备稳定性、延长使用寿命、节能降耗以及保障安全生产等方面的显著效果。随着技术的不断进步和应用的深入拓展,软启动技术将在更多领域发挥重要作用,为现代工业的发展提供有力支撑。

#### 参考文献

- [1]童军,张臻,郭昌永.电动机软启动功率因数角闭环控制技术[J].电机与控制学报,2022,17(12):51-56.
- [2]蒋晓雁.几种常见的软启动技术及其特性比较[J].榆林学院学报,2019,19(06):41-42.
- [3]孙志平.电动机软启动技术综述[J].吉林化工学院学报,2022,26(03):70-75.