

# 直流电机的启动控制问题与对策探析

李文洁, 韩良辉, 张 凤, 王锴怡

(大连科技学院, 辽宁 大连 116019)

**摘要** 直流电机具有结构简单、调速范围广、起动力矩大、转速稳定等优点, 适用于起动大负载的场合。在直流电机启动控制中, 电流冲击是一个突出的问题。当电机从静止状态开始转动时, 由于机械惯性和负载的存在, 电机启动时所需的电流会突然增大。这种电流冲击不仅会导致电机及其驱动器的温升过高, 还容易引起电网电压波动, 甚至损坏驱动器和其他电气设备。起动转矩波动也会影响电机的性能和工作效率。起动转矩波动会使电机产生振动、噪声和能耗增加等问题, 降低电机的工作效率和使用寿命。因此, 本文将针对直流电机的启动控制问题提出相应的对策建议, 旨在为相关人员提供参考。

**关键词** 直流电机; 启动控制; 电流浪涌

**基金项目:** 2024 年大学生创新创业训练项目: 基于自动控制直流电机的制作与研究 (项目编号: 141)。

**中图分类号:** TM33

**文献标识码:** A

**文章编号:** 2097-3365(2024)04-0007-03

异步电动机由于其结构简单、运行可靠、成本低廉、便于维护等特点正在逐步取代直流电动机, 但是由于我国的大功率低转动惯量异步电机的制造还不是很成熟, 因直流电机具有响应快速、较大的起动转矩、从零转速至额定转速具备可提供额定转矩的性能, 故在轧钢生产中的大功率低转动惯量的飞剪电机基本还是由直流电机所占有的<sup>[1]</sup>。

## 1 直流电机的启动控制的意义

一方面, 通过控制驱动器的参数调整和改进控制策略, 可以有效地减小电流冲击和起动转矩波动。例如, 采用软启动技术可以通过控制电压的升降速率来减小电流冲击, 从而提高电机启动的平稳性和可靠性。通过优化驱动器的调速控制算法和控制参数, 可以减小起动转矩波动, 提高电机的转矩输出和速度稳定性。

另一方面, 通过使用先进的控制器和传感器, 可以实现电机启动过程的精确控制和监测。例如, 采用闭环控制技术可以实时调整驱动器的输出电压和电流, 从而实现快速而稳定的启动过程。同时, 结合功率电子器件和传感器的应用, 可以实时检测电机的电流、转速和转矩等参数, 从而及时调整控制策略和防止过载和故障。直流电机的启动控制问题对于电机性能和效率具有重要影响。通过优化控制策略和改进驱动器的设计, 可以有效地改善直流电机的启动过程, 提高电机的使用效果和能源利用率。

## 2 无刷直流电机的发展概述

无刷直流电机作为有刷直流电机的卓越继承者, 它能够有效地承袭有刷直流电机的一些优点。例如,

无刷直流电机的电池运行相对更为稳定、便捷, 与此同时, 有刷直流电机往往存在转子转动惯量过大等一系列相关不足之处。而对于无刷直流电机而言, 可以通过降低电磁电阻以及改变线圈的绕制方式来减少对转子的约束, 以实现减小转子转动惯量的目标。在有刷直流电机中, 由于其转矩与通过的电流成正比, 而电磁线圈的缠绕比例较小, 因此导致有刷直流电机中通过的电流较小, 进而使得转子的转矩较小。通常情况下, 转子的转矩越大, 电机的效率越高。有刷直流电机中, 电流较小, 导致利用率低, 是最明显的缺陷。而无刷电机通过对结构进行改动, 改变了磁铁材料, 将其转变为电流, 这样就减少了磁铁的损耗, 进一步延长了无刷直流电机的使用寿命。这是一项重大的突破<sup>[2]</sup>。

## 3 发电厂直流电机的启动原理

通过对直流发电机的研究与分析, 可以得出直流发电机在启动时需满足以下两点要求: 首先, 必须具备足够的转矩以确保正常启动; 其次, 在启动过程中所使用的电流须处于安全范围内。在直流电机的启动瞬间, 可能产生极高的启动电流, 从而对电机造成损坏。根据相关研究, 发现在这种情况下, 启动电流会超过额定电流的数十倍, 这种情况会导致设备严重损坏, 使得直流电动机无法实现启动。如果电动机启动时电流过大, 就会给电动机带来巨大的力冲击, 从而造成损坏。因此, 在直流电动机启动过程中, 必须严格控制电流大小, 以避免损坏。一种常见的方法是在电机内部使用变阻器来串联, 以实现电流的合理控制, 从而确保电动机正常运行。

## 4 直流电机启动方式

### 4.1 直接启动

直接启动是一种常见的直流电机启动方式,简单来说就是将电源直接接通到电机上,使其运行起来。这种方式的优点是操作简单,成本低,适用于一些简单的启动控制场景。由于直接接通电源的方式可以使电机瞬间启动,对于启动时间要求不高的情况,可以选择直接启动方式。

与此同时,直接启动方式也存在一些缺点。电机在启动瞬间会产生较大的启动电流,会对供电系统造成较大的冲击负荷,可能导致系统电压变动甚至发生短暂断电,给电网稳定性带来风险。直接启动方式对电机机械和电气部分都会带来较大的冲击。电机在直接启动时,由于缺乏启动过程的软化控制,容易产生较大的启动惯性力,对电机内部的电气元件以及整个机械结构都会产生过大的压力<sup>[3]</sup>。

针对直接启动方式的缺点,可以采取一些对策来减小其对系统的影响。首先,可以在电源供电系统中加装一定的启动电容和电感来平稳控制启动电流的大小,减少对电网的冲击;其次,可以采用电气软启动装置来实现对直流电机启动过程的软化控制,使得电机的启动过程更加平稳,减少对电机内部电气元件和机械结构的冲击。

对于启动时间要求较高的场景,还可以考虑采用其他启动方式,如星角启动、电阻启动或者是变频启动等。这些启动方式可以根据实际需求来选择,以满足启动时间和电网稳定性的要求。直接启动是一种简单、成本低的直流电机启动方式,但在实际应用中需要注意其对电网和电机的冲击,采取相应的对策来降低其对系统的影响。

### 4.2 间接启动

间接启动是直流电机启动的一种方式,通过降低或变化电机绕组的电压、电流等因素来实现电机的启动。间接启动方式常见的有降压启动、降流启动、自励启动和电阻启动等。降压启动是一种最简单的间接启动方式,通过减小直流电机绕组的电压来实现启动。具体方法是利用降压器或变压器来将输入电压降低到较低的级别。降压启动的优点是电机启动时的电流较小,对电网的影响较小,适用于启动大功率电机。然而,降压启动也存在缺点,即启动时电机转矩较小,启动时间较长,不适用于对启动时间要求较高的场合<sup>[4]</sup>。

降流启动则是通过减小直流电机的绕组电流来实

现启动。一种常见的降流启动方式是利用电阻来降低电流。在启动过程中,通过逐步减小电阻的阻值,使得电机的电流逐步增大,达到启动要求。降流启动的优点是启动时间较短,电机转矩较大,适用于对启动时间要求较高的场合。但是,降流启动会导致较大的额外损耗和能量浪费,因为在启动过程中需要通过电阻来限制电流。

## 5 启动过程中的电流浪涌问题

### 5.1 电流浪涌的原因分析

在直流电机启动过程中,常常会发生电流浪涌现象。电流浪涌指的是电机启动瞬间电流迅速上升并达到峰值的现象。造成电流浪涌的原因主要有两个方面:首先是直流电机的自感性质。直流电机的旋转部分包括转子和励磁线圈,而励磁线圈是由铜线绕制而成的,会产生一定的自感。当电机启动时,电流突然通过转子和励磁线圈,由于自感的存在,电流上升速度会变得很快,从而导致电流浪涌。尤其是当电机的额定功率较大时,电流浪涌现象会更加明显;其次是电机电源端电压的突变。在电机启动过程中,电源端的电压由零逐渐上升到额定电压,这个过程中会存在电压突变的情况。当电压突然上升时,电流也会相应地迅速增加,从而产生电流浪涌。特别是在一些老旧的电源系统中,电源变压器的输出电压波动较大,更容易引起电流浪涌问题<sup>[5]</sup>。

### 5.2 电流浪涌的影响

1. 直流电机启动过程中的电流浪涌问题是一个需要关注和解决的关键问题。电流浪涌是指在电机启动瞬间,由于电机内部的电感和电容的反应,造成电流突然增大的现象。这种电流突变可能会对电机设备造成损坏风险,同时也对电网的稳定性和正常运行造成干扰。

2. 电流浪涌对直流电机设备本身的损坏风险是一个主要的关注点。电流突增可能会导致电机线圈过载、烧毁甚至损坏绕组,严重影响电机的正常运行。电流浪涌还会导致电机轴承过载,进一步降低电机的寿命,并增加设备故障风险。因此,在直流电机的启动控制中,合理控制电流浪涌的大小,对于保护电机设备的安全运行至关重要。

3. 电流浪涌还可能对电网的运行造成干扰。电流突增会引起电网的电压波动,进而对其他设备和用户造成影响。特别是在大规模直流电机集中启动的情况下,电压波动会更加显著。这不仅会造成电力系统的

不稳定,还可能导致其他设备的故障甚至引发系统级故障。因此,合理控制电流浪涌的大小,对于保持电网的稳定运行至关重要。

为了解决直流电机启动控制中的电流浪涌问题,可以采取以下对策。首先,使用启动电阻和变压器等装置来减小启动过程中的电流突变。这些装置可以通过调节电流和电压的大小,平稳地将电机带动起来,减少对设备和电网的影响;其次,可以采用软启动控制器,通过逐渐增加电机的电流和转矩来启动电机,从而减小电流突变的风险;最后,合理设置电机的额定功率和电流,以及使用合适的电源和电线,也可以降低电流浪涌的大小。

## 6 直流电机启动控制的对策

### 6.1 调整电机的启动频率

调整电机的启动频率是一种常见的方式。根据电机的负载情况和启动需求,可以适当调整电机的启动频率,从而减少电流浪涌的发生。一般来说,较低的启动频率可以减小电流瞬变的幅度,降低电流浪涌现象。但是需要注意的是,启动频率过低可能会影响电机的启动速度和响应能力,因此需要合理地选择启动频率。

### 6.2 调整电机的启动电压

调整启动频率外,调整电机的启动电压也是一种有效的策略。通过控制电机启动时的电压大小,可以对电流浪涌现象进行一定程度的抑制。一般来说,降低启动电压可以减少电流瞬变的幅度,从而降低电流浪涌的发生。但是同样需要注意的是,过低的启动电压可能会影响电机的启动性能和负载能力,因此需要根据实际情况进行调整。使用软启动器也是降低电流浪涌现象的常用方法之一。软启动器是一种能够缓慢提供电压和电流给电机的设备,通过逐渐增加电压和电流的方式来实现电机的启动。相比传统的直接启动方式,软启动器能够有效地降低电流瞬变的幅度,减少电流浪涌的发生。软启动器还具有对电机的保护功能,可以延长电机的使用寿命。

### 6.3 调速驱动机械

对于直流电机而言,调速是其基本特征之一,并且是一种常见操作。当需要达到较高调速精度时,开环调速和闭环调速是常用的两种方法。不论是直流电机、交流异步直流电机还是无刷直流电机都可以应用这两种方法。直流电机是使用范围最广的电机之一,常被应用于传统工业制造领域。而交流电机则更加灵

活地适用于各个领域。由于直流电机与交流电机都能满足调速要求,所以它们受到了广泛的关注和应用。交流电机具备优异的调速变频功能,能有效适应工业生产中的各种电流变化。这一特性使其成为适应时刻变化电流的理想工具,并进一步实现电能节约和损耗减少的目标。此外,无刷直流电机也是另一个需要考虑的问题。无刷直流电机作为一种卓越的继承,具备了小巧、便携和大功率等显著优点,这些优势使得无刷直流电机被广泛应用。随着科技的进步,无刷直流电机逐渐取代了传统的变频调节技术,成为主流变频的主要选择。

### 6.4 项目创新性

采用无线传感器实现变电站直流电源遥测,拓宽了变电站电源监测的方法;直流电源检测使用非接触取电技术和可插拔技术,提高了检测技术的灵活性和实用性,并增强了系统取电的可靠性,减少了设备成本;改进的直流电源检测手段,缩小了检测装置的体积,方便现场安装;主站与子站之间采用网络通信,无线基站与传感器之间采用 2.4G 自组网方式改变了网络通信模式,降低了人工成本,实现了两项远程遥控功能,完成了直流电源远程测量的任务;遥测终端实时采集数据,并通过串口传输到系统服务器,使变电站的直流系统维护人员能够即时掌握运行数据,从而大大减少了系统直流电源设备故障的发生。

## 7 总结

本文对直流电机启动控制问题进行了全面而系统的研究。通过对直流电机启动过程中的电流浪涌问题的深入研究,本文提出了一系列控制策略和对策,以期降低电流浪涌的大小,保护电机设备的安全运行、维护电网的稳定性和正常运行提供借鉴。

### 参考文献:

- [1] 魏新玲.高扬程电力提灌工程中电机自动化控制与保护对策[J].现代工业经济和信息化,2022(10):327-328.
- [2] 李志春.工业电气自动化控制中变频调速技术[J].电子技术与软件工程,2021(04):101-102.
- [3] 王然.变频调速技术在工业电气自动化控制中的应用[J].河南科技,2021(02):73-75.
- [4] 蒋玮,苏晓云,何晋伟,等.交直流配电网中柔性软开关接入的规划-运行协同优化方法[J].电力系统自动化,2023(10):1-16.
- [5] 邢峰.发电厂中的暖通空调系统控制技术分析[J].集成电路应用,2022(11):78-79.