

发电厂高压电机节能变频改造

张 岩

天津蓝巢电力检修有限公司 天津 300380

摘 要：发电厂高压电机节能变频改造是一个重要的工程项目，旨在降低能耗、提高运行效率并延长设备使用寿命。通过采用先进的变频技术，实现对电机运行频率的精确控制，使电机在不同负载条件下都能以最优转速运行，显著降低能耗。改造过程中需考虑电机特性、电缆选型、供电系统出口断路器的控制等因素，确保改造后的系统稳定可靠。此项目不仅有助于发电厂节约运行成本，提高经济效益，还符合国家的节能减排政策，具有重要的社会和环境效益。

关键词：发电厂；高压电机；节能变频改造

引言：发电厂高压电机作为电力生产过程中的关键设备，其能耗占据了整个发电流程中的重要比例。传统的定频运行模式下，高压电机无法根据负载变化灵活调节运行频率，导致能源浪费现象严重。随着节能技术的不断发展和环保意识的日益提高，对发电厂高压电机进行节能变频改造已成为提高能源利用效率、降低运营成本的重要途径。本文将对发电厂高压电机节能变频改造进行深入探讨，分析改造的技术原理、实施步骤以及潜在效益，以期对相关领域的实践提供理论支持和参考借鉴。

1 发电厂高压电机节能变频改造的技术意义

1.1 降低能耗，节约运行成本

高压电机在运行过程中，往往会消耗大量的电能。而采用变频技术，可以实现对电机运行频率的精确控制，使电机在不同的负载条件下都能以最优的转速运行，从而降低能耗。这一技术不仅能够显著降低发电厂的电能消耗，还有助于减少温室气体排放，符合国家的节能减排政策。通过降低能耗，发电厂可以节约大量的运行成本，提高经济效益。

1.2 变频技术的成熟应用及其潜力

变频技术作为现代电力电子技术的杰出代表，已经在多个领域得到了广泛应用。从风机、水泵到压缩机等，变频技术都显示出了其强大的节能效果。随着技术的不断进步和成本的逐步降低，变频技术在发电厂高压电机上的应用也越来越广泛。未来，随着技术的进一步成熟和优化，变频技术将在发电厂节能降耗方面发挥更大的潜力。

1.3 改造方案的论证与潜在效益分析

在发电厂高压电机节能变频改造过程中，需要对改造方案进行充分的论证和效益分析。这包括了对电机负载特性的深入研究、变频器类型的选择、改造前后的能耗对比等。通过对改造方案的详细论证，可以确保改造

后的系统能够满足发电厂的实际需求，并达到预期的节能效果。同时，对潜在效益的分析也有助于评估改造项目的经济性和可行性。

1.4 技术方案的优化及经济指标提升

在改造方案的实施过程中，还需要对技术方案进行不断的优化和完善。通过采用先进的技术手段和管理方法，可以进一步提高节能效果，降低运行成本。同时，通过对经济指标的监测和分析，可以及时发现并解决问题，确保改造项目的持续稳定运行。

2 发电厂高压电机节能变频改造的现状与挑战

2.1 当前发电厂高压电机的能耗现状

发电厂作为电力生产的核心，其高压电机的能耗占据了整个发电流程中的显著比例。在传统的定频运行模式下，高压电机无法根据负载变化灵活调整运行频率，导致能源浪费严重。特别是在部分负载运行时，电机效率低下，难以满足现代化高效节能的需求。此外，高压电机在启停过程中产生的冲击电流对设备造成较大损伤，增加了维护成本，进一步影响了发电厂的运营效率。

2.2 传统节流调节方式的不足

传统的节流调节方式，如通过挡板和阀门来调节风机和泵类的流量，虽然在一定程度上实现了对流量的控制，但这种方式本身能耗较大，且设备损耗严重。挡板和阀门在维持正常运转时，需要消耗大量的能源，同时它们的耐用性较差，频繁更换和维修增加了成本开销。此外，这种调节方式无法实现精确的流量控制，导致能源利用效率低下，无法满足发电厂节能减排的目标^[1]。

2.3 变频改造技术的应用案例

为了解决高压电机能耗高、效率低的问题，发电厂纷纷采用变频改造技术。以华电红雁池电厂为例，该电厂通过对高压电机进行变频改造，实现了电机转速的精确控制，显著降低了能耗，提高了设备的运行效率。改

造后的电机能够根据负载变化灵活调整运行频率，避免了能源浪费。同时，变频技术还实现了电机的软启动和软停车，减少了设备的机械磨损和电气应力，延长了电机的使用寿命。华电红雁池电厂的改造案例表明，变频改造技术在提高能源利用效率、降低运营成本方面具有显著优势。

2.4 改造过程中遇到的技术难题与挑战

尽管变频改造技术在发电厂高压电机节能方面具有显著优势，但在实际改造过程中仍面临诸多技术难题与挑战。首先，不同发电厂的高压电机型号和规格各异，对变频器的选型提出了较高要求。其次，在改造过程中，需要确保原有系统的稳定性和安全性，避免改造对电网产生不良影响。此外，变频改造还需要考虑设备的兼容性和可靠性问题，确保改造后的系统能够长期稳定运行。在实际操作中，技术人员需要克服这些技术难题，制定合理的改造方案，确保改造效果达到预期目标。

3 高压电机变频改造的技术原理与实现方式

3.1 变频调速的基本原理

变频调速是通过改变电机输入电源的频率来改变电机转速的调速方式。根据交流异步电动机的转速公式 $n = 60f(1-s)/p$ （ n 为转速， f 为电源频率， s 为电机转差率， p 为电机极对数），在极对数 p 不变的情况下，改变输入电源的频率 f 即可实现电机转速的调节。变频调速具有调速范围宽、平滑性好、效率高、能耗低等优点，广泛应用于需要精确调速和节能降耗的场合。

3.2 高压变频器的构成与工作原理

高压变频器是实现高压电机变频调速的关键设备。它主要由输入整流部分、滤波部分、逆变部分和控制部分组成。（1）多电平结构：多电平结构是高压变频器的重要特征之一。通过采用多个电平进行输出，可以降低输出电压的谐波含量，减少对电网的污染。同时，多电平结构还能提高输出电压的波形质量，使电动机运行更加平稳。常见的多电平结构包括二极管中点箝位（NPC）三电平、H桥级联等多电平结构。（2）功率单元串联叠加：高压变频器通常采用功率单元串联叠加的方式来实现高压输出。每个功率单元都会产生一定的电压，通过串联叠加形成所需的高压输出。这种方式不仅提高了输出电压的等级，还增强了系统的可靠性和冗余度。当某个功率单元出现故障时，其他功率单元仍能继续工作，保证系统的稳定运行^[2]。（3）空间矢量多重化的PWM技术：PWM（脉冲宽度调制）技术是高压变频器逆变部分的核心技术之一。空间矢量多重化的PWM技术通过对逆变器开关器件的精确控制，使输出电压的波形

更加接近正弦波，降低了谐波含量，提高了电动机的运行效率。同时，该技术还能实现对电动机的快速响应和精确调速。

3.3 变频器的选型与配置

（1）变频器的种类与特点：根据应用场合和负载特性的不同，变频器有多种类型可供选择。常见的变频器类型包括通用型变频器、高性能矢量型变频器、重载型变频器等。通用型变频器适用于一般负载的调速控制；高性能矢量型变频器具有更高的调速精度和响应速度，适用于需要精确调速和高性能控制的场合；重载型变频器则具有较强的过载能力和稳定性，适用于重载和恶劣工况下的运行。（2）变频器与高压电机的匹配原则：在选择变频器时，需要考虑其与高压电机的匹配性。首先，应根据电机的额定功率、额定电压和额定电流等参数选择合适的变频器型号。其次，应考虑变频器的调速范围和控制精度是否满足实际需求。最后，还应考虑变频器的可靠性、稳定性和维护性等因素，以确保系统的长期稳定运行。

3.4 变频改造的技术实现方式

（1）电机与变频器的连接与调试：在变频改造过程中，需要将高压电机与变频器进行连接。连接时应确保电缆和接头的质量可靠，防止因接触不良或绝缘损坏等原因引起的故障。调试时，应检查变频器的各项参数设置是否正确，并对电机进行空载和负载试验，以确保系统的正常运行。在调试过程中，还应注意监测电机的运行状态和参数变化，及时调整变频器的控制策略以优化电机的运行效果。（2）控制系统的设计与优化：为了实现高压电机的精确调速和稳定运行，需要对控制系统进行设计与优化。控制系统应包括主控单元、传感器和执行器等组成部分。主控单元负责接收传感器采集的数据并进行分析处理，然后根据预设的算法和逻辑对变频器进行控制。传感器用于实时监测电机的运行状态和参数变化，如转速、电流、电压等。执行器则根据主控单元的指令对电机进行相应的操作和调整。在控制系统设计过程中，需要考虑系统的稳定性和可靠性，以及对电机运行状态的实时监测和故障诊断能力。同时，还需要对控制系统的算法进行优化以提高电机的调速精度和响应速度^[3]。

4 发电厂高压电机节能变频改造的关键技术与挑战

4.1 高压电机的特性试验与技术规范的修订

高压电机节能变频改造的首要任务是深入理解电机特性，确保改造方案的科学性与合理性。（1）变频器输出端电压与电流谐波的影响。变频器在调节电机转速

的同时,其输出端会产生电压与电流的谐波。这些谐波可能对电机绝缘造成损害,增加电机损耗,降低运行效率,甚至干扰其他电气设备的正常工作。因此,在改造前,需对变频器输出的电压与电流谐波进行全面测试,评估其对电机及电网的影响。改造过程中,需选用具有高性能滤波功能的变频器,或在变频器输出端增设滤波装置,以降低谐波含量,保护电机与电网。(2)电机电磁回路与谐波的相互作用。电机电磁回路与谐波的相互作用可能导致电机性能下降,如增加振动、噪声,降低效率等。因此,在改造过程中,需对电机电磁回路进行优化设计,增强其对谐波的抵抗能力。同时,通过调整变频器控制策略,如采用矢量控制等先进技术,减少谐波的产生,确保电机在变频运行下的稳定性能。

4.2 电力电缆的选型与敷设要求

电力电缆作为连接变频器与电机的重要纽带,其选型与敷设直接关系到改造效果与安全。(1)电缆结构的三相对称与屏蔽。为确保电机在变频运行下的三相平衡,减少电流不平衡带来的损耗与振动,电缆结构需保持良好的三相对称性。此外,电缆屏蔽层的设计至关重要,它不仅能够有效抑制电磁干扰,保护信号传输的稳定,还能降低谐波对电缆及周围设备的影响。因此,在选型时,应优先考虑具有优良三相对称性和屏蔽性能的电力电缆^[4]。(2)电缆截面与敷设长度的限制。电缆截面与敷设长度是影响电缆损耗与传输效率的关键因素。过小的电缆截面会增加电流密度,导致发热严重,影响电缆寿命;而过长的敷设长度则会增加电阻损耗,降低系统效率。因此,在选型时,需根据电机的负载特性、电缆的载流量以及敷设环境的实际情况,合理选择电缆截面与敷设路径,确保电缆在传输过程中的损耗最小化。

4.3 高压供电系统出口断路器的控制完善

在高压电机节能变频改造中,高压供电系统出口断路器的控制完善对于确保电力系统的安全性和可靠性具有重要意义。(1)跳闸回路断线与控制电源消失的处

理。跳闸回路是断路器实现跳闸动作的关键部分。如果跳闸回路出现断线或控制电源消失,将导致断路器无法正常工作,进而危及电力系统的安全。因此,在节能变频改造中,应加强对跳闸回路的检查和测试,确保其完好无损。同时,还应设置备用控制电源,以在主电源消失时能够迅速切换至备用电源,保证断路器的正常工作。(2)带欠压脱扣线圈的断路器的应用。带欠压脱扣线圈的断路器能够在电源电压降低到一定程度时自动跳闸,从而保护电力系统和设备免受损害。在节能变频改造中,可以考虑使用带欠压脱扣线圈的断路器来增强系统的安全性能。同时,还应根据系统的实际情况和负载特性来合理设置欠压脱扣线圈的动作电压值,以确保在电源电压降低到危险水平时能够及时跳闸。

结束语

综上所述,发电厂高压电机节能变频改造是一项具有深远意义的工程,它不仅能够有效降低能耗,提升能源利用效率,还对环境保护和可持续发展做出了积极贡献。随着技术的不断进步和应用经验的积累,变频改造技术将越来越成熟,其在发电厂高压电机节能降耗方面的潜力将得到进一步挖掘和释放。未来,我们有理由相信,发电厂高压电机节能变频改造将成为推动能源转型、实现绿色发展的重要力量,为构建清洁、高效、安全的能源体系提供有力支撑。

参考文献

- [1]杨招虎.某公司空压系统高压电机变频节能控制技术[J].电力设备管理,2021,(19):197-199.
- [2]王磊.发电厂高压电机的节能变频改造[J].电子技术与软件工程,2019,(14):215-216.
- [3]申超.发电厂高压电机节能变频改造分析研究[J].煤,2020,(04):69-70.
- [4]祁杰.有关发电厂高压电机节能变频改造的思考[J].科技与企业,2021,(18):164-165.