

发电机并网操作流程及参数监控要点

张志国 崔歆皓 高宇婷 温 铎 赵继鹏
达拉特发电厂 内蒙古鄂尔多斯 014300

摘要: 本文围绕发电机并网操作展开,详细阐述了发电机并网的原理与必要性,深入探讨了并网操作的具体流程,包括并网前的准备、升压操作、同期调整、正式并网以及负荷调整等环节。着重分析了发电机并网参数的监控要点,涵盖关键监控参数、参数监控方法以及参数异常处理等内容。通过对达拉特发电厂实际情况的结合与分析,旨在为发电机的安全、稳定并网提供理论依据和实践指导,提高电力系统运行的可靠性和经济性。

关键词: 发电机并网; 操作流程; 参数监控; 达拉特发电厂

引言

达拉特发电厂是蒙西电网的关键电源供应点,其总的装机能力高达198万千瓦,每年的发电总量超过了130亿度。全厂使用6台33万千瓦亚临界燃煤机组经6回220kV线路与蒙西至华北联网通道连接,担负区域电网调峰调频任务。发电机并网运行作为电厂和电网之间能量交换过程中的关键环节,技术复杂性对电网稳定性和经济性有着直接的影响。根据数据显示,非同期的并网可能导致冲击电流高达额定值的5-8倍,这可能会引发发电机轴系的扭振、电网的频率变化,甚至可能导致继电保护的误动作。所以深入研究并网操作流程及参数监控体系对于促进电厂运行可靠性的提高有着重要的实际意义。

一、发电机并网原理与必要性

1. 发电机工作原理

发电机是一种能够将其他类型的能源转化为电能的装置,其中常见的包括火力发电机、水力发电机和风力发电机等。以火力发电机为例,它的原理是建立在电磁感应定律之上的。在火力发电厂中,燃料(如煤炭、天然气等)燃烧产生高温高压蒸汽,蒸汽推动汽轮机旋转,汽轮机带动发电机的转子旋转。发电机转子一般为一电磁铁,转子绕定子绕组转动时会将定子绕组磁力线剪断,使定子绕组内形成感应电动势。电磁感应定律认为感应电动势与转子转速、磁场强度和定子绕组匝数有关。发电机定子绕组接入外部电路后,有电流输出以实现机械能向电能转化过程。

作者简介: 张志国(1996.01——)男,汉族,山西省朔州市人,本科学历,助理工程师,主要从事自动化方面的研究工作。

2. 同期并网的必要性

同期并网对电力系统具有决定性作用,它是确保电力稳定供应和高效运行至关重要的环节。单台发电机发电能力有限,且容易因设备故障、检修等原因停运,多台发电机同期接入电网可以达到电力互补和支撑的目的,当一台发电机遭遇故障时,其他的发电设备仍能继续供电,这大大增强了供电的可靠性,降低了停电事故的可能性,并为社会的生产和生活提供了持续的电力支持。电网负载的连续变化对电能的频率、电压等质量指标提出了苛刻的要求,而单台发电机单独工作难以根据负载情况适时进行参数调整,从而造成电能质量的恶化,并且并网运行发电机在自动控制系统的辅助下可以根据需要对发电功率、频率以及电压进行调节,从而使得电能质量稳定。不同种类的发电机具有不同的运行条件和发电效率,同期并网可以根据电网负荷需求来合理配置发电任务使发电机处于最优的运行状态,提高发电效率,降低发电成本的同时也可以达到能源的优化配置和各种能源资源的充分利用。

二、发电机并网操作流程

1. 并网前的准备工作

发电机接入电网前的各项准备工作是严格而全面的,其中涉及到许多重点内容。在进行设备检查时,必须对每一个发电机的外观进行细致的检查,不能忽视任何可能的损坏或变形,因为这可能会影响设备的运行稳定性;对定子绕组和转子绕组的绝缘电阻进行检测是非常关键的。如果定子绕组的绝缘电阻低于 $0.5M\Omega$ 或转子绕组的绝缘电阻低于 $0.1M\Omega$,这可能会带来电气安全的隐患,因此必须确保它们满足相关标准。冷却系统检查涉及冷却水水位、水温、水质等方面,并对冷却风机的工作情况进行分析,只有冷却系统工作正常了,发电机在工作

过程中所产生的热才会得到有效地散发。润滑系统检查也不容忽视,油位、油温、油压需在合理范围,油泵运行要稳定,以此保障发电机运转的润滑需求。保护装置的检验应证实动作值准确,动作时间符合要求,二次回路没有短路和断路的故障发生,并经模拟试验证明它能在发生故障时及时而准确地动作。同期装置对聚焦电压、频率和相位等测量元件进行了检验,以保证测量的准确性,并对合闸脉冲的输出随时间的变化情况进行了检验,通过模拟试验保证了合闸信号在同期内的精确发射。

2. 发电机升压操作

(1) 手动升压操作:在进行发电机升压操作前,需要将发电机的励磁系统置于手动控制模式。通过调节励磁电流的大小,逐渐提高发电机的端电压。在升压过程中,需要密切监视发电机的电压、电流、功率等参数的变化情况,确保发电机的运行参数在正常范围内。一般来说,升压速度不宜过快,应控制在每分钟10%~20%的额定电压范围内。当发电机的端电压接近额定电压时,应当适当降低升压速度,避免电压过高对发电机造成损坏。

(2) 自动升压操作:现代发电机通常配备有自动励磁调节系统,可以实现发电机的自动升压操作。在进行自动升压操作时,只需将励磁系统置于自动控制模式,系统会根据设定的参数自动调节励磁电流,使发电机的端电压逐渐升高到额定电压。自动升压操作具有操作简单、调节精度高、响应速度快等优点,可以提高发电机升压操作的安全性和可靠性。

3. 同期调整操作

(1) 电压调整:通过调节发电机的励磁电流,使发电机的端电压与电网的电压相等。在调整过程中,需要使用电压表实时监测发电机和电网的电压值,并根据监测结果及时调整励磁电流。一般来说,电压差应控制在 $\pm 5\%$ 的额定电压范围内。

(2) 频率调整:通过调节发电机的原动机(如汽轮机、水轮机等)的转速,使发电机的频率与电网的频率相等。在调整过程中,需要使用频率表实时监测发电机和电网的频率值,并根据监测结果及时调整原动机的转速。一般来说,频率差应控制在 $\pm 0.2\text{Hz}$ 范围内。

(3) 相位调整:相位调整是同期调整的关键环节,需要确保发电机的电压相位与电网的电压相位一致。可以通过同期表或同步指示灯等设备来观察发电机和电网的相位关系。当同期表的指针缓慢旋转并接近同步点时,说明发电机和电网的相位逐渐接近。此时,应根据同期表的指示,及时调整发电机的转速或励磁电流,使发电机在准确的同步点并入电网。

4. 并网操作

当发电机的电压、频率和相位等参数与电网的参数满足同期条件时,即可进行并网操作。并网操作一般分为手动并网和自动并网两种方式:

(1) 手动并网:手动并网是指操作人员根据同期表的指示,在发电机与电网的相位差接近零的瞬间,手动按下合闸按钮,将发电机的断路器闭合,实现发电机与电网的连接。手动并网需要操作人员具备丰富的经验和熟练的操作技能,能够准确判断同期点并及时进行合闸操作。

(2) 自动并网:自动并网是指利用自动同期装置自动判断同期点,并在满足同期条件时自动发出合闸信号,将发电机的断路器闭合。自动并网具有操作准确、快速、可靠等优点,可以有效避免人为因素对并网操作的影响,提高并网操作的成功率和安全性。

5. 负荷调整操作

发电机并网后,需要根据电网的负荷需求及时调整发电机的负荷。负荷调整操作一般通过调节发电机的原动机的功率来实现:

(1) 初始负荷设定:发电机并网后,应先将发电机的负荷设定在一个较低的水平,一般为额定负荷的10%~20%。这样可以避免发电机在并网瞬间承受过大的冲击电流,保护发电机和电网设备的安全。

(2) 负荷增加:在发电机并网运行一段时间后,且发电机的运行参数稳定后,可以逐渐增加发电机的负荷。负荷增加的速度应根据发电机的类型、容量以及电网的负荷需求等因素来确定,一般不宜过快,以免对发电机和电网造成过大的影响。在负荷增加过程中,需要密切监视发电机的电压、电流、功率、温度等参数的变化情况,确保发电机的运行参数在正常范围内。

(3) 负荷稳定运行:当发电机的负荷增加到所需的水平后,应通过自动控制系统或手动调节的方式,使发电机的负荷保持稳定运行。需要定期对发电机的运行参数进行监测和分析,及时发现和处理可能出现的问题,确保发电机的安全、稳定运行。

三、发电机并网参数监控要点

1. 关键监控参数

发电机在并网之前需要对其电压、频率、相位和相序等重要参数进行综合监测。电压,应保证发电机的出口电压和系统电压的一致性,误差的最大值应在允许范围内,电压过高或过低均会对设备的安全和电能质量造成影响;在频率方面,发电机频率一定要和系统频率一致,一般在50Hz左右,频率偏差影响发电机和电网同步

工作,甚至造成设备破坏;相位需要确保发电机电压的相位和系统电压的相位相同,相位的不同步将诱发电网震荡并产生严重的后果;相序还必须和系统的相序一样,不正确的相序可能造成装置的反转和破坏等故障。另外,发电机有功功率、无功功率和功率因数也需要加以注意,有功功率体现了发电机输出电能的真实情况,无功功率则会对电网电压的稳定性产生影响,功率因数反映了发电机的电能使用效率,通过合理地调整这些参数,可以确保系统的有功和无功功率保持平衡,从而使频率和电压保持在可接受的范围之内。

2. 参数监控方法

(1) 仪表监测:在发电机的控制室内,通常安装有各种测量仪表,如电压表、电流表、功率表、频率表、温度表等。通过这些仪表可以实时监测发电机的各项运行参数。操作人员可以定期读取仪表的数值,并记录下来,以便分析发电机的运行状况。仪表还可以设置报警值,当参数超过报警值时,会发出声光报警信号,提醒操作人员及时处理。

(2) 自动化监控系统:现代发电机通常配备有自动化监控系统,该系统可以实时采集发电机的各项运行参数,并通过计算机进行处理和分析。自动化监控系统具有数据存储、历史查询、趋势分析、报警等功能,可以为操作人员提供全面、准确的运行信息。自动化监控系统还可以与电网的调度系统进行通信,实现远程监控和控制,提高了发电机运行管理的效率和水平。

(3) 在线监测技术:除了传统的仪表监测和自动化监控系统外,还可以采用在线监测技术对发电机的关键部件进行实时监测。例如,采用红外热成像技术可以监测发电机的绕组、铁芯等部位的温度分布情况,及时发现潜在的过热故障;采用振动监测技术可以监测发电机的振动情况,判断发电机的运行状态是否正常;采用局部放电监测技术可以监测发电机绕组的绝缘状况,及时发现绝缘缺陷。

3. 参数异常处理

(1) 电压异常处理:当发电机的输出电压过高或过低时,应首先检查励磁系统的工作情况,看是否存在励磁电流过大或过小的问题。如果是励磁系统故障导致的电压异常,应及时修复励磁系统。如果电压异常是由于电网故障或负载变化引起的,应根据具体情况采取相应的措施。例如,当电压过高时,可以适当降低发电机的励磁电流;当电压过低时,可以适当增加发电机的励磁电流。

(2) 频率异常处理:当发电机的输出频率过高或过低时,应首先检查原动机的调速系统的工作情况,看是

否存在调速系统故障或调速不当的问题。如果是调速系统故障导致的频率异常,应及时修复调速系统。如果频率异常是由于电网负荷变化引起的,应根据电网的需求,及时调整发电机的发电功率,使频率恢复到正常范围内。

(3) 电流异常处理:当发电机的输出电流过大时,应首先检查发电机的负载情况,看是否存在过载运行的问题。如果是过载运行导致的电流异常,应及时降低发电机的负载。如果电流异常是由于短路故障引起的,应立即停机检查,找出故障点并进行修复。当发电机的三相电流不平衡时,应检查发电机的绕组连接是否正确、负载是否平衡等,及时采取措施消除三相电流不平衡的问题。

(4) 功率异常处理:当发电机的有功功率或无功功率输出异常时,应首先检查发电机的控制系统和原动机的工作情况,看是否存在控制参数设置不当或原动机故障的问题。如果是控制系统故障导致的功率异常,应及时调整控制参数或修复控制系统。如果功率异常是由于电网需求变化引起的,应根据电网的要求,及时调整发电机的有功功率和无功功率输出。

结语

在今后电力技术日益发展的今天,发电机并网运行及参数监控都会向着更智能化、自动化方向迈进。一方面可以对并网操作流程进行进一步优化,提升并网精度与速度,降低人工干预;另一方面加大参数监控技术研究力度,运用大数据、人工智能等先进技术实现发电机运行状态实时预测与智能诊断,对可能出现的问题进行预先检测,及时应对,使电力系统可靠性与经济性得到进一步提升。

参考文献

- [1]周龙,熊斌,丁树业,等.1000 MW量级水轮发电机中性点电压漂移影响因素及接地装置参数优化分析[J].电工电能新技术,2022,41(4):8.
- [2]郭子强,吴亚盆,刘丹丹.基于同步采集和LabVIEW的发电机并网监控装置设计[J].机械研究与应用,2022(003):035.
- [3]苗小利,王帅军,郭军.液压马达发电机并网转速控制方案及实验验证[J].Machine Tool & Hydraulics,2023(14).
- [4]孙鹏.不同同步方式新能源并网系统小干扰稳定性分析及其控制技术研究[D].重庆大学,2022.
- [5]李志宾.优化110 kV变电站晃电后发电机快速并网方法[J].通信电源技术,2020,37(4):2.