

变压器的耗能因素与节能方法探究

马 锁 王冬冬

特变电工沈阳变压器集团有限公司 辽宁 沈阳 110000

摘要: 在当今能源问题日益突出的形势下, 变压器能耗成为关注焦点。本文全面分析了变压器的耗能因素, 包括固有、负载及其他损耗, 以及运行工况的影响。针对此, 提出了选用节能型变压器、优化运行、无功补偿和加强维护等节能方法。通过理论与实践结合, 为提升变压器效率、降低能耗提供有力指导, 促进电力行业的绿色可持续发展。

关键词: 变压器; 耗能因素; 节能方法; 电力系统

引言

随着全球经济的快速增长, 电力需求不断上升, 变压器作为电力传输分配的核心设备, 其重要性不言而喻。然而, 变压器运行中的能量损耗问题不容忽视, 它降低了系统效率, 增加了能源成本, 加重了环境负担。因此, 深入探究变压器的耗能因素, 寻找有效的节能途径, 对于提升电力系统能源利用率、实现节能减排目标具有至关重要的意义。

1 变压器的基本原理与分类

1.1 变压器的工作原理

变压器是依据电磁感应定律实现电能转换的关键电气设备。其核心部件包括铁芯与绕组。当原边绕组接入交流电源时, 交变电流在绕组中产生交变磁场, 该磁场通过铁芯传递至副边绕组。由于电磁感应作用, 副边绕组中会产生感应电动势, 从而实现电压的变换。铁芯作为磁路的主要通道, 能够集中和引导磁场, 减少磁漏, 提高电磁转换效率。绕组则是电能输入与输出的载体, 通过不同匝数的原副边绕组, 实现电压的升高或降低, 以满足不同的电力需求。

1.2 变压器的分类

变压器可依据多种标准进行分类。按用途划分, 电力变压器主要用于电力系统的输电和变电环节, 承担着高电压、大容量电能的传输与分配任务; 配电变压器则用于将高压电能转换为适合用户使用的低压电能, 广泛应用于工厂、学校、居民小区等场所; 特种变压器是为满足特殊需求而设计制造的, 如电炉变压器用于工业电炉的供电, 整流变压器用于将交流电转换为直流电等。按相数分类, 单相变压器主要用于单相负载的供电, 如家庭电器等; 三相变压器则用于三相电力系统, 能够同时传输三相电能, 具有更高的功率传输能力和效率。按绕组数分类, 双绕组变压器具有原边和副边两个绕组,

结构简单, 应用广泛; 三绕组变压器则有三个绕组, 可实现不同电压等级之间的电能转换, 常用于电力系统的枢纽变电站^[1]。

2 变压器的耗能因素分析

2.1 固有损耗(铁损)

(1) 磁滞损耗。磁滞损耗源于铁芯在交变磁场的作用下, 内部磁畴反复转向时需克服摩擦阻力, 从而消耗能量。这一损耗与铁芯材料的磁滞回线特性密切相关, 磁滞回线面积越大, 磁滞损耗越高。此外, 磁场频率的增加会使磁畴转向的频率加快, 导致磁滞损耗增大; 磁通密度的提高也会使磁畴转向所需克服的阻力增大, 进而增加磁滞损耗。(2) 涡流损耗。当铁芯处于交变磁场中, 会产生感应电动势, 该电动势在铁芯内部形成闭合回路, 产生电流, 即涡流。涡流在铁芯中流动时会产生热效应, 导致能量损耗。涡流损耗与铁芯材质的电阻率成反比, 电阻率越低, 涡流损耗越大; 铁芯的厚度越厚, 涡流路径越长, 损耗也越大; 同时, 磁场变化频率越高, 感应电动势越大, 涡流损耗也相应增加。

2.2 负载损耗(铜损)

(1) 绕组电阻损耗。电流通过绕组时, 由于绕组本身存在电阻, 根据焦耳定律, 会产生热损耗, 即绕组电阻损耗。这一损耗与绕组材料的电阻率、导线截面积以及电流大小密切相关。电阻率越高, 电阻损耗越大; 导线截面积越小, 电阻越大, 损耗也越大; 电流大小的平方与电阻损耗成正比, 因此负载电流的增加会显著增大绕组电阻损耗。(2) 杂散损耗。杂散损耗主要由漏磁通在绕组、铁芯及附近金属部件中引起。变压器运行时, 部分磁通无法完全被绕组所束缚, 形成漏磁通。漏磁通在这些部件中产生感应电流, 从而导致附加损耗。杂散损耗与变压器的结构设计、绕组的布置方式以及负载性质等因素相关。例如, 绕组间的漏磁、铁芯的漏磁等都

会影响杂散损耗的大小,而负载的不平衡、谐波含量等也会进一步加剧杂散损耗^[2]。

2.3 其他损耗

(1) 介质损耗。变压器的绝缘材料在交变电场作用下,会因介质的极化、电导等现象而产生能量损耗,即介质损耗。介质损耗与绝缘材料的性能密切相关,优质的绝缘材料具有较低的介质损耗因数。此外,工作电压的升高会使电场强度增大,从而增加介质损耗;温度的升高会导致绝缘材料的电导增大,也会使介质损耗上升。(2) 空载电流引起的损耗。变压器空载运行时,虽然没有负载电流,但仍存在一定的空载电流。空载电流除了产生铁损外,还会在绕组中产生损耗。这一损耗与铁芯的磁导率有关,磁导率越低,空载电流越大,损耗也越大;绕组匝数的减少会使空载电流增大,进而增加损耗。

2.4 运行工况对损耗的影响

运行工况对变压器损耗有着显著影响。负载率是影响变压器损耗的重要因素之一,当负载率较低时,变压器的固定损耗(铁损)占比较大,随着负载率的增加,可变损耗(铜损)逐渐增大,当负载率达到一定值时,总损耗达到最小。运行温度的升高会使绕组电阻增大,从而增加铜损,同时也会影响绝缘材料的性能,增加介质损耗。电压波动会导致铁芯中的磁通密度发生变化,进而影响铁损的大小,电压过高会使铁损急剧增加,电压过低则会影响变压器的输出功率和效率。通过实际案例分析,可以更直观地了解不同运行工况下变压器损耗的变化规律,为优化运行提供依据。

3 变压器节能方法探讨

3.1 选用节能型变压器

在变压器节能方法的探索中,选用节能型变压器无疑是一条行之有效的路径。(1) 以非晶合金变压器为例,其铁芯采用了非晶合金这一特殊材料。非晶合金具有极高的磁导率,这意味着在磁场作用下,它能够更容易地被磁化,从而在变压器中传递磁能时更加高效。同时,非晶合金的磁滞损耗极低,这意味着在磁化过程中,因材料内部微观结构变化而产生的能量损失大大减少。与传统硅钢片铁芯变压器相比,非晶合金变压器在铁损方面有着显著的优势,能够大幅降低运行过程中的能耗。(2) 另一种值得期待的节能型变压器是立体卷铁芯变压器。这类变压器通过优化铁芯结构,实现了铁芯接缝的减少和磁阻的降低。传统的变压器铁芯通常由多片硅钢片叠加而成,片间存在接缝,这会增加磁阻,导致能量在传递过程中产生额外的损耗。而立体卷铁芯变

压器则通过先进的制造工艺,将铁芯卷绕成一体,大大减少了接缝的数量,从而降低了磁阻,提高了磁能的传递效率;这类变压器在铁损和空载电流方面都有着显著的表现,为节能降耗提供了有力的支持。(3) 在实际应用中,我们应根据具体的负载需求和运行环境,合理选用节能型变压器。不同的负载特性对变压器的要求各不相同,有的负载需要变压器具有较高的过载能力,有的负载则对变压器的稳定性有着严格的要求。同样,运行环境也会对变压器的选择产生影响,如高温、潮湿等恶劣环境就需要变压器具有更好的耐候性能;在选用节能型变压器时,我们应充分考虑这些因素,以确保变压器能够在满足负载需求的同时,实现最佳的节能效果^[3]。

3.2 优化变压器运行方式

(1) 合理选择变压器容量是这一优化策略的关键所在。实际负载的大小和变化规律是选择变压器容量的重要依据,我们必须通过精确的计算和分析,来确定所需的变压器容量。这一过程需要充分考虑负载的峰值、平均值以及波动特性,确保所选的变压器既能满足负载需求,又不会因容量过大而导致“大马拉小车”的浪费现象,或因容量过小而出现“小马拉大车”的过载情况。

(2) 对于拥有多台变压器并列运行的场合,优化变压器的并列运行方式同样至关重要。我们需要根据各台变压器的性能、容量以及负载的分布情况,进行科学合理的负载分配。通过合理分配负载,可以使每台变压器都在其经济运行区间内工作,从而提高整体运行效率,降低能耗;这要求我们对变压器的并列运行进行精细化的管理和调度,确保每台变压器都能发挥其最佳性能。(3) 负载的峰谷变化也是我们优化变压器运行方式时需要考虑的重要因素。在负载高峰时段,我们需要确保有足够的变压器投入运行,以满足负载需求;而在负载低谷时段,则可以适当减少变压器的运行台数,以降低空载损耗和不必要的能耗。这种根据负载变化适时调整变压器运行台数的做法,不仅可以提高电力系统的灵活性,还能有效降低变压器的损耗,提高能源利用效率。(4) 为了实现这一目标,我们需要建立健全的变压器运行管理制度,加强对变压器运行的监测和分析。通过实时监测负载变化、变压器运行状态等关键参数,我们可以及时掌握变压器的运行情况,为优化运行方式提供有力支持;同时还需要加强对变压器运行人员的培训和管理,提高他们的专业技能和运行管理水平,确保优化运行方式的有效实施。

3.3 采用无功补偿技术

在变压器节能方法的深入探讨中,无功补偿技术作

为一项行之有效的手段,日益受到业界的广泛关注。无功功率在电力系统中的不合理流动,往往会导致变压器负载电流的增加,进而引发损耗的增大。这种情况不仅影响了变压器的运行效率,还加剧了电力系统的能耗问题。(1)为了有效解决这一问题,我们可以采用无功补偿技术。其中,并联电容器补偿和静止无功发生器(SVG)补偿是两种较为常见的补偿方式。并联电容器补偿通过并联电容器组来提供所需的无功功率,从而减少对变压器的无功需求,降低负载电流。这种方式具有结构简单、成本低廉、维护方便等优点,在电力系统中得到了广泛应用。(2)而静止无功发生器(SVG)补偿则是一种更为先进的无功补偿技术。它能够根据电网的实时运行情况,动态地调节输出的无功功率,实现无功功率的精确补偿。与并联电容器补偿相比,SVG补偿具有响应速度快、补偿精度高、谐波含量低等优点,能够更好地适应现代电力系统的需求。(3)在实际应用中,我们需要根据负载的无功需求和电网的运行情况,合理选择无功补偿装置的容量和安装位置。首先要对负载的无功需求进行准确测算,确保所选无功补偿装置能够满足实际需求。其次要结合电网的运行情况,选择合适的安装位置,确保无功补偿装置能够充分发挥其作用。(4)还需要注意无功补偿装置的运行维护问题。定期对无功补偿装置进行检查和维护,及时发现并处理潜在故障,确保其始终处于良好运行状态;同时还要加强对无功补偿技术的培训和学习,提高运维人员的专业素质和技能水平^[4]。

3.4 加强变压器的维护与管理

在变压器节能方法的探讨中,加强变压器的维护与管理是一个不可忽视的重要环节;变压器作为电力系统中的关键设备,其运行状态直接影响到整个系统的稳定性和能效。(1)维护工作的内容细致而全面,首先包括对变压器绕组的绝缘状况进行检查。绕组是变压器的核心部件,其绝缘性能的好坏直接关系到变压器的安全运

行;通过定期检查,可以及时发现绕组绝缘的老化、破损等问题,并采取相应的修复措施,防止因绝缘故障引发的损耗和安全事故。(2)铁芯的接地情况也是维护工作的重点之一。铁芯接地不良会导致涡流损耗增加,进而影响变压器的运行效率;在维护过程中,必须对铁芯的接地情况进行仔细检查,确保接地良好,减少不必要的损耗。(3)冷却系统的运行状态也直接关系到变压器的温升和损耗。冷却系统故障会导致变压器温度升高,加速绝缘老化,增加损耗;定期检查冷却系统的运行状态,及时清洗散热片、更换损坏的风扇等,是保持变压器高效运行的重要措施。(4)利用现代监测技术对变压器的运行参数进行实时监测和数据分析也是必不可少的。通过监测变压器的温度、负载电流、电压等关键参数,可以实时掌握变压器的运行状态,及时发现异常并采取相应措施;对监测数据进行深入分析,还可以为调整运行策略、优化变压器运行提供有力支持。

结语

变压器耗能因素众多,通过深入研究,我们提出了一系列节能方法,如选用节能型变压器、优化运行、无功补偿和加强维护等,有效降低了能耗,提高了能源利用效率。然而,随着电力技术的进步和需求增长,变压器节能研究仍需深入。未来,我们将继续探索新型节能技术和材料,优化变压器设计与管理,为电力行业的可持续发展和环境保护贡献力量。

参考文献

- [1]匡华.变压器的耗能因素与节能方法探究[J].中国石油和化工标准与质量,2021,41(3):12-14.
- [2]应晓芸.变压器的耗能因素与节能方法探析[J].电力系统装备,2022(12):92-94.
- [3]毛董.10kV配电网的有载调压变压器节能降损方法研究[J].百科论坛电子杂志,2020(3):875.
- [4]梁忠海.系统节电器在电厂变压器节能中的应用[J].电力安全技术,2023,25(4):66-68.