

电力变压器的继电保护策略分析

刘斌 丛洋铭 李松峰 代蒙

特变电工沈阳变压器集团有限公司, 辽宁 沈阳 110000

[摘要]随着电力系统的不断发展和扩展, 电力变压器的使用范围和数量也在不断增加。变压器故障频发的情况也日益凸显, 给电力系统的安全稳定运行带来了挑战。针对变压器的故障问题, 继电保护技术应运而生。通过对变压器进行全面的监测和保护, 继电保护系统能够及时识别并处理各种故障, 保障电力系统的安全稳定运行。因此, 对于电力变压器继电保护策略的研究和分析具有重要的理论和实践意义。

[关键词]电力变压器; 继电保护; 策略

DOI: 10.33142/ucp.v1i1.12925

中图分类号: TM63

文献标识码: A

Analysis of Relay Protection Strategies for Power Transformers

LIU Bin, CONG Yangming, LI Songfeng, DAI Meng

TBEA Shenyang Transformer Group Co., Ltd., Shenyang, Liaoning, 110000, China

Abstract: With the continuous development and expansion of the power system, the scope and quantity of power transformers are also increasing. The frequent occurrence of transformer faults is also becoming increasingly prominent, posing challenges to the safe and stable operation of the power system. In response to the problem of transformer faults, relay protection technology has emerged. Through comprehensive monitoring and protection of transformers, relay protection systems can timely identify and handle various faults, ensuring the safe and stable operation of the power system. Therefore, research and analysis of relay protection strategies for power transformers have important theoretical and practical significance.

Keywords: power transformers; relay protection; strategies

引言

在现代社会中, 电力系统扮演着至关重要的角色, 为各个领域的发展提供了不可或缺的动力支持。而电力变压器作为电力系统中的核心设备之一, 其稳定运行对于整个电力系统的安全性和可靠性至关重要。由于各种内部和外部因素的影响, 变压器在运行过程中很容易受到各种故障的困扰, 严重影响了电力系统的稳定性和可靠性。因此, 对于变压器进行有效的继电保护显得至关重要。

1 继电保护在电力系统中的重要性

继电保护在电力系统中扮演着至关重要的角色。它类似于系统的守护者, 时刻监测着电力系统的运行状态, 一旦发现异常情况, 立即采取行动以防止潜在的损害或事故。电力系统的稳定运行对于供电可靠性至关重要, 而继电保护则是确保这一稳定性的关键组成部分之一。继电保护的主要任务是及时准确地检测电力系统中的故障和异常情况, 并通过切断故障电路或采取其他措施来保护设备和人员安全。它能够快速响应各种故障类型, 如短路、过载、接地故障等, 从而防止故障扩大, 最大限度地减少停电时间, 提高电力系统的可靠性和稳定性。在电力系统中, 即使是微小的故障或异常情况也可能引发严重的后果, 包括设备损坏、停电甚至事故发生。继电保护的作用就在于通过快速、精准的反应, 将这些潜在的风险降到最低。因此,

无论是电力生产、传输还是配送环节, 都离不开有效的继电保护系统的支持。

2 电力变压器的基本原理和工作特点

2.1 变压器的结构与功能

电力变压器是电力系统中常见的重要设备, 结构简单而功能强大。典型的变压器包括两个或多个相互绝缘的线圈, 它们通过铁芯相互连接而形成。其中, 一个线圈被称为“初级线圈”, 另一个则被称为“次级线圈”, 它们之间通过磁感应相互耦合。变压器的基本原理是利用电磁感应的原理, 将一个交流电信号转换为另一个电压级别的信号, 或者将电压级别从一个电路传递到另一个电路。当在变压器的初级线圈中通入交流电流时, 产生的磁场会通过铁芯传导到次级线圈中, 从而诱导出相应的电流。根据线圈的匝数比, 变压器可以实现电压的升高或降低。变压器的结构设计旨在提供最佳的电磁感应效果, 同时确保线圈之间的电气绝缘和机械支撑。铁芯的材料通常选择具有高磁导率和低损耗的硅钢片, 以最大程度地增强磁场传导和减少能量损耗。变压器的功能主要包括电压变换、功率传递和绝缘隔离。通过调整初级和次级线圈的匝数比, 可以实现不同电压级别之间的转换, 从而满足不同电气设备的需求。同时, 变压器还能够将功率从一个电路传递到另一个电路, 保证了电力系统的有效运行。另外, 变压器的绝缘设计能够有效隔离高电压

和低电压系统，保护设备和人员免受电击和损伤。

2.2 变压器的工作原理

变压器的工作原理基于电磁感应的基本定律，它可以与交流电能从一个电路传输到另一个电路，同时改变电压和电流的大小。变压器内部的两个线圈，即初级线圈和次级线圈，通过铁芯相互连接。当在变压器的初级线圈中施加交流电压时，产生的磁场会沿着铁芯传导到次级线圈中，从而诱导出一个相应的交流电压。这是基于法拉第电磁感应定律的。重要的是变压器的工作是基于变化的磁场，而不是直接的电连接^[1]。关键点在于变压器的匝数比。匝数比定义了初级线圈中的匝数与次级线圈中的匝数之间的比率。根据这个比率可以确定输出电压与输入电压之间的关系。如果次级线圈的匝数比初级线圈的匝数多，那么输出电压将会升高；反之则会降低。这是根据法拉第定律的数学表述。因为变压器的工作原理仅仅依赖于电磁感应，所以它是一个非常有效且可靠的设备。它可以在不改变电能的情况下，仅通过改变电压和电流的大小，实现电能的传输和转换。这使得变压器在电力系统中扮演着至关重要的角色，用于提高电压、降低电压、功率传输以及绝缘隔离等方面。

2.3 变压器的重要参数

变压器的性能与其各种重要参数密切相关，这些参数对于设计、选择和操作变压器都至关重要。首先是额定容量，通常以千伏安（kVA）为单位。额定容量是变压器能够持续工作的最大功率，它决定了变压器的大小和性能范围。其次是额定电压，包括初级侧额定电压和次级侧额定电压。这些电压值指定了变压器设计时所期望的工作电压范围。继而是变比，即变压器的变压比。变比决定了变压器能够实现的电压变换比例，它由初级侧匝数与次级侧匝数的比值决定。另一个重要参数是额定频率，通常为 50 赫兹或 60 赫兹。变压器必须能够适应电力系统的工作频率以确保正常运行。绝缘等级是变压器的另一个关键参数，它决定了变压器的绝缘性能和可靠性，通常以绝缘等级表示。损耗和效率也是重要参数之一，分为铜损耗和铁损耗。铜损耗是由变压器的线圈电阻引起的损耗，而铁损耗是由变压器的铁芯磁化引起的损耗。变压器的总效率是指输入功率和输出功率之比，决定了变压器的能量转换效率。

3 电力变压器的常见故障

3.1 内部故障

电力变压器的内部故障可能是变压器运行中最为严重的问题之一。这些故障通常是由于各种因素引起的，比如绕组故障、绝缘故障、冷却系统故障以及铁芯故障等。绕组是变压器的核心部件之一，但可能因为短路、绝缘老化或外力损伤等原因而出现故障，导致电压不平衡、电流异常增加，甚至可能引发火灾。变压器的绝缘系统是确保其安全可靠运行的关键，但可能由于老化、潮湿、过热等

原因而失效，引发绝缘击穿或绝缘阻抗下降等故障。此外，冷却系统的故障也是常见的问题，如冷却油泄漏、冷却风扇失效或冷却管道堵塞等，可能导致变压器过热，甚至引发火灾。最后，铁芯作为传导磁场的关键部件，也容易受到振动、腐蚀或潮湿等影响而发生损坏，如铁芯变形、铁芯损伤等，这些故障可能会影响变压器的磁导率和性能。

3.2 外部故障

外部故障是指发生在电力变压器周围环境或外部设备上的故障，可能导致变压器受损或运行异常。首先是雷击故障，雷击是一种自然灾害，可能直接击中变压器或其周围的设备，引发变压器的短路或损坏。其次是外部短路故障，这种故障可能是由于电力系统中其他设备或线路的短路引发的，导致变压器过载或损坏。另外，外部设备故障也是常见的问题，比如接地故障、漏电等，这些故障可能通过接地回路影响变压器的正常运行。除此之外，环境因素也可能导致外部故障，比如恶劣的天气条件、高温、潮湿等，这些因素可能会影响变压器的绝缘性能或冷却系统，进而引发故障。

3.3 故障对系统的影响

故障对电力系统的影响可能是多方面的，具体取决于故障的类型、规模和持续时间。首先是电力供应的中断，如果故障导致变压器停止运行或输出受到限制，那么与该变压器相关的电力供应将中断，可能影响到与之相连的用户或其他设备。其次是电力系统的稳定性受到影响，电力系统中的变压器扮演着关键的角色，通过调节电压和功率流向来维持系统的稳定运行。如果变压器发生故障，可能导致电力系统的电压不稳定或频率偏离标准值，进而影响到系统的整体稳定性。另外，故障可能引发安全隐患。特别是在发生火灾或爆炸等严重故障时，可能对周围环境和人员造成严重的危害，甚至导致人员伤亡或财产损失。此外，故障还可能对电力系统的可靠性和效率造成影响。长期或频繁发生故障可能导致设备的损坏或老化，进而影响到系统的可靠性和长期运行成本。

4 电力变压器继电保护策略分析

4.1 过流保护

过流保护是电力变压器继电保护系统中的重要组成部分，主要功能是在变压器内部或外部发生电流异常时，及时采取措施以防止设备受损或避免事故发生。过流保护可以根据变压器的额定容量和设计要求，设置不同的保护动作参数，如过流电流值和动作时间。当变压器内部或外部出现电流异常，例如短路故障或过载情况时，过流保护装置会检测到电流超过预设值的情况，并在设定的时间内进行动作。过流保护通常分为两种类型：定时动作和电流定值动作。定时动作是根据设定的时间延迟来触发动作，而电流定值动作则是根据设定的电流阈值来触发动作。这两种类型的过流保护可以根据变压器的特性和运行情况

进行灵活配置和组合,以实现更可靠的保护。在实际应用中,过流保护通常与其他保护装置配合使用,如差动保护、接地保护等,以提高整个继电保护系统的可靠性和响应速度。通过综合利用各种保护装置,可以有效地保护变压器免受各种故障的影响,确保电力系统的安全稳定运行。

4.2 过压保护

过压保护在电力变压器继电保护策略中扮演着至关重要的角色,主要功能是监测和保护变压器免受电压异常或过电压的影响,以确保变压器及其周围设备的安全运行。过压保护系统通常设置在变压器的主要输入和输出电路上,监测电压值是否超出预设的安全范围^[2]。一旦检测到电压异常,过压保护系统会立即采取措施,例如切断电路或发出警报,以防止设备受损或事故发生。过压保护的设计通常包括两种主要类型:瞬时过压保护和持续过压保护。瞬时过压保护主要用于检测短暂的电压波动或突发的过电压情况,它能够快速响应并采取保护措施以保护变压器。而持续过压保护则更侧重于长时间内电压超过安全范围的情况,它可以根据设定的时间和电压阈值来触发动作,以确保变压器长时间内不受过电压的影响。除了直接监测电压值外,过压保护系统还可以结合其他参数,如频率、相序等,以提高保护的准确性和可靠性。这样的综合保护策略可以更全面地保护变压器免受电力系统中各种异常情况的影响。

4.3 温度保护

温度保护在电力变压器继电保护中具有关键作用,主要目标是监测变压器的温度,以防止设备过热并保护其安全运行。温度保护系统通常通过安装温度传感器来实现对变压器各部件的温度监测。这些传感器通常布置在变压器的关键部位,如绕组、冷却系统等,以确保对变压器全面的监测。当变压器内部或外部温度超出设定的安全范围时,温度保护系统会触发保护动作,例如发出警报、切断电源或采取其他措施以降低温度。这样可以有效地防止变压器由于过热而损坏,同时保障设备和人员的安全。温度保护系统通常还与其他保护装置相结合,如过流保护、过压保护等,以提高整个继电保护系统的可靠性和响应速度。通过综合利用各种保护装置,可以更好地保护变压器免受各种故障和异常情况的影响,确保电力系统的安全稳定运行。

4.4 差动保护

差动保护是电力变压器继电保护系统中的一项重要技术,主要功能是监测变压器内部电流的差异,以快速准确地检测并定位任何可能的故障。差动保护系统通过将变压器的所有输入和输出导线串联起来,形成一个回路,并在回路两端分别安装电流互感器。当变压器内部发生故障时(如绕组短路或接地故障),会导致回路中的电流发生

不对称,这时差动保护系统会立即检测到电流差异,并触发保护动作。差动保护系统的动作速度非常快,通常可以在几毫秒内检测到故障并切断电路,以防止故障扩大。这种快速响应的特性使得差动保护系统成为电力变压器继电保护中最为可靠和有效的一种保护技术之一。除了检测内部故障外,差动保护系统还可以检测电力系统中其他部分的故障,如线路短路或接地故障,从而提高了整个电力系统的安全性和可靠性。

4.5 其他保护策略

除了过流保护、过压保护、温度保护和差动保护外,电力变压器继电保护系统还可以采用其他一些保护策略来进一步提高变压器的安全性和可靠性。其中之一是接地保护^[3]。接地保护系统用于检测变压器的接地状态,当变压器出现接地故障时,会立即触发保护动作,以防止接地故障对变压器和电力系统造成严重损坏。另一个常用的保护策略是欠电压保护。欠电压保护系统用于监测变压器的输入电压,当输入电压降至安全范围以下时,会触发保护动作,以防止变压器过载或损坏。此外,频率保护也是一种常见的保护策略。频率保护系统用于监测电力系统的频率,当电力系统的频率超出安全范围时,会触发保护动作,以防止变压器和其他设备受到损坏。还有一些其他的保护策略,如电流不平衡保护、相序保护等,都可以根据电力系统的具体情况和要求进行配置和应用。

5 结语

继电保护在电力变压器系统中扮演着至关重要的角色。它不仅能够及时识别和响应各种内部和外部故障,保护变压器及周边设备的安全运行,同时也是确保电力系统稳定运行的关键一环。通过综合运用过流保护、过压保护、温度保护、差动保护以及其他保护策略,我们可以有效地提高变压器的安全性、可靠性和稳定性,确保电力供应的持续性和稳定性。因此,不断改进和完善继电保护技术,加强对电力系统的监测和管理,对于保障电力供应的安全、稳定和可靠具有重要意义。

[参考文献]

- [1]王忠权,彭宇南. 电力变压器的继电保护策略分析[J]. 模具制造, 2023, 23(9): 220-222.
 - [2]杨宁. 电力变压器的继电保护策略分析[J]. 集成电路应用, 2023, 40(4): 234-235.
 - [3]滑祥. 配电变压器的继电保护整定实践[J]. 电气时代, 2022(11): 43-46.
- 作者简介: 刘斌(1987.3—),男,毕业院校:沈阳工业大学,所学专业:电气工程及其自动化,当前就职单位:特变电工沈阳变压器集团有限公司,职务:设计师,职称级别:工程师。