

330kV 变压器不拆引线的试验方法研究

●王 拯



[摘要] 在电力系统中,变压器是电力传输的核心设备,承担着电力系统稳定运行的重要作用。但是,变压器在运行的过程中,常常会由于各种原因,导致引线接头出现损坏或者老化,影响其整体运行。同时,直接拆卸变压器的引线还会产生很高的风险和困难。在这一背景下,不拆引线的试验方法应运而生,这种方式既可以有效降低引线接头的故障率,又可以提高变压器的可靠性和稳定性。基于此,本研究致力探索 330kV 变压器不拆引线的试验方法,并分析变压器引线拆卸中存在的问题,深入阐述不拆引线试验方法的技术原理,以期为电力系统中 330kV 变压器的维修和检修提供一种新的思路和方法。

[关键词] 330kV 变压器;不拆引线;试验方法

3 30kV 变压器是电力系统中最为重要的电力设备,常用于将高电压输电线路的电转换为适合输送和分配的低电压电能,在这一过程中,引线起着连接变压器主体和外部电力系统的重要作用。然而,由于变压器引线的复杂结构和高电压环境,拆卸和重新安装容易导致设备故障和生产重点。因此,研究 330kV 变压器不拆引线的试验方法具有重要的理论和实践意义。

Q 变压器引线拆卸的问题

变压器引线拆卸的实质就是将引线与变压器本体进行分离的过程,以满足变压器维护或者更换工作条件。但是在拆卸过程中,存在以下问题需要注意。

其一,在进行 330kV 变压器引线拆卸时,由于电压等级高,而且变压器体积相对来说体积庞大,一次设备连接线径比较大,拆除引线需要大型起重机械和高空作业车配合,工作场面较大,因此,存在较多不安全因素。比如,在操作过程中,需要使用大型起重机械进行引线的拆卸,这涉及起重机械的操作和运行,需要确保起重机械的稳定性和安全性,否则很容易出现意外事故。同时,由于变压器的高度较高,通常需要使用高空作业车进行操作,高空作业本身就存在高处坠落和操作不稳定的风险,难以保障操作人员的安全。除了设施问题之外,在拆除引线的过程中还存在着一些不安全因素。比如,在拆除引线时会有一些电弧或者电火花产生,也会有一些短路情况,不但容易引发火灾和爆炸,而且还易出现设备损坏或电击事故。

其二,拆除和恢复主变三侧高压引线是一个非常耗时且

复杂的过程,因为这个步骤通常会占据试验时间的 2/3,而且需要经过多次拆卸和恢复引线的过程。这不仅增加了试验的时间成本,还增加了试验人员的劳动强度和高空作业的风险。同时,引线通常连接在主变高压侧,拆除引线需要先切断电力供应,然后进行拆卸工作。这一过程通常需要多人协同作业,确保引线拆卸的安全和有效性。随后,在试验完成后,还需要将引线恢复连接,这同样需要多个步骤的操作,增加了试验的复杂度,耗时较长。

Q 变压器不拆引线试验方法的技术原理

(一)非接触式检测技术

非接触式检测技术是变压器不拆引线试验方法的核心技术原理。非接触式检测技术指对变压器引线以及连接部分的电气参数进行测试,以此实现对变压器性能和运行状态的评估。非接触式检测技术主要特点在于不需要拆卸变压器引线,具有一定的时效性。非接触式检测技术主要包括两方面检测,一方面,是对引线电阻、绝缘电阻、介损因数以及泄漏电流等电气参数进行测试;另一方面,是指利用热像检测对引线连接部分温度分布进行检测。变压器一旦出现问题,就会出现接触不良,然后温度会呈现一定的变化趋势。

(二)电磁感应法

电磁感应法主要是通过变压器引线外壳周围的磁场来检测设备引线的电气性能方法。电磁感应法的核心原理在于利用电磁来感应变压器引线的电气参数,如电阻相关参数、绝缘电阻相关参数等,从而准确评估引线的连接状态和性

能。相比于非接触式检测技术来说,其主要优势在于无需让变压器等相关设备停止运作就可以进行测试,也无需拆卸设备,在最大程度上提高了检测的便捷性和效率。这样一来,既可以减少设备的停机时间,又可以减轻工作人员的工作负担。电磁感应法在具体实验过程中主要依托于传感器或探测器装置,将其放置于引线周围,就可以实现对引线周围磁场的感应和检测,然后根据装置对磁场信号进行采集和分析,就可以得出引线的电气参数,以评估引线的连接状态和性能。

(三)测量和分析

测量和分析具体是指对变压器输入和输出参数进行全面、综合的测量和分析,用以评估变压器的电气性能和工作状态,从而实现不拆引线进行实验。具体来说,测量和分析主要包括四个步骤:第一,是变压器参数策略,主要指采用专业的测量仪器对变压器的各项数据进行测量,包括电压、电流以及功率等参数数据,这些参数数据的变化能够体现变压器的电能转换效率和负载情况;第二,是电气性能评估,在基于测量数据的基础上评估变压器的电气性能。比如,通过电压来观察其电压降、通过电流数据来评估其电流负载能力等。数据能够说明和反映此时变压器的工作状态和电能转换效率;第三,是在不拆引线的情况下,只通过对输入和输出参数的测量和分析,就可以检测变压器是否存在问题、是否出现故障。比如,测量电压数据并经过分析之后判断是否存在电压偏移等情况;第四,是指将以上信息全部归纳、梳理为评估结果,从而对变压器是否正常工作以及是否需要进行维护和修理进行总结,以替代变压器拆引线所能完成的工作。

Q 330kV 变压器不拆引线试验测试方法

本次的试验方法以酒钢 330 变电所某台主变作为试验和测试对象,设备型号为 OSFPSZ-240000/330,额定电压为 $345 \times (1 \pm 8 \times 1.25\%) / 121\text{kV} / 35\text{kV}$,额定容量为 240MVA/240MVA/72MVA,接线组别为 YNaOd11 的油式变压器,高、中压线圈是自耦式连接,35kV 是独立线圈。同时,为了准确反映变压器的绝缘电阻状况,已经将 35kV 侧变压器出口引线结构,同时将 330kV 侧、110kV 侧的接地刀闸合上,以充分满足不拆引线试验测试条件,具体如图 1 所示。

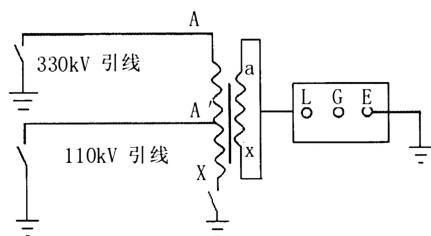


图 1 低压对高、中压及地试验接线

(一)绝缘电阻和吸收比、极化指数的测试

绝缘电阻是指绝缘材料对电流的阻抗,它反映了绝缘材料的绝缘性能,对于保证变压器的正常工作和延长设备寿命非常重要。而吸收比和极化指数则是指绝缘材料在电场作用下吸收能量的能力以及在电场作用下极化的速率和程度。将二者进行精准测试和测量,不但可以判断绝缘材料的运行工况,还可以判断绝缘材料是否存在极化性能不良的问题,从根本上保证绝缘材料的绝缘性能和变压器的安全性。在进行绝缘电阻吸收比、极化指数的测试时,核心步骤主要分为两部分:其一,需要将 330kV 侧与 110kV 侧的接地刀闸拉开,这样做的主要目的是为切断变压器与地的连接,使变压器处于绝对的绝缘状态,避免电流流向地面,影响测试结果的准确性,最大程度地消除地面电流的影响;其二,需要解开中性点的接地母线。正常情况下,在变压器中,中性点是通过接地母线与地面进行连接的,一旦中性点接地,将会直接导致测试仪器施加的电压无法通过中性点流向地面,从而影响测试结果的准确性。因此,解开中性点的接地引线可以消除中性点的接地,让测试仪器施加的电压能够流向地面,以提高测试的准确性。需要注意的是,接地处理要按照操作规程,保证操作安全。同时,要校准测试仪器,保证测试结果的准确性和可靠性。

本次实验采用了数字兆欧表 MODEL3124,它能够快速、准确地测量变压器的绝缘电阻和吸收比。同时,对于不拆引线的试验方法,也能够有效地保护变压器的引线和绝缘材料,保障测试的准确性。并与 2021 年拆引线数值进行比对发现,在不拆引线的状态下,变压器高中压对地的绝缘电阻、吸收比均符合良好变压器的细说比规律,且细说比 K 均在 1.3 以上,而 35kV 是独立线圈,没有连线的影响,测量低压对高中压及地的绝缘电阻和吸收比可以说明变压器的内部绝缘情况。采用 MODEL3124 可调高压数字兆欧表对变压器进行绝缘电阻和吸收比的测量结果。除此之外,其所具备的优势还体现在以下几方面:一是符合良好的变压器吸收比规律;二是表明变压器的内部绝缘状况良好,绝缘材料具有优良的绝缘性能和吸收性能;三是说明变压器的绝缘材料和工艺具有较高的质量和可靠性,能够满足变压器的工作要求和安全要求。综合来看,不拆引线的试验方法能够有效地保护变压器的引线和绝缘材料,反映出变压器的内部绝缘情况。

(二)反接法试验

反接法实验主要是指在不拆引线的条件下进行主变压器 $\tan\delta$ 与电容量试验。相比于传统拆除引线的方法来说,反接法会将主管套管至刀闸这一段导线联通上面的设备接入试验回路,从而直接导致其电容量增大。除此之外,本次测试对象选择了酒钢变 330 某主变作为本次测试的主体对象,

同时将测试目标定义为挖掘拆除引线和 not 拆除引线情况下的 $\tan\delta$ 和电容量数值。

在进行反接法试验时，首先，需要断开主变压器三侧刀闸和相应的接地刀闸。这样做的主要目的是为切断主变压器与电网的连接，使其处于绝缘状态，确保试验的安全性和准确性。同时，通过试验回路将主变套管至刀闸这一段导线联通上面的设备接入，以进行试验；其次，在进行试验的过程中，需要测量主变压器的 $\tan\delta$ 和电容量，用以评估主变压器的绝缘性能和电容器状态；最后，将拆除引线与不拆引线的试验结果进行对比，评估不拆引线试验方法对主变压器 $\tan\delta$ 和电容量的影响。如果测得电容量在不拆引线的情况下明显增大，则说明主变套管至刀闸这一段导线的加入对试验结果产生了一定影响。

表 1 $\tan\delta$ 与电容量试验结果

加压侧	短路接地侧	$\tan\delta$ 试验数据/%		电容量试验数据/nF		
		拆除引线	不拆引线	拆除引线	不拆引线	绝对互差
高	中、低	0.234	0.152	15.99	20.49	4.50
中	高、低	0.216	0.199	24.06	26.63	2.57
低	高、中	0.238	0.226	34.73	34.72	-0.01
高、中	低	0.237	0.171	21.24	28.28	7.04
高、低	中	0.241	0.204	50.57	55.03	4.46
中、低	高	0.234	0.213	35.11	37.67	2.56

通过表 1 的数据进行分析可以得出以下结论：第一，与拆除引线试验相比，不拆引线的 $\tan\delta$ 值都有一定程度的降低，究其根本原因在于，在拆除引线试验中，主变压器的高、中压侧引线被拆除，导致电场分布发生变化，从而影响了 $\tan\delta$ 值的测量结果。而在不拆引线试验中，主变压器的高、中压侧引线未被拆除，电场分布相对稳定，这也就导致 $\tan\delta$ 值的测量结果相对稳定；第二，在不拆引线试验中，主变压器的电容量变化比较明显，其主要原因在于，不拆引线试验中，主变压器的高、中压侧引线未被拆除，导致电场分布相对稳定，从而使得电容量的测量结果更加准确。同时，由于低压侧引线是被拆除的，其电容贡献降低，也导致了电容量的整体增大。由此可知，测量主变压器 $\tan\delta$ 和电容量可以采用不拆引线的方式来代替拆除引线的方式。同时，不拆引线的方式可以有效减少操作人员的工作强度和实践成本，无需进行停电和停运处理，更不需要依靠大量的人力和实践进行操作，提高了工作效率。此外，此举也可以在最大程度上减少对变压器的影响和风险，让变压器始终保持在原始连接状态。这既不会对变压器的运行造成影响，又不会增加变压器的运行风险。因此，不拆引线的方式是一种便捷、高效和有效的测量方法，值得在实际工程中推广和应用。

本次试验仪器将选用目前测试高压电气设备 $\tan\delta$ 、ZPJS-6E 介损测试仪，其具有良好的准确性和稳定性，提供可靠的测试结果。该实验仪器可以有效屏蔽变电站的多种干扰信号，确保整体试验数据的精准度。同时，在对 CVT 设备进行不拆引线试验时，该仪器可以有效消除外部干扰信号的影响，最大程度地提高测试的精度。因此，ZPJS-6E 介损测试仪是一种可靠的选择，可以完成整体的试验测试工作。

另外，在现场试验中发现，传统的测量方法将无法准确评估低压侧引线的电容量及具体情况。如果拆除主变压器中的高、中压侧引线，则难度较大。因此，为了开展不拆引线试验，主要针对主变压器高、中压侧进行测量。

Q 结束语

综上所述，通过绝缘电阻表吸收比、极化指数的测试以及反接法试验可以知，330kV 变压器不拆引线具有较高的使用价值。这种方式既可以减少工作人员的工作量、减小工作人员的劳动强度，还可以提高工作人员的工作效率，并创造较为可观的经济效益。因此，这种试验方法应在实际应用中更广泛推广和应用，从而为电力行业的发展和设备的安全运行提供更加可靠的技术支持。

参考文献

- [1]吕刚,孙勇,卢世才,等.基于 VMD 算法的 500kV 换流变压器套管引线检测技术[J].自动化技术与应用,2023,42(04):71-73,91.
- [2]祝洪波.电力变压器引线结构的改进设计[J].集成电路应用,2023,40(10):164-165.
- [3]殷连开,刘文秋,赵伟娟,等.220kV 电力变压器引线绝缘分析及优化[J].机电工程技术,2022,51(01):226-229.

作者简介:

王拯(1988—),男,汉族,甘肃张掖人,本科,助理工程师,嘉峪关宏晟电热有限责任公司,研究方向:电力设备高压试验。