

一起10 kV高效节能配电变压器渗漏油分析

郝钰,钟逸铭,潘建兵,邓志祥

(国网江西省电力有限公司电力科学研究院,江西 南昌 330096)

摘要:江西公司响应节能减排号召,加大高效节能变压器推广力度,在开展入网抽检时发现,一台10 kV高效节能配电变压器在温升试验及短时过负载能力试验中发生渗漏油,同厂家同批次其他两台变压器也有类似问题。通过对抽检试验数据、型式试验报告比对分析,判断渗漏油的原因包括注油过满、散热片尺寸设计偏小、压力释放阀密封圈不紧密等。最后提出相应建议,以保障变压器设备质量与电网安全运行。

关键词:高效节能变压器;入网抽检;渗漏油;散热片;压力释放阀

中图分类号:TM 421 **文献标志码:**B **文章编号:**1006-348X(2025)04-0015-04

0 引言

据统计,变压器损耗约占输配电电力损耗的40%,具有较大节能潜力^[1]。2020年12月,工业和信息化部办公厅、市场监管总局办公厅、国家能源局综合司联合印发《变压器能效提升计划(2021—2023年)》,为变压器能效提升提供政策指引^[2]。新能效标准《电力变压器能效限定值及能效等级》(GB 20052—2024)于2025年2月实施,在原能效标准基础上,对1、2级能效变压器(即高效节能变压器)的空载损耗和负载损耗指标提出更高要求,同时扩大标准适用范围,推进绿色低碳发展^[3-4]。

2021年以来,国网江西省电力有限公司(以下简称江西公司)积极响应国家节能减排号召,加大高效节能变压器推广力度。为提升入网设备质量、保障电网安全运行,根据工作部署,组织开展专项抽检,对“检储配”基地新到货的高效节能配电变压器逐台开展空、负载损耗试验等C类项目全检,在相同供应商同批次变压器中抽取1台开展温升试验等B类项目的抽检,确保高效节能变压器合格入网。

1 事件经过

2024年,对某台高效节能配电变压器开展温升试验等B类项目抽检,将该台变压器命名为1号变压器,其外观如图1所示。绕组电阻测量、空载损耗和空载电流测量、短路阻抗和负载损耗测量等试验项目合格,在开

展温升试验时,施加总损耗8个小时后,压力释放阀处出现渗漏油,因渗油量不大,继续施加额定电流完成温升试验。由于温升试验标准只对顶层油温升、高低压绕组温升限值进行判定,该变压器温升试验结果满足标准要求,故温升试验合格。考虑实际配变极有可能出现过载运行工况,在温升试验结束后,开展短时过负载能力试验,压力释放阀处出现大面积渗漏油,依据标准《油浸式电力变压器技术参数和要求》(GB/T 6451—2023) 4.3.7条款,判定该台变压器试验不合格^[5]。



图1 高效节能配电变压器外观

考虑到可能存在批次性问题,对相同供应商同批次的2台高效节能配电变压器扩大抽检试验项目,开展短时过负载能力试验,在温升试验施加总损耗阶段均出现渗漏油现象,试验不合格。

2 抽检试验情况

为进一步分析渗漏油原因,开展相关电气试验。

收稿日期:2025-01-02

作者简介:郝钰(1992),女,硕士,工程师,研究方向为配网设备状态评价。

故障分析 FAULT ANALYSIS

对两批次送检、相同供应商的3台高效节能变压器进行抽检试验,其基本信息如表1所示。依次命名为1号、2号、3号变压器,型号为S20-M-100/10,2级能效,容量为100 kVA。

表1 抽检变压器基本信息

编号	型号	容量(kVA)	能效等级	抽检项目	送检批次
1号	S20-M-100/10	100	2	B类	第一批
2号	S20-M-100/10	100	2	B类	第二批
3号	S20-M-100/10	100	2	C类	第二批

2.1 空载损耗和空载电流测量

依据标准《电力变压器 第1部分:总则》(GB/T 1094.1—2013)、《油浸式电力变压器技术参数和要求》(GB/T 6451—2023)、《电力变压器能效限定值及能效等级》(GB 20052—2020)开展试验^[5-7],试验数据及标准值如表2所示,1号、2号、3号变压器试验结果符合标准要求。

表2 空载损耗和空载电流测量试验数据

编号	空载损耗(kW)	空载损耗标准值(kW)	空载电流(%)	空载电流标准值(%)
1号	0.1260	≤0.135	1.046	≤1.1(1+30%)
2号	0.1269	≤0.135	1.053	≤1.1(1+30%)
3号	0.1261	≤0.135	1.063	≤1.1(1+30%)

2.2 短路阻抗和负载损耗测量

依据标准《电力变压器 第1部分:总则》(GB/T 1094.1—2013)、《油浸式电力变压器技术参数和要求》(GB/T 6451—2023)、《电力变压器能效限定值及能效等级》(GB 20052—2020)开展试验^[5-7],试验数据及标准值如表3所示,1号、2号、3号变压器试验结果符合标准要求。

表3 短路阻抗和负载损耗测量试验数据

编号	负载损耗(kW)	负载损耗标准值(kW)	短路阻抗(%)	短路阻抗标准值(%)
1号	1.2563	≤1.265	4.0983	4.0(1±10%)
2号	1.2507	≤1.265	4.0111	4.0(1±10%)
3号	1.2143	≤1.265	4.0009	4.0(1±10%)

2.3 温升试验

依据标准《电力变压器 第2部分:液浸式变压器的温升》(GB/T 1094.2—2013)开展试验^[8],试验数据及标准值如表4所示,1号、2号变压器试验结果符合标准要求。其中,1号变压器在温升试验总损耗阶段8小时后出现渗漏油现象,标准中只对温升数据进行判定,因此,1号变压器温升试验合格。

表4 温升试验数据

编号	顶层油温升	顶层油温升标准值	绕组温升		绕组温升标准值
			高压	低压	
1号	41.78	≤60	54.32	57.7	≤65
2号	43.64	≤60	56.01	58.63	≤65

2.4 短时过负载能力试验

由于第一批次送检的1号变压器温升试验出现渗

漏油现象,依据标准《油浸式电力变压器技术参数和要求》(GB/T 6451-2023)4.3.7条款,对该变压器开展短时过负载能力试验,试验结果如表5所示。标准要求最高油位下完成温升后施加1.5倍额定电流,持续运行2小时不出现渗漏油^[5]。1号变压器在第一次温升试验时已经发生渗漏油,1.5倍过载状态下0.5小时再次渗漏油,判定1号变压器试验结果不合格,1号及同批次2台变压器试验结果类似。对该供应商第二批送检的同型号2号、3号变压器开展短时过负载能力试验,1.5小时均出现渗漏油。因此,判定1号、2号、3号变压器试验结果均不合格。

表5 短时过负载能力试验情况

编号	送检批次	出现漏油时间
1号	第一批	0.5
2号	第二批	1.5
3号	第二批	1.5

3 原因分析

基于抽检试验结果,对1号、2号、3号变压器渗漏油情况进行分析,可能的原因如下:

1) 油箱注油过满。1号及同批次变压器第一次出现渗漏油是在温升试验阶段,而2号、3号变压器在短时过负载能力试验运行1.5小时左右开始渗漏油,1号及同批次变压器开始渗漏油的时间早于2号、3号变压器,可能是变压器注油量不同导致。试验后,对3台变压器进行称重,总质量见表6。1号变压器重量略重于2号、3号变压器。考虑到开始渗漏油时间和漏油量,可以推测两个批次变压器注油量不同,第一批次变压器注油量多于第二批次变压器,所以开始渗漏油时间更早。

表6 变压器质量测量数据

编号	变压器重量
1号	704
2号	701
3号	702

2) 油箱散热片尺寸设计偏小。配电变压器大部分采用的都是波纹油箱,波纹散热翅片可以增加散热面,满足变压器散热的要求^[9-10]。波纹油箱需要具备一定的机械强度,并拥有高温时发生膨胀不产生永久变形的能力,波纹散热翅片还要能满足油体积随温度的变化引起的增减变化,且油箱不受破坏。因此,散热片的尺寸设计至关重要。

对不同供应商的高效节能变压器测量散热片尺寸,测量结果见表7。

表7 变压器散热片尺寸测量数据

供应商	高度(mm)	长度(mm)	间隔(mm)	单片厚度(mm)	数量(片)	几何面积(m ²)
1号、2号、3号变压器	400	120	80	11	20	1.92
A	400	200	50	12	24	3.84
B	400	150	60	9.6	24	2.88
C	400	200	40	12	24	3.84

对比试验合格的3家供应商(分别命名为供应商A、B、C),发现1号、2号、3号变压器散热片数量少4片,每片散热片的长度短20%~40%,散热片几何面积偏小,比供应商A、B、C小33%~50%,导致膨胀裕度偏小,造成温度升高时,变压器油体积膨胀,出现渗漏油现象。

3)压力释放阀密封圈不紧密。油浸式配电变压器一般采用管式油位计(含压力释放阀),当变压器发生故障时,油箱内部压力达到一定值,压力通过压力释放阀释放,起到保护油箱的作用^[11]。3台变压器均是在压力释放阀处渗漏油,如图2所示,可能是压力释放阀密封圈不紧密导致。密封圈不紧密的原因可能有两种,一是变压器油位计常用密封件材料为丙烯酸酯橡胶,在湿热环境中容易因老化而性能下降,或是密封圈本身质量不佳,耐油或耐老化性能不合格;二是密封圈装配不当,安装时过松或过紧都可能导致渗漏油^[12-15]。将压力释放阀密封圈拆下后查看,发现1号变压器密封圈存在局部破损,推测是装配时受到挤压造成破损导致渗漏油;2号、3号变压器密封圈无明显异常,故密封圈不紧密不是造成批次性渗漏油的主要原因。



图2 高效节能变压器压力释放阀处渗漏油

4 型式试验报告对比

按照流程解析出供应商后,与国家电器产品质量监督检验中心出具的2级能效变压器S20-M-100/10-NX2的型式试验报告进行对比,结果如下。

1) 铭牌数据

与型式试验报告中变压器的重量数据对比,发现器身吊重、油重、总重均不相同,数据见表8。1号变压器的器身重29%、油重轻4%、总重量重6%,说明器身设计发生明显变化。试验后,1号变压器总重量减轻21 kg,渗漏油是重量减轻的原因之一,但预计漏油量不超过5 kg。

表8 铭牌重量数据对比

变压器	器身吊重	油重	总重
型式试验报告变压器铭牌	365	120	687
1号变压器铭牌	470	115	725
1号变压器测量数据	/	/	704

2) 外观尺寸

与型式试验报告中变压器外观尺寸进行对比,外观如图3所示。根据报告中的外观照片估计油箱尺寸(见表9),发现油箱尺寸、散热片位置、数量和尺寸均不一致,3台送检变压器两侧无散热片,散热片数量比型式试验报告中的变压器少24片。

表9 外观尺寸对比

变压器	油箱尺寸(cm)			侧面有无散热片	数量(片)
	长	宽	高		
型式试验报告	60	50	45	有	44
1号、2号、3号变压器	81	43	58	无	20



(a) 型式试验报告中的变压器外观,两侧有散热片



(b) 1号变压器外观,两侧无散热片

图3 变压器外观对比

3) 空载损耗、负载损耗

与型式试验报告中变压器的空载损耗、负载损耗试验结果对比(见表10),发现送检的3台变压器空载损耗和负载损耗都更大,最大偏差空载损耗大4%,负载损耗大11%。

表10 空载损耗、负载损耗结果对比

变压器	空载损耗	空载损耗标准值	负载损耗	负载损耗标准值
型式试验报告	0.1216	≤0.135	1.1312	≤1.265
1号	0.1260	≤0.135	1.2563	≤1.265
2号	0.1269	≤0.135	1.2507	≤1.265
3号	0.1261	≤0.135	1.2143	≤1.265

4) 温升试验

与型式试验报告中变压器的温升试验结果对比(见表11),2号、3号变压器进行温升试验时的环境温度低10℃以上,顶层油温升高1.3 K,绕组温升高3.5~5 K。

表11 温升试验结果对比

变压器	环境温度(°C)	顶层油温升(K)	顶层油温升绕组温升(K)		
			标准值(K)	高压	低压
型式试验报告	29.6	43.1	≤60	50.8	52.9
1号	17.5	41.78	≤60	54.32	57.7
2号	7.7	43.64	≤60	56.01	58.63

综上,送检的1号、2号、3号变压器相比型式试验报告中的变压器,在油箱、散热片、器身等方面设计发生了变更,其他试验数据基本一致。

5 结语

5.1 结论

根据抽检试验结果及型式试验报告对比结果,该厂家两个批次高效节能配变在温升试验或短时过负载试验阶段在压力密封阀处出现渗漏油,分析渗漏油原因为:

1) 生产工艺把控不严,变压器油箱注油过量。该厂家第一批次变压器开始渗漏油的时间早于第二批次变压器,是由于第一批次变压器注油量多于第二批次变压器导致。当注油过量时,重过载工况下变压器油温升高、油体膨胀,易出现渗漏油问题。

2) 产品设计存在缺陷,到货变压器与型式试验变压器样机器身设计不一致,到货变压器两侧散热片缺失。3台渗漏油变压器相比其他厂家同容量变压器,散热片数量偏少、尺寸偏小,散热片几何面积小33%~50%。当变压器内部温度升高时,油体发生膨胀导致空间不足,引发渗漏油。

3) 组部件质量管控不到位,压力释放阀密封圈不紧密。1台变压器密封圈存在局部破损,推测是装配时受到挤压造成破损导致渗漏油,暴露出厂家对变压器组部件入厂检查和质量管控不严格。

5.2 建议

本次渗漏油为该厂家的批次性产品质量问题,为避免类似问题的发生,提出以下建议:

1) 建议加强对该厂家生产制造关键环节的监督检查,特别是注油环节应重点监督,确保注油量严格控制在设计标准范围内,防止因注油过量而引发渗漏油问题。

2) 建议加大对该厂家后续供应批次变压器到货验收的抽检力度,加大抽检比例,同时在开展常规检测项目的基础上,适当增加短时过负载能力试验等专项检测,严把设备入网关。

3) 建议厂家优化变压器散热结构设计,增加散热片长度和数量,或改进油箱两侧散热片布局,提升散热效率和热膨胀冗余空间,以应对极端工况下的油体膨胀。

4) 建议厂家加强关键原材料及组部件,特别是油位计的入厂检查和质量管控,加强制造过程的质检监察和出厂试验,杜绝问题设备出厂。

参考文献:

- [1] 都兴双,李洪春,苏晓龙.浅析新能效电力变压器的推广对实现碳达峰、碳中和的意义[J].变压器,2022,59(02):1-5.
- [2] 纪亮.三部门印发《变压器能效提升计划(2021-2023年)》[J].中国计量,2021(02):11.
- [3] 国家市场监督管理总局.电力变压器能效限定值及能效等级:GB 20052—2024[S].北京:中国标准出版社,2024.
- [4] 杨庆福,张晓同,潘明.浅谈新能效标准的配电变压器设计及经济性分析[J].变压器,2021,58(09):48-50,55.
- [5] 国家市场监督管理总局.油浸式电力变压器技术参数和要求GB/T 6451—2023[S].北京:中国标准出版社,2023.
- [6] 国家质量监督检验检疫总局.电力变压器第1部分:总则:GB/T 1094.1—2013[S].北京:中国标准出版社,2013.
- [7] 国家市场监督管理总局.电力变压器能效限定值及能效等级:GB 20052—2020[S].北京:中国标准出版社,2020.
- [8] 国家质量监督检验检疫总局.电力变压器第2部分:液浸式变压器的温升:GB/T 1094.2—2013[S].北京:中国标准出版社,2013.
- [9] 高浩,潘明,顾小虎,等.基于温度场仿真的10 kV油浸式变压器波纹油箱结构优化分析[J].变压器,2022,59(09):30-35.
- [10] 郝钰,石华林,范瑞祥,等.基于动态热路模型的配电变压器过载工况下温升研究[J].变压器,2020,57(12):22-26.
- [11] 变压器技术问答(15)[J].变压器,2008(03):35-41,51.
- [12] 杨智强,徐鹏.变压器渗漏油原因及防治措施[J].江西电力,2009,33(03):42-43.
- [13] 变压器技术问答(17)[J].变压器,2008(05):71-76.
- [14] 耿东勇.一起油浸式电力变压器套管渗漏油故障原因分析及防范措施[J].电气开关,2020,58(01):86-89,93.
- [15] 陈军.油浸式变压器油箱渗漏油的产生及防治措施分析[J].中国设备工程,2018(17):70-71.