

电桥型绝缘油介质损耗测试仪的校验方法研究

胡仕红¹ 杨 健²

- (1. 国网四川省电力公司电力科学研究院, 四川 成都 610041;
2. 神华四川能源有限公司江油发电厂, 四川 江油 621700)

摘要: 绝缘油介质损耗是电力系统开展绝缘油质量监督的一项重要指标。电力系统使用的绝缘油介质损耗测试仪大部分采用西林电桥的原理制成。由于目前没有标准方法和标准物质对电桥型绝缘油介质损耗测试仪的准确性进行校验,导致使用准确性不满足要求的仪器进行测试的情况时有发生,测量结果的准确性也无法保证。为解决该问题,研制了一种绝缘油介质损耗校验装置作为标准物质,通过间接法研究了电桥型绝缘油介质损耗测试仪的校验方法。最后结合实例对两种典型的电桥型绝缘油介质损耗测试仪进行校验,结果表明测量值与示值一致,从而保证了绝缘油介质损耗测试数据的准确性。

关键词: 绝缘油; 西林电桥; 介质损耗测试仪; 校验

中图分类号: TM21 文献标志码: A 文章编号: 1003-6954(2018)02-0086-04

DOI:10.16527/j.cnki.cn51-1315/tm.2018.02.020

Study on Calibration Method of Electric Bridge Insulating Oil Dielectric Loss Tester

Hu Shihong¹, Yang Jian²

- (1. State Grid Sichuan Electric Power Research Institute, Chengdu 610041, Sichuan, China;
2. Jiangyou Power Plant of Shenhua Sichuan Energy Co., Ltd., Jiangyou 621700, Sichuan, China)

Abstract: The dielectric loss of insulating oil is an important index for the quality supervision of power system. The insulating oil dielectric loss tester used in power system is mainly made of Schering bridge. Because there is no standard method to check the accuracy of insulating oil dielectric loss tester, it results in the instruments whose accuracy does not meet the requirements to carry out the test, and the accuracy of measurement results also cannot be guaranteed. In order to solve the problem, an insulating oil dielectric loss calibration device is developed as the standard material, and the calibration method for electric bridge insulating oil dielectric loss tester is studied through indirect method. Finally combining with the calibration examples of two typical electric bridge insulating oil dielectric loss testers, the results show that the measured value is consistent with the indicating value so as to ensure the accuracy of insulating oil dielectric loss test data.

Key words: insulating oil; Schering bridge; dielectric loss tester; calibration

0 引言

绝缘油介质损耗是电力系统开展绝缘油质量监督的一项重要指标。目前大部份绝缘油介质损耗测试仪采用西林电桥的原理制成。在实际使用过程中,由于缺乏标准方法和标准物质对电桥型绝缘油介质损耗测试仪的测量准确性进行校验,导致使用准确性不满足要求的仪器进行测试的情况时有发生,测量结果的准确性无法保证。因此,为提高绝缘

油介质损耗测试数据的准确性和可靠性,保证电力系统充油设备的安全稳定运行,在实验室采用有效的方法对电桥型绝缘油介质损耗测试仪(包括新仪器的到货验收,使用中仪器的质量控制)的准确性进行校验是当前急需解决的问题。

1 电桥型绝缘油介质损耗测试仪的基本原理

电桥型绝缘油介质损耗测试仪的测试原理如图1所示,通过调节 R_3 、 C_4 使电桥平衡,此时a、b两点

电压相等,即 R_3 、 C_4 两端电压相等。则

$$R_x = \frac{C_4}{C_n} R_3 \quad (1)$$

$$C_x = \frac{R_4}{R_3} C_n \quad (2)$$

按串联、并联模型的介损定义: $\text{tg}\delta = \omega R_x C_x = \omega R_4 C_4$, 由于 R_4 是固定的, 通过 R_3 、 R_4 、 C_n 可以计算被测试样品的电容值 C_x 。

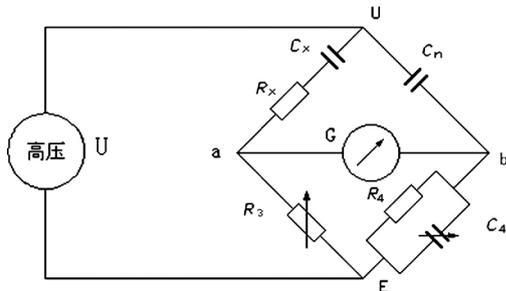


图1 电桥型绝缘油介质损耗测试仪的测试原理

2 绝缘油介质损耗校验装置的研制

为了对电桥型绝缘油介质损耗测试仪的测量准确性进行校验, 国网四川省电力公司电力科学研究所和牡丹江市电测仪器厂共同研制了 BS-100A 型绝缘油介质损耗校验装置, 该装置外观如图2所示。



图2 BS-100A型绝缘油介质损耗校验装置的外观

该装置的使用原理是: 先在电路中接入一个已知介质损耗值的样品作为标准物质, 即绝缘油介质损耗校验装置, 该绝缘油介质损耗校验装置的准确性可以通过国家计量机构校准; 然后通过间接法, 采用绝缘油介质损耗测试仪, 测试绝缘油介质损耗校验装置, 得到一个实际的介质损耗测试结果, 同时根据公式计算绝缘油介质损耗校验装置的电容 C_x 值。如果绝缘油介质损耗校验装置的介质损耗示值与绝缘油介质损耗测试仪的介质损耗示值一致, 同时计算出的绝缘油介质损耗校验装置电容值 C_x 与 100

pF ± 1 pF 一致, 则绝缘油介质损耗测试仪的准确性满足要求。

3 QS-37型绝缘油介质损耗测试仪的校验

3.1 QS-37型绝缘油介质损耗测试仪电桥的读数说明

QS-37型绝缘油介质损耗测试仪(上海沪光仪器厂)是一种典型的电桥型绝缘油介质损耗测试仪, 其外观如图3所示。



图3 QS-37型绝缘油介质损耗测试仪外观

QS-37型绝缘油介质损耗测试仪的电桥为了从 C_4 刻度盘上直接读出损耗值 $\text{tg}\delta$, 取电阻 R_4 的阻值为角频率 $2\pi f$ ($f=50$ Hz) 的若干倍, 当 $R_4 = \frac{10}{\pi}$ k Ω

时, 则 $\text{tg}\delta = C_4$, 当 $R_4 = \frac{1}{\pi}$ k Ω 时, 则 $\text{tg}\delta = 0.1 C_4$ 。

从以上原理可以看出, 在测试时当 R_4 档位发生变化, 由 $\frac{10}{\pi}$ k Ω 变为 $\frac{1}{\pi}$ k Ω 时, 介质损耗的读数应由 C_4 变为 $0.1 C_4$ 。

3.2 绝缘油介质损耗校验装置的使用

使用 BS-100A 型绝缘油介质损耗校验装置对 QS-37 型绝缘油介质损耗测试仪进行校验时, 先在电路中接入一个已知介质损耗值的样品, 即 BS-100A 型绝缘油介质损耗校验装置, 然后通过 QS-37 型绝缘油介质损耗测试仪测试得到一个实际的介质损耗测试结果 C_4 和 R_3 , 同时根据式(2) (如 $R_4 = \frac{10}{\pi}$ k Ω , $C_n = 92$ pF) 计算绝缘油介质损耗校验装置的电容值 C_x 。如果 BS-100A 型绝缘油介质损耗校验装置的介质损耗示值与 QS-37 型绝缘油介质损耗测试仪的介质损耗示值一致, 同时计算出的 BS-100A 型绝缘油介质损耗校验装置电容值 C_x 与 100 pF

表 1 QS-37 型绝缘油介质损耗测试仪校验数据

BS-100A 介损示值	QS-37 示值 介损值($\text{tg}\delta = C_4$)	QS-37 示值 R_3 值/ Ω	计算 BS-100A 的电容值 $C_x = \frac{R_4}{R_3} C_n / \text{pF}$
2×10^{-2}	$1 \times 10^{-2} + 9 \times 10^{-3} + 10 \times 10^{-4} = 2 \times 10^{-2}$	2 927.6	100.0
1×10^{-2}	$9 \times 10^{-3} + 10 \times 10^{-4} = 1 \times 10^{-2}$	2 927.6	100.0
5×10^{-3}	$4 \times 10^{-3} + 10 \times 10^{-4} = 5 \times 10^{-3}$	2 927.6	100.0
2×10^{-3}	$1 \times 10^{-3} + 10 \times 10^{-4} = 2 \times 10^{-3}$	2 927.6	100.0
1×10^{-3}	$10 \times 10^{-4} = 1 \times 10^{-3}$	2 927.6	100.0
5×10^{-4}	$4 \times 10^{-4} + 10 \times 10^{-5} = 5 \times 10^{-4}$	2 927.6	100.0
1×10^{-4}	$10 \times 10^{-5} = 1 \times 10^{-4}$	2 927.7	100.0
5×10^{-5}	5×10^{-5}	2 927.7	100.0

注: 试验电压为 1 500 V, 试验时 QS-37 的高压端(V)与接地端接通。

$\pm 1 \text{ pF}$ 一致, 则绝缘油介质损耗测试仪的准确性满足要求。

3.3 校验数据

采用 BS-100A 型绝缘油介质损耗校验装置对 QS-37 型绝缘油介质损耗测试仪进行校验。校验数据见表 1。

3.4 校验结论

从表 1 数据可以看出: QS-37 型绝缘油介质损耗测试仪的介质损耗示值与 BS-100A 型绝缘油介质损耗校验装置的介质损耗示值一致, 同时计算出的绝缘油介质损耗校验装置电容值与 $100 \text{ pF} \pm 1 \text{ pF}$ 一致, QS-37 型绝缘油介质损耗测试仪的准确性满足要求。

4 QS-40B 型绝缘油介质损耗测试仪的校验

4.1 QS-40B 型绝缘油介质损耗测试仪电桥的读数说明

QS-40B 型绝缘油介质损耗测试仪(牡丹江市电测仪器厂)是另一种典型的电桥型绝缘油介质损耗测试仪, 其外观如图 4 所示。QS-40B 型绝缘油介质损耗测试仪的电桥可以直接从刻度盘上读出被测样品的损耗值 $\text{tg}\delta$, 其中 $C_x(\text{pF}) = \frac{100}{C_4(\mu\text{F})}$ 。

4.2 绝缘油介质损耗校验装置的使用

使用 BS-100A 型绝缘油介质损耗校验装置对 QS-40B 型绝缘油介质损耗测试仪进行校验时, 先在电路中接入一个已知介质损耗值的样品, 即 BS-100A 型绝缘油介质损耗校验装置, 然后通过 QS-40B 型绝缘油介质损耗测试仪测试得到一个实际的介质损耗测试结果 $\text{tg}\delta$ 和 C_4 , 同时根据公式 $C_x(\text{pF})$

$= \frac{100}{C_4(\text{pF})}$ 计算绝缘油介质损耗校验装置的电容值 C_x 。如果 BS-100A 型绝缘油介质损耗校验装置的介质损耗示值与 QS-40B 型绝缘油介质损耗测试仪的介质损耗示值一致, 同时计算出的 BS-100A 型绝缘油介质损耗校验装置电容值 C_x 与 $100 \text{ pF} \pm 1 \text{ pF}$ 一致, 则绝缘油介质损耗测试仪的准确性满足要求。



图 4 QS-40B 型绝缘油介质损耗测试仪外观

4.3 校验数据

采用 BS-100A 型绝缘油介质损耗校验装置损耗校验装置对 QS-40B 型绝缘油介质损耗测试仪进行校验。校验数据见表 2。

表 2 QS-40B 型绝缘油介质损耗测试仪校验数据

BS-100A 介损示值	QS-40B 介损示值	QS-40B 电容示值/ pF	计算 BS-100A 电容/ pF
5×10^{-2}	5.006×10^{-2}	0.999 6	100.0
2×10^{-2}	2.002×10^{-2}	0.997 4	100.3
1×10^{-2}	0.998×10^{-2}	0.997 0	100.3
5×10^{-3}	4.95×10^{-3}	0.997 0	100.3
2×10^{-3}	1.98×10^{-3}	0.997 0	100.3
1×10^{-3}	0.98×10^{-3}	0.997 0	100.3
5×10^{-4}	4.80×10^{-4}	0.997 0	100.3
1×10^{-4}	0.80×10^{-4}	0.997 0	100.3

注: 试验电压为 2 000 V, 试验时 QS-40B 的高压端(V)与接地端接通。

4.4 校验结论

从表2数据可以看出:QS-40B型绝缘油介质损耗测试仪的介质损耗示值与BS-100A型绝缘油介质损耗校验装置的介质损耗示值一致,同时计算出的绝缘油介质损耗校验装置电容值与 $100\text{ pF} \pm 1\text{ pF}$ 一致, QS-40B型绝缘油介质损耗测试仪的准确性满足要求。

5 结 语

为解决对电桥型绝缘油介质损耗测试仪的准确性进行校验的难题,在电桥型绝缘油介质损耗测试仪基本原理的基础上,研制了一种绝缘油介质损耗校验装置,研究了电桥型绝缘油介质损耗测试仪的校验方法,最后结合实例对QS-37、QS-40B两种典型的电桥型绝缘油介质损耗测试仪进行了校验,得到了以下结论:

1) 要明确电桥型绝缘油介质损耗测试仪的工作原理,明确介质损耗 $\text{tg}\delta$ 的读数方式和电容值 C_x 的计算公式。

2) 在电路中接入绝缘油介质损耗校验装置,并通过绝缘油介质损耗校验装置选择不同的介质损耗值,通过绝缘油介质损耗测试仪得到实际的介质损耗测试结果 $\text{tg}\delta$ 和 C_4 ,并根据电容值 C_x 的计算公式

计算出绝缘油介质损耗校验装置的电容值 C_x 。

3) 判断绝缘油介质损耗校验装置的介质损耗示值与绝缘油介质损耗测试仪的介质损耗示值一致性,同时判断计算出的绝缘油介质损耗校验装置的电容值 C_x 与绝缘油介质损耗校验装置标注的电容值的一致性。若两者一致,则绝缘油介质损耗测试仪的准确度满足要求。

4) 通过介质损耗校验装置对电桥型绝缘油介质损耗测试仪进行校验,可以对绝缘油介质损耗测试仪的准确性进行控制,从而保证测试数据的准确性。

参考文献

[1] 全国电流计量技术委员会. 高压电容电桥检定规程: JJG 563-2004 [S]. 北京: 中国计量出版社, 2004.

[2] 全国绝缘材料标准化技术委员会. 液体绝缘材料相对电容率、介质损耗因数和直流电阻率的测量: GB/T 5654-2007 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.

[3] QS37型高压电桥使用说明书, 上海沪光仪器厂 [K].

作者简介:

胡仕红(1975), 高级工程师, 从事电力用油(气)试验及研究工作;

杨健(1992), 助理工程师, 从事火电厂热工运维检修工作。

(收稿日期: 2017-12-09)

(上接第85页)

证后方可进行后续顺控, 这样虽然增加了操作时间, 但为安全操作又提供了一层保障。

6 结 语

在智能变电站中, 顺控技术能将传统的操作票转变为操作任务, 实现复杂任务一键完成, 节省了人力和时间, 提高了生产效率, 这在国网杭州供电公司220 kV彩虹智能变电站得到了较好的应用, 但其系统建设和使用目前还没有完整的标准, 具体生产运行中还存在着较多问题, 须根据设备情况做出及时、相应的调整。由于顺控技术的高效性和可靠性, 其必将在大规模、高电压等级的智能变电站得到广泛应用。

参考文献

[1] 国家电网公司. 智能变电站顺序控制技术导则: Q/

GDW 11153-2014 [S]. 北京: 中国电力出版社, 2014.

[2] 国家电网公司. 智能变电站技术导则: Q/GDW 383-2009 [S]. 北京: 中国电力出版社, 2009.

[3] 冯军. 智能变电站原理及测试技术 [M]. 北京: 中国电力出版社, 2011.

[4] 艾飞. 220 kV彩虹变电站现场运行规程 [Z]. 2015.

[5] 南京南瑞继保电气有限公司. PCS-9700厂站监控系统说明书 [Z].

[6] 邱智勇, 陈健民, 朱炳铨. 基于 IEC 61850 标准的 500 kV 三层结构数字化变电站建设 [J]. 电力系统自动化, 2009, 33(12): 103-107.

[7] 黄继荣. 220 kV彩虹变电站顺序控制典型操作票 [Z]. 2015.

[8] 廖小君, 黄忠胜, 吕飞鹏. 智能变电站监控与视频系统联动方式研究 [J]. 四川电力技术, 2014, 37(5): 42-45.

作者简介:

艾飞(1983), 硕士、工程师、技师, 主要从事变电运维工作。

(收稿日期: 2017-12-23)