

750kV 交接试验规程中变压器长时感应电压带局部放电试验各电压规定解读

范迪铭 吕景顺 温定筠 张秀斌 江峰

(国网甘肃省电力公司电力科学研究院, 兰州 730050)

摘要 本文通过对 110~1000kV 变压器交流绝缘水平与长时感应电压 (ACLD) 带局放放电试验各电压的关联系数进行分析, 比对 2007 版 750kV 交接规程和 2013 版的各电压规定, 最终得出 2013 版 750kV 交接规程中 ACLD 各电压的规定是科学合理的。

关键词: 变压器; 交接试验; 标准; 长时感应; 局部放电

Interpretation of Regulations of Voltages in Long-Duration Induced AC Voltage Withstand Test with Partial Discharge Test of Transformer in 750kV Hand-over Procedures

Fan Diming Lv Jingshun Wen Dingjun Zhang Xiubin Jiang Feng

(State Grid Gansu Electric Power Research Institute, Lanzhou 730050)

Abstract Correlation coefficient between AC insulation level of 110~1000kV transformer and voltage of Long-Duration Induced AC Voltage Withstand Test (ACLD) with partial discharge test is analyzed. Compared with regulations of voltages in 2007 and 2013 version of 750kV hand-over procedures, scientific rationality of the regulations of ACLD voltages is proved.

Keywords: transformer; commissioning test; standard; ACLD; partial discharge

国家电网公司 Q/GDW 1157—2013《750kV 电力设备交接试验规程》(以下简称“2013 版规程”)已于 2014 年 3 月 13 日正式发布实施, Q/GDW 157—2007《750kV 电力设备交接试验标准》(以下简称“2007 版规程”)同时废止。2013 版规程中对 750kV 电力变压器绕组连同套管的长时感应电压 (ACLD) 带局部放电试验部分进行了较大修订, 本文将对相关规定进行解读。

1 两个版本变压器长时感应电压 (ACLD) 带局部放电试验规定对比

2007 版规程中 750kV 变压器绕组连同套管的长时感应电压 (ACLD) 和局部放电试验的要求, 基本沿用了 GB 1094.3—2003《电力变压器 第 3 部分: 绝缘水平、绝缘试验和外绝缘空气间隙》(以下简称“GB 1094.3”)中的相关规定, 2007 版规程中规定如下:

1) 预加电压 U_1 值为 $1.7U_m/\sqrt{3}$, U_m 为设备最

国网甘肃省电力公司科技项目 (5227221303A6)

频耐

受电压的 80%, 应与制造厂协商。

2) U_1 的持续时间 $t=120 \times$ 额定频率/试验频率 (s), 但不少于 15s。

3) 局部放电测量电压 U_2 为 $1.5U_m/\sqrt{3}$; 在 U_2 电压下局部放电量应小于 500pC^[1]。

2013 版规程中规定如下:

1) 预加电压 U_1 值为交流绝缘水平的 85%, 即 $1.66U_m/\sqrt{3}$ 。

2) U_1 的持续时间 t 为 60s, 不进行频率换算。

3) 局部放电测量电压 U_2 为 $1.44U_m/\sqrt{3}$; 在 U_2 电压下 750kV 端子局部放电量的连续水平应不大于 100pC, 220~330kV 端子的局部放电量的连续水平应不大于 200pC, 63kV 端子的局部放电量的连续水平应不大于 300pC^[2]。

2 2013 版规程中变压器长时感应电压带局部放电试验各电压规定解读

变压器长时感应电压 (ACLD) 带局部放电试

验是检验设备主绝缘和纵绝缘质量最为重要的手段，交接试验又是检验设备运输和现场安装质量的唯一标准。因此，750kV 变压器现场交接试验时 ACLD 是否合格，意味着设备现场安装后主绝缘和纵绝缘质量是否合格，也关系到设备是否可以投入运行。而交接试验标准中规定是否科学合理，将直接决定该类重大缺陷能否被有效发现。

2.1 110~1000 kV 变压器交流绝缘水平与 ACLD 试验各电压的关联系数

不同电压等级变压器的交流绝缘水平反映的是该电压等级设备绝缘耐受工频过电压的绝对能力，表 1 为 110~1000 kV 变压器交流绝缘水平与交接试验 ACLD 各电压的关联系数。

表 1 110~1000 kV 变压器交流绝缘水平与交接试验 ACLD 电压的关联系数^[3]

U_n /kV	U_m /kV	U_D /kV	U_1 /kV	$K_1=U_1/U_D$	U_2 /kV	$K_2=U_2/U_D$	$K_3=U_1/U_2$
110	126	200	126	0.63	109	0.55	1.15
220	252	395	252	0.64	218	0.55	1.15
330	363	510	363	0.71	315	0.62	1.15
500	550	680	550	0.81	476	0.70	1.15
750	800	900	720; 765	0.80; 0.85	693; 665	0.77; 0.74	1.04; 1.15
1000	1100	1100	953	0.87	826	0.75	1.15

注：1) 750kV 电压等级中栏左侧为 2007 版规程，右侧为 2013 版规程。

- 2) U_n 为系统标称电压； U_m 为最高运行电压； U_D 为短时工频耐受电压值等于交流绝缘水平； $K_1=U_1/U_D$ 为预加电压与交流绝缘水平关联系数，应随电压等级的升高而增大； U_2 为局部放电测量电压； $K_2=U_2/U_D$ 为局部放电测量电压与交流绝缘水平关联系数，应随电压等级的升高而增大； $K_3=U_1/U_2$ 为预加电压与局部放电测量电压的关联系数，应保持不变。

2.2 预加电压 U_1 幅值的选取

在 ACLD 中预加电压 U_1 的目的主要是为了模拟变压器受暂时过电压后激发内部局部放电的可能性。暂时过电压包括工频过电压和谐振过电压，其中工频过电压持续时间长，对设备绝缘及其运行性能有重大影响。预加电压 U_1 幅值选取是否得当，决定着能否有效激发出变压器内部绝缘缺陷的局部放电。

预加电压 U_1 与短时工频耐受电压 U_D (该值等

于交流绝缘水平) 的比值，本文中定义其为预加电压与交流绝缘水平的关联系数 $K_1=U_1/U_D$ ，应随着电压等级的升高而增大。由表 1 的第 5 列可看出 110~500 kV 的 K_1 值由 0.63 增大至 0.81。

对于电压等级 750 kV 变压器，由于 GB 1094.3 中要求重复的绝缘试验电压值应为原额定耐压值的 80%^[4]。所以 2007 版规程中规定 U_1 为交流绝缘水平的 80%。而 1000 kV 变压器将 K_1 值提高到了 0.87，即 U_1 值达到了交流绝缘水平的 87%。

可见由于 2007 版规程由于沿用了 GB 1094.3 的规定， U_1 值选取过低，这可能导致在现场交接 ACLD 试验的 U_1 耐压时，不能有效地将内部绝缘缺陷激发出局部放电，不利于绝缘缺陷的暴露和发现。而 1000kV 变压器将 K_1 值提高到了 0.87，是符合 U_1 值选取规律的。

2013 版规程较 2007 版规程提高了 U_1 值，规定 U_1 值为 U_D 值的 85%，同时也等于 $1.66U_m/\sqrt{3}$ ，即提高了激发内部局部放电的电压值，更有利于绝缘缺陷的暴露。其 $K_1=U_1/U_D$ 为 0.85，介于 500kV 与 1000kV 的 0.81 和 0.87 之间，符合预加电压与交流绝缘水平比值的变化规律。

2.3 预加电压 U_1 与局部放电测量电压 U_2 的关联系数

500kV 及以下电压等级的变压器现场交接 ACLD 的规定，主要来源于 GB 1094.3，即 $U_1=1.7U_m/\sqrt{3}$ ， $U_2=1.5U_m/\sqrt{3}$ ^[4]，所以 U_1 与 U_2 的比值，即 K_3 值从 110 到 500kV 均为 1.15。这意味着局部放电的激发电压和测量电压之间存在着一个合理的关联系数，一定幅值的预加电压 U_1 所激发出的局部放电量，必须在相应幅值的测量电压下，才能够有效测量。

随着电压等级的升高，局部放电测量电压 U_2 与交流绝缘水平的比值，即 $K_2=U_2/U_D$ ，应随着电压等级的升高而增大。而且 $K_3=U_1/U_2$ 值应等于 1.15，才能对 U_1 激发出的局部放电进行有效测量。

2007 版规程中局部放电测量电压 U_2 仍规定为 $1.5U_m/\sqrt{3}$ ，其 U_1/U_2 值等于 1.04，这可能导致部分局部放电量得不到有效的测量，从而使某些缺陷不能被发现。

2013 版规程不仅对 U_1 值进行了调整，同时也对 U_2 值进行了相应的调整，规定 $U_2=1.44U_m/\sqrt{3}$ ，使 U_1/U_2 仍为 1.15，符合 500kV 及以下和 1000kV 变压器的规律，可以使预加电压激发出的局

部放电量得到有效的测量。

2.4 预加电压 U_1 的持续时间是否进行频率换算

变压器感应电压带局部放电试验一般采用频率为 200Hz 的试验电源,按 2007 版规程进行频率换算,预加电压 U_1 的持续时间为 30s。2013 版规程中规定不进行频率换算, U_1 的持续时间为 60s,比 2007 版规程延长了 1 倍的持续时间,显然对变压器主绝缘和纵绝缘质量的检验严格了许多,同时也意味着对变压器内部绝缘缺陷的局部放电激发时间延长了 1 倍,这将更有利于绝缘缺陷的暴露。

3 结论

综上所述,某一电压等级变压器长时感应电压带局部放电试验(ACLD)的预加电压 U_1 和局部放电测量电压 U_2 幅值选取,应遵循以下原则:

1) 预加电压 U_1 应能激发出绝大多数绝缘缺陷的局部放电,其 K_1 值,即 U_1/U_D 应随着电压等级的升高而相应升高。

2) 局部放电测量电压 U_2 ,其 K_2 值,即 U_2/U_D 应随着电压等级的升高而相应升高。

3) 局部放电测量电压 U_2 应能对预加电压 U_1 所激发出的局部放电进行有效地测量,其 K_3 值,即 U_1/U_2 应保持不变。

由此可见, Q/GDW 1157—2013《750kV 电力设备交接试验规程》中变压器长时感应电压带局部放电试验中有关预加电压和局部放电测量电压幅值的选取是经过严密论证,其规定是符合科学规律的。较之 2007 版规程,2013 版规程应能在现场交接时更加有效地发现存在内部绝缘缺陷的 750kV 变压器,从而更有效保证 750kV 电网的安全可靠运行。

参考文献

- [1] 国家电网公司. DW 157—2007 750kV 电气设备交接试验标准[S]. 2009.
- [2] 国家电网公司. DW 1157—2013 750kV 电气设备交接试验规程[S]. 2014.
- [3] 吕景顺,孙亚明,王成生,等. 750kV 变压器长时感应耐压试验标准探讨[J]. 电网与清洁能源, 2011, 27(5): 51-54.
- [4] 国家质量监督检验检疫总局 GB 1094.3—2003 电力变压器 第三部分:绝缘水平,绝缘试验和外绝缘空气间隙[S]. 2004.

作者简介:范迪铭(1974-),男,河南封丘人,学士,高级工程师,研究方向:高电压与绝缘。