

Application of Measurement System Analysis in Transformer Manufacturing Process

Xiao Han Gang Wei

Beijing Kerui Distribution Automation Co., Ltd., Beijing, 101400, China

Abstract

In the process of transformer manufacturing, besides measuring dimension data, it is important to test the DC resistance of the coil and the voltage ratio of the semi-finished product. The validity of measuring equipment is determined by periodic calibration and gas field maintenance, but it can not reflect the influence of man, machine, material, method, ring and measurement on measuring system. It is also worth pondering whether the DC resistance test and the voltage ratio test need to carry out the measurement system analysis, in particular, the voltage ratio measurement (one of the purposes of voltage ratio measurement to check the correctness of coil turns) data (when coil turns meet the requirements of the data almost all the same) need to be analyzed is worth studying.

Keywords

measurement system analysis; data; measurement

测量系统分析在变压器制造过程的应用

韩啸 魏刚

北京科锐配电自动化股份有限公司，中国·北京 101400

摘要

在变压器制造过程除测量尺寸类数据外，重要的还有线圈直流电阻测试和半成品电压比测试，确保成品装配完成不会出现匝数错误、焊接异常等情况。测量设备的有效性通过周期的检定校准及日常维护保养来确定，但并不能真实反映测试过程中人、机、料、法、环、测对测量系统的影响。且直流电阻测试及电压比测试是否需要进行测量系统分析也值得深思，尤其是电压比测量（电压比测量目的之一检查线圈匝数正确性）出数据（线圈匝数符合要求时数据几乎全部一致）是否需要进行分析值得研究。

关键词

测量系统分析；数据；测量

1 背景

在电力系统中，配电变压器占有至关重要的地位，配电变压器制造的质量也与配电线路的供电可靠性有着很大的关系，在制造过程中如出现因测量系统异常造成变压器出现潜在的不安全因素，将直接影响电网安全。

在当今时代，各行各业利用各种数据进行分析已成趋势，对数据的应用也更加广泛。然而在数据测量及应用中不可避免的会存在一些潜在风险因素，而这些潜在风险因素得不到识别，将直接影响数据的真实性、准确性、时效性及可靠性。也直接影响到依据数据做出判断正确性。为确保数据的准确性就需要保证测量系统（用来对被测特性定量测量或定性评价的仪器或量具、标准、操作、方法、夹具、软件、人员、环境和假设的集合）的稳定性，那对于这整个过程（测

量系统）就需要进行分析——测量系统分析是通过统计分析的手段，对构成测量系统的各个影响因子进行统计变差分析和研究以得到测量系统是否准确可靠的结论^[1]。

在变压器制造业，产品制造过程中线圈直流电阻测试和半成品电压比测试是否适合做测量系统分析也需要进行研究。

2 研究目的及方向

目的：随着行业的不断发展，数据在变压器制造业应用的也更加广泛，测量系统分析各大企业重视程度也越来越高，进行测量系统分析数据的真实性、有效性尤为重要，当然在变压器制造过程所测试的直流电阻和电压比数据是否适合、是否可以进行分析，有没有分析的价值，需要了解直流电阻和电压比试验数据的含义及实际进行统计分析，查看是否适合。论文采用实际案例进行倒推来研究。

数据是测量的结果，而测量是指“以确定实体或系统的量值大小为目标的一整套作业”。这个由人、量具、测量

【作者简介】韩啸（1990-），男，中国河北廊坊人，本科，工程师，从事变压器质量管理及数据分析研究。

方法和测量对象构成的过程的整体就是测量系统。

测量系统和过程能力分析一样，同样被 5M1E（测量对象、测量工具、测量方法、标准、测量环境等）影响着，测量系统分析除评估测量系统的状态外，还可结合因果图（图 1）对测量系统中的变量进行分析，通过采取措施减少或消除变量，实现测量系统对产品质量的保障。



图 1 因果图

研究方向：通过对直流电阻数据及电压比数据分别进行统计分析，测试方式：不同人员用同一设备进行测试，测试两次数据，进行统计（测量要求：在相同条件下，同一人员对同一产品的同一部位，短时间内进行多次测量；在相同条件下，不同人员对同一产品的同一部位，短时间内进行多次测量）。分析测量系统的重复性、再现性及总波动的分解和测量系统能力的评价三个指标，来判断测量系统的稳定性；再结合数据来判断直流电阻数据及电压比数据是否适合进行测量系统分析。

3 数据统计

直流电阻数据及电压比数据如表 1、表 2 所示。

表 1 直流电阻

测试人员 出厂编号	A			B		
	oa	oa	oa	oa	oa	oa
KRB400D231395	0.0016170	0.0016171	0.0016354	0.0016342		
KRB400D231392	0.0016457	0.0016154	0.0015995	0.0015986		
KRB400D231394	0.0016111	0.0016112	0.0016094	0.0016097		
KRB400D231387	0.0016291	0.0016293	0.0016277	0.0016295		
KRB400D231397	0.0016196	0.0016171	0.0016174	0.0016165		
KRB400D231393	0.0016275	0.0016218	0.0016261	0.0016262		
KRB400D231389	0.0016231	0.0016215	0.0016240	0.0016212		
KRB400D231383	0.0016324	0.0016322	0.0016309	0.0016313		
KRB400D231384	0.0016167	0.0016160	0.0016178	0.0016164		
KRB400D231391	0.0016145	0.0016142	0.0016148	0.0016137		
KRB400D231399	0.0015978	0.0015981	0.0015986	0.0015979		
KRB400D231410	0.0016211	0.0016202	0.0016205	0.0016191		
KRB400D231322	0.0016421	0.0016417	0.0016413	0.0016429		
KRB400D231333	0.0016367	0.0016367	0.0016366	0.0016367		
KRB400D231329	0.0016359	0.0016345	0.0016361	0.0016359		
KRB400D231415	0.0015983	0.0015996	0.0015991	0.001599		
KRB400D231331	0.0016484	0.0016477	0.0016487	0.0016476		
KRB400D231330	0.0016493	0.0016477	0.0016471	0.0016459		
KRB400D231382	0.0016309	0.0016302	0.0016285	0.0016261		
KRB400D231407	0.0016263	0.0016266	0.0016261	0.0016246		

表 2 电压比

测试人员 出厂编号	A			A			B			B		
	AB	BC	CA									
KRB400D231395	0.05	0.06	0.06	0.05	0.06	0.06	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
KRB400D231392	0.05	0.06	0.05	0.05	0.06	0.05	0.07	0.07	0.07	0.06	0.07	0.07
KRB400D231394	0.05	0.06	0.05	0.05	0.06	0.05	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
KRB400D231387	0.05	0.06	0.05	0.05	0.06	0.05	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
KRB400D231397	0.05	0.06	0.06	0.05	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
KRB400D231393	0.05	0.06	0.05	0.05	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
KRB400D231389	0.05	0.06	0.05	0.05	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
KRB400D231383	0.05	0.06	0.05	0.05	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
KRB400D231384	0.05	0.06	0.05	0.05	0.06	0.05	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
KRB400D231391	0.06	0.06	0.05	0.06	0.06	0.05	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
KRB400D231399	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
KRB400D231410	0.07	0.07	0.06	0.07	0.07	0.06	0.07	0.07	0.08	0.07	0.07	0.08
KRB400D231322	0.07	0.06	0.06	0.07	0.06	0.06	0.07	0.06	0.07	0.07	0.06	0.07
KRB400D231332	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
KRB400D231329	0.06	0.08	0.07	0.06	0.06	0.07	0.05	0.06	0.06	0.05	0.06	0.06
KRB400D231415	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
KRB400D231331	0.08	0.07	0.08	0.08	0.07	0.08	0.08	0.08	0.08	0.07	0.08	0.08
KRB400D231330	0.07	0.06	0.07	0.07	0.06	0.06	0.07	0.06	0.07	0.07	0.06	0.06
KRB400D231382	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
KRB400D231407	0.06	0.07	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.07	0.06	0.06	0.06

4 量具研究

4.1 直流电阻量具研究

直流电阻量具研究如图 2、表 3 所示。

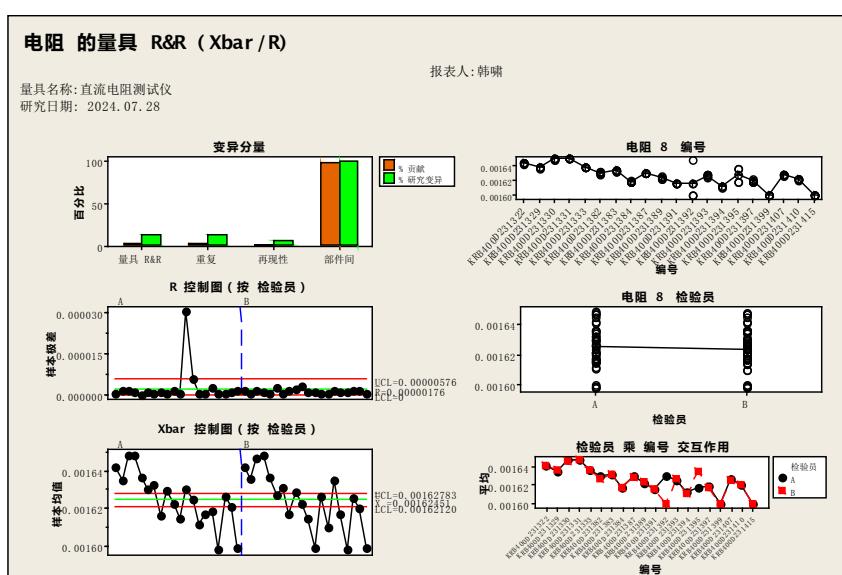


图 2 电阻的量具 R&R (XBar/R)

表3 电阻的量具 R&R 研究——XBar/R 法

来源	方差分量	方差分量贡献率
合计量具 R&R	0.0000000	1.64
重复性	0.0000000	1.34
再现性	0.0000000	0.3
部件间	0.0000000	98.36
合计变异	0.0000000	100
	标准差 (SD)	研究变异 (6*SD) % 研究变异 (%SV)
合计量具 R&R	0.0000017	0.0000104 12.79
重复性	0.0000016	0.0000094 11.58
再现性	0.0000007	0.0000044 5.44
部件间	0.0000134	0.0000803 99.18
合计变异	0.0000135	0.000081 100
可区分的类别数 =10		

根据以上结果可以看出，该系统可区分的类别数为 10 (> 5)，表示系统具有足够的分辨能力，系统符合 $10\% < (P/TV=12.79\%) \leq 30\%$ ，根据测量系统判断准则，系统在许多情况下都是可以接受的^[2]。

4.2 电压比量具研究

电压比量具研究如图 3、表 4 所示。

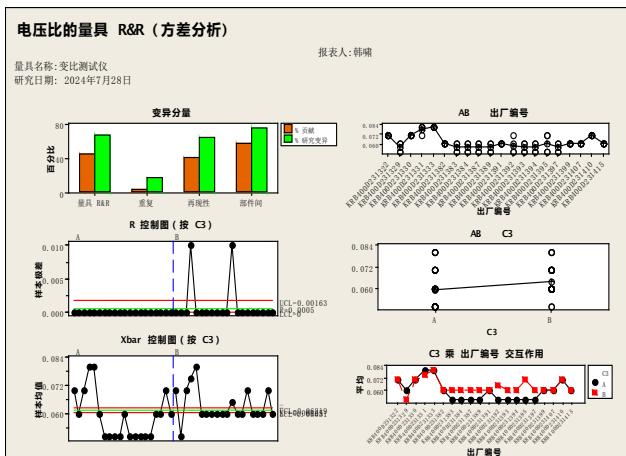


图3 电压比的量具 R&R (方差分析)

表4 电压比的量具 R&R 研究——XBar/R 法

来源	方差分量	方差分量贡献率
合计量具 R&R	0.0000375	43.64
重复性	0.0000025	2.91
再现性	0.0000350	40.74
C3	0.0000087	10.18
部件间	0.0000263	30.55
C3* 出厂编号	0.0000484	56.36
合计变异	0.0000859	100
	标准差 (SD)	研究变异 (6*SD) % 研究变异 (%SV)
合计量具 R&R	0.0061237	0.0367423 66.06
重复性	0.0015811	0.0094868 17.06
再现性	0.0059161	0.0354965 63.82
C3	0.0029580	0.0177482 31.91
部件间	0.0051235	0.0307409 55.27
C3* 出厂编号	0.0069585	0.0417511 75.07
合计变异	0.0092694	0.0556162 100
可区分的类别数 =1		

根据以上结果可以看出，该系统可区分的类别数为 1 (< 5)，表示系统没有足够的分辨能力，系统 ($P/TV=66.06\% > 30\%$) 不可使用，测量数据不能够用来分析^[3]。

5 结论

虽测量系统分析各大企业重视程度越来越高，但通过量具 R&R 研究对直流电阻数据及电压比数据的测量系统进行重复性、再现性及总波动的分解和测量系统能力分析，再结合测试数据的特性，电压比数据无需进行测量系统分析，直流电阻数据可进行测量系统分析，因影响直流电阻数据因素较多，如温度、人员、设备、测试部位清洁程度等。

参考文献

- [1] 何桢.六西格玛管理[M].北京:中国人民大学出版社,2014.
- [2] 尚国慧.测量系统分析(MSA)在制造行业中的应用[D].上海:上海交通大学,2009.
- [3] 中国认证认可委员会.质量管理方法与工具[M].北京:高等教育出版社,2019.