

用 Excel 绘制带负荷试验相量图

杨明泽¹, 何世恩²

(1. 酒泉超高压输变电公司, 甘肃 酒泉 735000; 2. 甘肃电力调度通信中心, 甘肃 兰州 730050)

摘要: 带负荷试验相量图以往一直靠手工绘制完成, 作者提出了一种用 Excel 自动精确绘制该图的新方法。举例阐述了实施步骤, 包括建立试验报告表格, 输入负荷和测得的原始数据, 并使其通过多种公式、函数的计算, 产生用于绘制相量图的计算数据。然后选用 XY 散点图的平滑线方式输入计算数据建立初步的图表, 再经优化处理后得到最终的相量图。用该方法可制作成各种类型的带负荷试验模板文件, 使用时只要输入常规测试数据, 就可满足不同工作情况的需要。

关键词: 带负荷试验; 相量图; Excel; 计算机辅助设计

Drawing phasor diagram of on-load test with Excel

YANG Ming-ze¹, HE Shi-en²

(1. Jiuquan Extra High Voltage Power Transformer Company, Jiuquan 735000, China;

2. Gansu Electric Power Dispatching & Communication Center, Lanzhou 730050, China)

Abstract: Foretime, the phasor diagram of on-load test had been drawn always depend on handwork to done. This paper finds a new way that uses computer aided design to draw an accurate phasor diagram with Excel. It gives an example and tells of implementary processes, including creating test report worksheet and inputting original data of load and testing, and by use of manifold expressions and functions to calculate and come into being calculation data for drawing. And then it chooses graph mode, i.e, XY scattered-dot graph, smoothed line, and inputs its calculation data to create an embryo graph. After optimizing the graph, it gives birth to a final phasor diagram. Making use of the method can create and save all kinds of template files for on-load test, so as input its original data while use it so can satisfy need of sorts going.

Key words: on-load test; phasor diagram; Excel; CAD

中图分类号: TM761 文献标识码: B 文章编号: 1674-3415(2009)22-0178-03

0 引言

在继电保护及自动装置的检验规程中, 要求对新安装或设备回路有较大变动的装置, 在投入运行以前, 必须用一次电流及工作电压加以检验和判定其所接入的电流、电压的相别、相互相位关系以及所保护的方向, 或各组电流回路的相对极性关系及变比是否正确等^[1], 即进行带负荷试验工作。试验方法是在带上负荷后, 根据当时的负荷情况加以分析, 将其数据绘制成相量图, 并拟定预期的检验结果。然后测量各组电流与参考电压的相对相位和幅值, 将测试数据也绘制成相量图, 所得结果与预期的一致后设备才可加入运行。可见带负荷试验及其相量图在保证继电保护二次回路正确性中的作用^[2]。

长期以来, 带负荷试验相量图一直依靠专业人员用笔和尺手工绘制完成, 其正确性受人为因素影响很大, 且试验报告工作量繁重。笔者利用办公软

件 Microsoft Office Excel 的公式、函数和图表功能, 实际工作中提出了一种能够自动绘制相量图的新方法。本文以某变电站双圈变压器 1 号主变的差动保护带负荷试验为例, 阐述其实施的过程步骤。

1 建立报告表格, 输入原始数据

#1主变差动保护带负荷试验报告				
1. 负荷情况:				
项目	I(A)	P(kW)	Q(kVar)	cosφ
3501	51.8	3423	682	0.97
601	-305.8	-3342	-684.2	0.97
2. 试验数据: 1号主变差动保护装置显示接报为0.051e, 以35kV I母电压UA630为参考电压U _B , 超前各CT二次电流I测试:				
用途	测量	幅值(V, A)	滞后U _B 的相位(°)	CT变比
参考电压U _B	UA630	61.3	0	
3501	IA61	0.43	7.6	600/5
	IB61	0.44	139	
	IC61	0.43	252.4	
601	IA61	1.254	222.8	1200/5
	IB61	1.256	338.7	
	IC61	1.405	335.6	
TM411#1N401=0				

图1 Sheet 1 中带负荷试验报告的原始数据表格

Fig.1 Original data sheet of on-load test report in Sheet1

在 Excel 的工作表 Sheet 1 中, 建立带负荷试验报告要求格式的表格, 并输入包括负荷情况和试验

测得的原始数据, 如图 1 所示。

2 生成计算数据

计算数据是用于建立未来相量图的源数据, 由原始数据通过 Excel 的函数、公式计算产生。因为该相量图是用 Excel 的“XY 散点图”创建的, 所以源数据的构成主要是各组相量的起点坐标值(X_0, Y_0)即原点 (0, 0), 和计算产生的终点坐标值(X, Y)等。按习惯的画法其 X(横)轴正方向为无功“+Q”, Y(纵)轴正方向为有功“+P”, 参考电压 U_b 与“+P”同方向。

2.1 建立表格结构, 输入原点数据

计算数据不是试验报告内容所需, 可在工作表 Sheet2 中建立该表格结构, 如图 2 所示。表中的数据除了每组相量的起点坐标值(X_0, Y_0)输入 (0, 0) 外, 其它均来源于原始数据。输入相量名称可用公式引用单元格相对地址的方法, 以图 2 中 U_{A630} 为例: 选中 Sheet 2! A2 为活动单元格, 按“=”输入公式, 再选中 Sheet1!B10 为活动单元格“Enter”键确定即可。Sheet 2! A3 至 A8 的相量名称输入则可以利用格式刷将以上 Sheet 2! A2 单元格的地址引用格式从 A2 一直复制到 A8。

C3		=Sheet1!C11*SIN(RADIANS(Sheet1!D11))			
	A	B	C	D	E
1	相量\坐标	X0	X	Y0	Y
2	UA640	0	0	0	1.263373
3	IA411	0	0.05687	0	0.426223
4	IB411	0	0.33706	0	-0.28283
5	IC411	0	-0.40987	0	-0.13002
6	IA451	0	-0.85202	0	-0.9201
7	IB451	0	-0.49257	0	1.263373
8	IC451	0	1.365605	0	-0.33037
9	S3501	0	0.266839	0	1.339281
10	S601	0	-0.2677	0	-1.30759
11					
12	Sb	2555.848	S3501	3490.28	
13			S601	3411.318	

图 2 Sheet2 中的计算数据表格

Fig.2 Calculation datasheet in Sheet 2

2.2 输入计算数据

a) 第一个电流相量 I_{A411} 的 X、Y 值

X 值即该电流的无功分量 I_{Q-A411} 、Y 值即有功分量 I_{P-A411} 。因测量值 ϕ_{A411} 是角度, 计算中应转换为弧度:

$$I_{Q-A411} = I_{A411} * \sin(\text{radians}(\phi_{A411})) \quad (1)$$

$$I_{P-A411} = I_{A411} * \cos(\text{radians}(\phi_{A411})) \quad (2)$$

其中: radians () 为角度转换成弧度的函数。

X 值的输入方法: 先选中 Sheet 2! C3 为活动单元格, 按“=”输入公式, 再选中 Sheet1! C11 为活动单元格, 键入乘号“*”, 点击编辑栏中的函数标识符 f_x 后在弹出的“插入函数”对话框中选择正弦函数 sin() 并确定, 再在弹出的“函数参数”对话框中选中 Sheet1!D11 为活动单元格并“Enter”键确认, 此时可以继续已在选参数“Sheet1!D11”后输入“*PI()/180”,

也可直接在该参数前输入函数 RADIANS() 并确定。最后 Sheet2!C3 单元格的编辑栏中 X 值为:

$$="Sheet1!C11*\sin(\text{radians}(\text{Sheet1!D11}))"$$

Y 值的输入方法: 与上述 X 值的输入基本相同, 只是先选中 Sheet 2! E3 为活动单元格, 将正弦函数 sin() 换成余弦函数 cos()。最后 Sheet 2!E3 单元格编辑栏中 Y 值为:

$$="Sheet1!C11*\cos(\text{radians}(\text{Sheet1!D11}))"$$

b) 其它电流相量的 X、Y 值

由于 Sheet 2 中的电流相量顺序与 Sheet 1 相同, 因此可以利用格式刷将以上 Sheet2! C3 单元格的 X 值计算格式从 C3 一直复制到 C8, 同样, Sheet2!E3 单元格的 Y 值计算格式也可从 E3 一直复制到 E8。从而完成所有电流相量 X、Y 值的输入。

c) 参考电压 U_b 相量的 X、Y 值

该相量与“+P”同方向, 则其 X 值为 0; 因电压的数值与电流不是同一量级, 故其 Y 值的计算仅为相量图的可视性考虑, 本文取所有电流相量 Y 值中的最大值。输入方法: 选中 Sheet2! E2 为活动单元格, 按“=”后点 f_x 选最大值函数 max (), 其参数选中 E3: E8 为活动单元格后确定。最后 Sheet2! E2 单元格编辑栏中的 Y 值为: “=max(E3:E8)”。

d) 各视在功率相量 S 的 X、Y 值

与上述电压相量取值情况相似, 各视在功率相量的 X、Y 值就是其无功功率 Q 和有功功率 P 与一基准视在功率 S_b 的相对值。这里 S_b 取各视在功率的最大值与所有电流相量 X、Y 值的最大值之比。先输入各视在功率模值:

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

S_{3501} 模值的输入: 选中 Sheet2! D11 为活动单元格, 按“=”后点 f_x 选平方根函数 sqrt (), 其参数选中 Sheet! C5 为活动单元格后继续输入“^2+”, 再选中 Sheet! D5 为活动单元格后继续输入“^2”确定。最终 D11 单元格编辑栏中的 S_{3501} 模值为: “=sqrt(Sheet1!C5^2+Sheet1!D5^2)”

S_{601} 模值的输入也可以利用格式刷将以上 S_{3501} 的模值 Sheet 2! D11 单元格的计算格式复制到 D12。

基准视在功率 S_b 的输入: 选中 Sheet 2! B11 为活动单元格, 按“=”后点 f_x 选最大值函数 max (), 其参数选中 D11:D12 为活动单元格后确定, 继续在编辑栏中输入“/”, 再点 f_x 选最大值函数 max (), 其参数分别选中 C3:C8 和 E3:E8 为活动单元格后确定。最终 B11 单元格的编辑栏中 S_b 值为: “=max(D11:D12)/max(C3:C8,E3:E8)”

