

[变压器]

三绕组变压器阻抗电压特殊匹配的技术研究

文/陈宁波¹ 叶少明²
1. 济南西门子变压器有限公司; 2. 西门子能源有限公司

三绕组变压器的高中阻抗、高低阻抗和中低阻抗呈现高低阻抗与高中阻抗和中低阻抗之和接近，不可能出现高低阻抗与中低阻抗接近或高低阻抗与高中阻抗接近，文章以三个例子说明这种特殊的阻抗匹配所要求的方法，并且具有普遍意义。

项目情况简介

1. 项目一

某国225 MV·A变压器，产品型号为SFSZ-225000/220，三绕组变压器三个绕组容量比为225 MV·A/225 MV·A/75 MV·A，电压比 $(230 \pm 2 \times 2.5\%)$ kV/69 kV/13.8 kV，频率60 Hz，联结组别YNyn0d11，线圈排列如图1所示。通过低压线圈分裂得到高中阻抗和高低阻抗接近的要求阻抗的要求，见表1~表4。

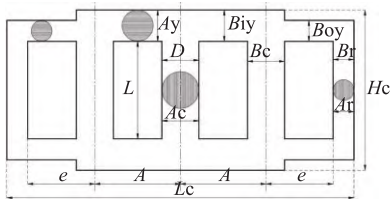


图1 五柱铁心

$D = 950$ mm 铁心直径
 $L = 1900$ mm 窗高
 $A = 1870$ mm Mo
 $e = 1195$ mm 旁Mo

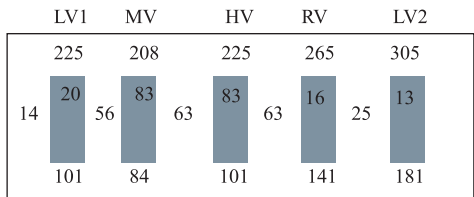


图2 绕组幅向宽度、之间的间距以及绕组到铁心的间距

表1 阻抗电压值

额定容量 (MV·A)	电压比/kV	计算阻抗/ (%) @75 °C @225MV·A
225	230/69	11.84
225	241.5/69	12.01
225	218.5/69	11.70
225	230/13.8	10.57
225	241.5/13.8	10.88
225	218.5/13.8	12.01
225	69/13.8	6.26

表2 空载损耗计算

硅钢片牌号	铁心片净重/kg	磁通密度/T	空载损耗/kW
30ZH105	76 669	1.744	121.97

表3 负载损耗计算

线圈	中压 线圈	高压线圈	调压 线圈	结构件 损耗	总损耗
电阻值@20 °C (mΩ)	16.88	251.27	19.05	-	-
负载 损耗/ kW	Tap1	191.23	275.45	9.05	525.04
	Tap3	191.23	255.09	16.43	514.90
	Tap5	191.23	299.38	0.0	536.85
电流/ A	Tap1	1882.7	564.8	564.8	-
	Tap3	1882.7	537.9	537.9	-
	Tap5	1882.7	594.53	0.0	-

表4 额定分接阻抗电压试验值

电压比	计算值 (%)	试验值 (%)	基准容量 (MV·A)
230/69	11.84	11.44	225
230/13.8	10.57	10.41	225
69/13.8	6.26	6.25	225

2. 项目二

某国167 MV·A变压器，产品型号为SFSZ-167000/220，三绕组变压器三个绕组容量比为167 MV·A/167 MV·A/55.67 MV·A，电压比 $(230\pm 2\times 2.5\%)$ kV/69 kV/13.8 kV，频率60 Hz，联结组别YNyn0d11，线圈排列如图3、图4所示。通过低压线圈分裂得到高中阻抗和高低阻抗接近的要求阻抗的要求，见表5～表8。

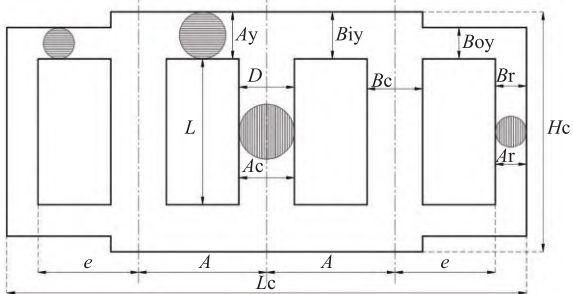


图3 五柱铁心

D = 900 mm 铁心直径
 L = 1 700 mm 窗高
 A = 1 850 mm Mo
 e = 1 170 mm 旁Mo

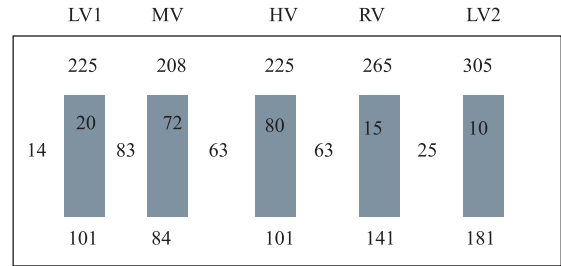


图4 绕组幅向宽度、之间的间距以及绕组到铁心的间距

表5 阻抗电压值

额定容量 (MV·A)	电压比/kV	计算阻抗 (%) @75℃ @167MV·A
167	230/69	12.04
167	241.5/69	12.21
167	218.5/69	11.92
167	230/13.8	11.55
167	241.5/13.8	11.28
167	218.5/13.8	11.90
167	69/13.8	7.54

表6 空载损耗计算

硅钢片牌号	铁心片净重/kg	磁通密度/T	空载损耗/kW
30ZH105	64496	1.735	100.86

表7 负载损耗计算

线圈	中压线圈	高压线圈	调压线圈	结构件损耗	总损耗
电阻值 @20℃ (mΩ)	31.24	393.03	33.61	-	-
负载损耗/kW	1	187.25	223.62	8.79	41.95
	3	187.25	205.38	15.96	44.44
	5	187.25	244.94	0.0	39.24
电流/A	1	1397.4	419.21	419.21	-
	3	1397.4	399.26	399.26	-
	5	1397.4	441.28	0.0	-

表8 额定分接阻抗电压试验值

电压比	计算值 (%)	试验值 (%)	基准容量 (MV·A)
230/69	12.04	11.50	167
230/13.8	11.55	11.67	167
69/13.8	7.54	7.56	167

3. 项目三

某国83.3 MV·A变压器，产品型号为ODFSZ-83300/400，有载调压单相自耦变压器三个绕组容量比83.3 MV·A/83.3 MV·A/25 MV·A，电压比 $(400\pm 10\times 1.0\%)$ kV/138 kV/11 kV，频率50 Hz，联结组别YNa0d11，线圈排列如图5、图6所示。通过串联线圈分裂得到高低阻抗和中低阻抗接近的要求，见表9～表12。

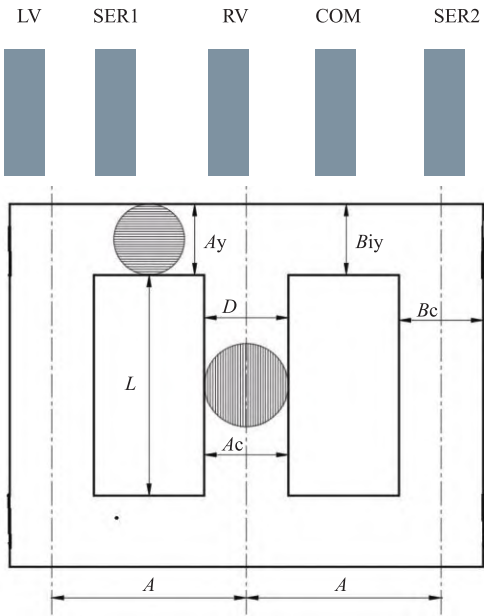


图5 三柱铁心

D = 790 mm 铁心直径
 L = 2 100 mm 窗高
 A = 1 400 mm Mo

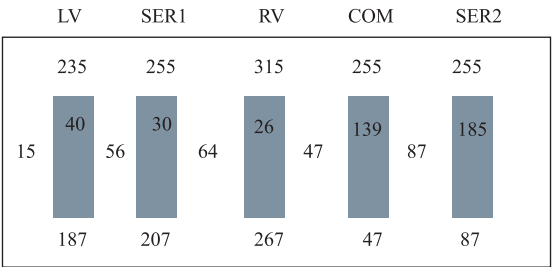


图6 绕组幅向宽度、之间的间距以及绕组到铁心的间距

表9 阻抗电压值

额定容量 (MV·A)	电压比/kV	计算阻抗/ (%) @75 °C @250MV·A
250	400/138	17.64
250	440/138	15.15
250	360/138	21.66
250	400/11	71.15
250	440/11	64.55
250	360/11	80.21
250	138/11	67.86

表10 空载损耗计算

硅钢片牌号	铁心片净重/kg	磁通密度/T	空载损耗/kW
30ZH105	24421	1.726	26.06

表11 负载损耗计算@75 °C @83.3 MV·A

线圈	串联 线圈1	调压 线圈	公共 线圈	串联线 圈2	结构件 损耗	总损耗
电阻值 @20°C (mΩ)	126.19	86.54	205.86	1325.96	-	-
负载 损耗 /kW	1	16.38	0.215	98.95	93.47	29.70
	3	13.54	9.54	107.78	77.25	24.91
	5	20.22	13.93	89.31	115.4	36.35
电流 /A	1	360.70	0.0	684.42	360.70	-
	3	327.91	327.91	717.56	327.91	-
	5	440.78	440.78	643.93	440.78	-

表12 额定分接阻抗电压试验值

电压比	计算值/ (%)	试验值	基准容量/MV·A
400/138	17.64		250
400/11.0	71.15		250
138/11.0	67.86		250

本项目因其他原因没有形成最终产品。

结束语

本文通过几个项目的例子，如普通三绕组通过低压线圈分裂得到高中阻抗和高低阻抗接近及自耦变压器通过串联线圈分裂实现高低阻抗和中低阻抗接近的要求。希望通过本解决方案供有此要求的用户采用。EA

(收稿日期：2022-04-25)

参考文献

- [1] 崔立君. 特种变压器理论与设计[M]. 北京: 科学技术文献出版社, 1995.
- [2] 李猛. 基于差分进化算法的电力变压器故障监测方法[J]. 电气应用, 2022, 41(6): 9-15.
- [3] 王顺, 徐超, 张健, 等. 变压器励磁涌流原理及实际案例分析[J]. 电气应用, 2022, 41(5): 86-91.

