

配电变压器低压侧单相接地保护方式和设备选择

齐鲁石油化工公司设计院 艾 义

额定容量为400千伏安及以上，6—10/0.4千伏，低压侧中心点接地（Y/Y₀-12）的配电变压器，根据《工业和民用电力装置的继电保护和自动装置设计规范》GBJ62—83（以下简称《规范》）规定，对低压侧单相接地短路应采用下列保护方法之一：

- ①利用高压侧过电流保护（三相式）；
- ②接于低压侧中性线上的零序电流保护；③接于低压侧的三相电流保护。现就保护方式和设备选择提出一些看法。

一、保护方式的选择

利用变压器高压侧的过电流保护兼作低

压单相接地保护，是一种简单节省的方法，用在照明负荷为主的变压器上，灵敏度可能满足要求。但是，对于带有大量低压电动机负荷的变压器，则往往不能满足灵敏度的要求，这涉及到变压器过电流保护的整定问题。在当前出版的一些设计手册中，把变压器所带电动机分为有自起动装置的和没有自起低装置的，或者把电网分为有自动装置和没有自动装置两种，有自起动装置或有自动装置时，过负荷系数取得较大，过电流保护整定值高，反之整定值较小，因而过电流保护也可兼作低压单相接地保护。实际上，即使

无限大系统10/0.4千伏变压器低压端部短路时过电流保护灵敏系数 表1

项 目	变 压 器 容 量 (kVA)						
	400	500	630	800	1000	1250	
变压器阻抗电压 u_d (%)	4	4	4	4.5	4.5	4.5	
变压器电阻 (毫欧)	R_1, R_2	5.96	4.56	3.39	3.01	2.10	1.62
	R_0	86.2	74.6	51.4	40.1	34.5	30.0
变压器电抗 (毫欧)	X_1, X_2	14.85	11.97	9.57	8.48	6.89	5.51
	X_0	131	100	75	60.9	52.8	45.5
变压器计算阻抗 Z_i	62.76	49.86	36.89	30.16	25.67	21.86	
变压器二次侧单相接地短路电流 I_{d2} (安)	3665	4613	6235	7626	8960	10521	
折合到一次侧单相接地短路电流 I_{d1} (安)	147	185	250	305	358	420	
一次侧过电流保护整定电流 I_{dz1} (安)	114	143	180	228	285	357	
一次侧过电流保护灵敏系数	三相三继电器 K_L	0.86	0.86	0.93	0.89	0.84	0.78
	二相二继电器 K_L	0.43	0.43	0.47	0.45	0.42	0.40

注：1.表中阻抗为SL₁型变压器的阻抗，其中零序阻抗采用1982年第3期《变压器》刊登的常州变压器厂等单位实测的数据。

2.整定电流计算公式中，各系数取值为：可靠系数 $K_K=1.2$ ；接线系数 $K_{ix}=1.0$ ；过负荷系数 $K_g=3.5$ ；继电器返回系数 $K_f=0.85$ 。

3.表中参数： $R_1=R_2=\Delta P_d \cdot U_e^2/S_e^2$ ； $X_1=X_2=\sqrt{Z_b^2-R_1^2}$ (2)； $Z_b=U_d\%/100 \cdot U_e^2/S_e$ ；

$Z_i=\sqrt{[\frac{1}{3}(R_1+R_2+R_0)]^2 + [\frac{1}{3}(X_1+X_2+X_0)]^2}$ ； $I_{dz1}=K_K \cdot K_{ix} (K_g I_{eb}/K_f)$ ；三相三继电器 $K_L=2I_{d1}/3I_{dz1}$ ；二相二继电器 $K_L=I_{1d}/3I_{dz1}$ 。以上诸式中 ΔP_d ——变压器短路损耗 (千瓦)； U_e ——额定线电压 (千伏)； S_e ——额定容量 (兆伏安)； $u_d\%$ ——变压器阻抗电压的百分值； $I_{e,d}$ ——变压器一次侧额定电流 (安)。

二、零序电流保护装置的选择

当前，零序电流保护一般由普通母线型电流互感器和GL-10型（或GL-20型）反时限电流继电器组成。电流继电器动作按如下两个条件整定：①躲过正常运行时变压器中性线上流过的最大不平衡电流，此电流一般不超过低压线圈额定电流的25%；②与低压母线出线保护相配合。

工业企业常用的星形-星形接线低压侧中性点接地的配电变压器，阻抗电压较小，低压侧发生相间短路时短路电流较大，所以出线通常采用断流能力较大的RTO型熔断器。由于零序保护和熔断器的配合要求，在保证灵敏度的前提下，需要加大保护的动作值。因此与GL-10型继电器相连的电流互感器的一次侧额定电流也应按上述两个条件选择。

为了说明第二个条件，将RTO型熔断器及电流互感器为各种变比时的GL-10型继电器（整定电流为10安）特性曲线绘制在一起，如图3所示。

由曲线可以看到，零序电流保护和出线熔断器的配合关系。考虑到熔断器有50%的误差，并留有一定的配合裕度，将电流互感器的变比选择列在表2中，供参考。

表2中只列出了出线熔断器熔丝电流为300安以内零序保护电流互感器变比的选择。对于350安及以上的熔断器，零序保护采用GL-10型继电器，则电流互感器变比就要很大，建议采用定时限电流继电器，其保护特性虽然不如反时限继电器，但其整定范围大，可提高整定值满足配合要求。当然，不管加大电流互感器变比也好，提高继电器整定值也好，都要满足保护灵敏度的要求。

三、举例

一台SL1-630/10型变压器，变比为10/0.4千伏，Y/Y0-12连接。低压母线最远点单相短路电流6.1千安，低压出线RTO熔断器最大一级熔丝为200安。选择零序保护装置。

继电器选用GL-10型，整定电流为10安。选用LMZJ1-0.5型电流互感器，从表2中查得，按正常运行变压器中性线不平衡电流选用300/5安电流互感器，按出线熔丝额定电流选用500/5安电流互感器，取其较大者500/5安。

保护的灵敏系数为：

$$K_L = \frac{I_{d1}}{I_{dz1}} = \frac{6100}{10 \times 100} = 6.1$$

灵敏系数大于《规范》要求的1.5。

电 流 互 感 器 变 比 选 择 表

表2

按出线最大一级熔丝额定电流选择		按正常运行变压器中性线不平衡电流选择		
RTO熔丝电流 (安)	电流互感器变比 (安)	变压器容量 (千伏安)	中线不平衡电流 (安)	电流互感器变比 (安)
50	100/5	400	152	200/5
80	200/5	500	190	200/5
120	300/5	630	239	300/5
150	400/5	800	304	400/5
200	500/5	1000	380	400/5
250	600/5	1250	475	500/5
300	800/5			

表中：中线不平衡电流=变压器二次侧额定电流×25%