

# 量度继电器可靠性特征量 可靠性指标体系研究报告

河北工学院 陆俭国

## 1 前言

量度继电器是电力系统继电保护的基础元件,它的功能应是在电力系统发生故障能及时、准确地发现故障,从而使故障及时地被切除,保证电力系统的安全供电。随着电网向高电压、远距离、大容量的方向发展,各电站的装机容量日益增大、各电网间的联系日益紧密并日趋复杂,所以电力系统的可靠运行就显得非常重要,从而要求量度继电器应具有较好的可靠性。但量度继电器的可靠性指标及标准尚无成熟的国外经验可借鉴,因此,需要我们针对量度继电器的工作特点,进行分析、研究来加以确定。

## 2 量度继电器的工作特点

量度继电器属于保护类电器,它们的工作与有或无继电器等频繁操作型电器不同,当电力系统未发生故障时,量度继电器应不动作;当系统发生短路等各种故障时,量度继电器应迅速动作,使故障及时被切除。

一般说来,电力系统故障不很频繁,且无一定规律。有的量度继电器可能几年也不动作一次,而有的量度继电器可能一年动作几次。

量度继电器的可靠性不高,一般表现为两种故障形式。一种是拒动故障,即当电力系统发生短路等故障时,量度继电器不能及时可靠的动作,这将使电力系统得不到可靠的保护,另一种故障是误动,即当电力系统未发生故障时,量度继电器由于本身动作特性的改变或由于各种干扰信号的作用而发生误动作,导致电力系统不必要地停电,从而产生一定的经济损失。

从故障的后果来看,拒动故障会危及电力系统及用电设备的安全,从而可能导致巨大的经济损失,而误动故障虽造成不必要地停电,从而产生一定的经济损失,但这两种故障相比,显然,拒动故障的后果要严重得多。

## 3 量度继电器的可靠性指标

由上可见,量度继电器拒动故障发生的频繁程度不仅取决于量度继电器本身的工作是否可靠,而且取决于电力系统故障的频繁程度。而误动故障发生的频繁程度主要取决于量度继电器本身元件及电路参数的漂移及其抗干扰性能。同时这两类故障后果的严重程度也有很大不同。因此,很难用一个单独的可靠性指标来描述量度继电器的可靠性,但也不宜采用过于复杂的可靠性指标体系,所以建议针对拒动、误动这两类故障分别规定两个可靠性指标:对拒动故障而言,可采用保护成功率作为可靠性指标(成功率是指产品在规定的条件下完成规定功能的概率,或在规定条件下试验成功的概率);对误动故障而言,可采用误动故障率作为可靠性指标(误动故障率是指已工作到  $t$  时刻的产品,在  $t$  时刻后的单位时间内发生误动故障的概率)

## 4 量度继电器的可靠性测定试验及参数估计

本项目得到机电部机械工业技术发展基金资助

1. 保护成功率的测定试验可抽取n个样品, 模拟电力系统各种故障给量度继电器样品通以规定的故障信号, 根据样品能否可靠动作, 将样品分为成功及失败两类, 也可以只抽取1个样品, 通以规定的故障信号重复进行n次试验, 并把试验分成功或失败两种情况, 但在相邻两次试验之间, 样品必须恢复到试验开始时的状态和性能。n的大小无严格要求, 但为使保护成功率的估计更准确, n应尽可能大些。

保护成功率的点估计值 $\hat{R}$ 可用下式计算:

$$\hat{R} = \frac{n-r}{n} \quad (1)$$

式中n——总试验次数或试品数; r——失败的次数或失败的试品数

保护成功率的区间估计公式如下。

保护成功率的单侧置信下限 $R_L$ 为

$$R_L = \frac{n-r}{n-r+(r+1)F_{1-\alpha}(v_1, v_2)} \quad (2)$$

式中  $1-\alpha$ ——置信度;

$v_1, v_2$ ——自由度,  $v_1=2r+2, v_2=2(n-r)$

$F_{1-\alpha}(v_1, v_2)$ ——F分布的分位数,  $1-\alpha=0.9$ 时的 $F_{1-\alpha}(v_1, v_2)$ 如表1。保护成功率的双侧置信限(置信下限 $R_{SL}$ 、置信上限 $R_{SU}$ )为:

表1  $F_{0.9}(v_1, v_2)$

$F_{0.9}(v_1, v_2)$	$v_1$									
	2	4	6	8	10	20	30	40	60	120
$v_2$										
2	9.00	9.24	9.33	9.37	9.39	9.44	9.46	9.47	9.47	9.48
4	4.32	4.11	4.01	3.95	3.92	3.84	3.82	3.80	3.79	3.78
6	3.46	3.18	3.05	2.98	2.94	2.84	2.80	2.78	2.76	2.74
8	3.11	2.81	2.67	2.59	2.54	2.42	2.88	2.36	2.34	2.32
10	2.92	2.61	2.46	2.38	2.32	2.20	2.16	2.13	2.11	2.08
12	2.81	2.48	2.33	2.24	2.19	2.06	2.01	1.99	1.96	1.93
14	2.73	2.39	2.24	2.15	2.10	1.96	1.91	1.89	1.86	1.83
16	2.67	2.33	2.18	2.09	2.03	1.89	1.84	1.81	1.78	1.75
18	2.62	2.29	2.13	2.04	1.98	1.84	1.78	1.75	1.72	1.69
20	2.59	2.25	2.09	2.00	1.94	1.79	1.74	1.71	1.68	1.64
30	2.49	2.14	1.98	1.88	1.82	1.67	1.61	1.57	1.54	1.50
40	2.44	2.09	1.93	1.83	1.76	1.61	1.54	1.51	1.47	1.42
60	2.39	2.04	1.87	1.77	1.71	1.54	1.48	1.44	1.40	1.35
120	2.35	1.99	1.82	1.72	1.65	1.48	1.41	1.37	1.33	1.26

$$R_{SL} = \frac{n-r}{n-r+(r+1)F_{1-\frac{\alpha}{2}}(v_1, v_2)} \quad (3)$$

式中  $v_1 = 2r + 2$ ,  $v_2 = 2(n - v)$   $v_2 = 2(n - r)$

$$R_{SV} = \frac{(n-r+1)F_{1-\frac{\alpha}{2}}(v_1, v_2)}{r + (n-r+1)F_{1-\frac{\alpha}{2}}(v_1, v_2)} \quad (4)$$

式中  $v_1 = 2(n-r+1)$   $v_2 = 2r$   
 当置信度  $1 - \alpha = 0.9$  时的  $F_{1-\frac{\alpha}{2}}(v_1, v_2)$  即  $F_{0.95}(v_1, v_2)$  可由查表 2 查得。

表 2  $F_{0.95}(v_1, v_2)$

$F_{0.95} v_1 v_2$	$v_1$																	
$v_2$	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	40	50	60
2	19.0	19.2	19.3	19.4	19.4	19.4	19.4	19.4	19.4	19.4	19.5	19.5	19.5	19.5	19.5	19.5	19.5	19.5
4	6.94	6.39	6.16	6.04	5.96	5.91	5.87	5.84	5.82	5.80	5.79	5.77	5.76	5.75	5.75	5.72	5.70	5.69
6	5.14	4.53	4.28	4.15	4.06	4.00	3.96	3.92	3.90	3.87	3.86	3.84	3.83	3.82	3.81	3.77	3.75	3.74
8	4.46	3.84	3.58	3.44	3.35	3.28	3.24	3.20	3.17	3.15	3.13	3.12	3.10	3.09	3.08	3.04	3.02	3.01
10	4.10	3.48	3.22	3.07	2.98	2.91	2.86	2.82	2.80	2.77	2.75	2.74	2.72	2.71	2.70	2.66	2.64	2.62
12	3.89	3.26	3.00	2.85	2.75	2.69	2.64	2.60	2.57	2.54	2.52	2.51	2.49	2.48	2.47	2.43	2.40	2.38
14	3.74	3.11	2.85	2.70	2.60	2.53	2.48	2.44	2.41	2.39	2.37	2.35	2.33	2.32	2.31	2.27	2.24	2.22
16	3.63	3.01	2.74	2.59	2.49	2.42	2.37	2.33	2.30	2.28	2.25	2.24	2.22	2.21	2.19	2.15	2.12	2.11
18	3.55	2.93	2.66	2.51	2.41	2.34	2.29	2.25	2.22	2.19	2.17	2.15	2.13	2.12	2.11	2.06	2.04	2.02
20	3.49	2.87	2.60	2.45	2.35	2.28	2.22	2.18	2.15	2.12	2.10	2.08	2.07	2.05	2.04	1.99	1.97	1.95
22	3.44	2.82	2.55	2.40	2.30	2.23	2.17	2.13	2.10	2.07	2.05	2.03	2.01	2.00	1.98	1.94	1.91	1.89
24	3.40	2.78	2.51	2.36	2.25	2.18	2.13	2.09	2.05	2.03	2.00	1.98	1.97	1.95	1.94	1.89	1.86	1.84
26	3.37	2.74	2.47	2.32	2.22	2.15	2.09	2.05	2.02	1.99	1.97	1.95	1.93	1.91	1.90	1.85	1.82	1.80
28	3.34	2.71	2.45	2.29	2.19	2.12	2.06	2.02	1.99	1.96	1.93	1.91	1.90	1.88	1.87	1.82	1.79	1.77
30	3.32	2.69	2.42	2.27	2.16	2.09	2.04	1.99	1.96	1.93	1.91	1.89	1.87	1.85	1.84	1.79	1.76	1.74
40	3.23	2.61	2.34	2.18	2.08	2.00	1.95	1.90	1.87	1.84	1.81	1.79	1.77	1.76	1.74	1.69	1.66	1.64
50	3.18	2.56	2.29	2.13	2.03	1.95	1.89	1.85	1.81	1.78	1.76	1.74	1.72	1.70	1.69	1.63	1.60	1.58

#### 4.2 误动故障率的测定试验及参数估计

误动故障率的测定试验可以抽取  $n$  个样品进行试验, 试验时试品通电, 并在分析产生误动故障的各种原因的基础上, 定期给试品施加各种压力 (包括干扰信号), 统计各试品的误动次数。试验可采用定时截尾, 也可采用定数截尾。

误动故障率的点估计值可用下式计算:

$$\hat{\lambda} = \frac{r}{T} \quad (5)$$

式中  $T$ ——累积的相关试验时间;

$r$ —— $n$  个试品累积的误动作次数。

定数截尾试验时误动故障率的单侧置信上限  $\lambda_U$ , 双侧置信限 (置信下限  $\lambda_{SL}$ , 置信上限  $\lambda_{SU}$ ) 为:

(下转 46 页)

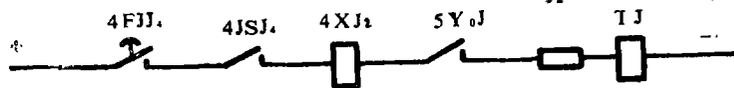


图11 ZYC—4 A中的分相后加速回路

#### 4 防止 P.T 二次回路异常的措施

由于 P.T 二次回路异常将造成继电保护装置的不正确动作，因此必须要采取相应的措施防止 P.T 二次回路出现异常。根据现场运行经验，下面措施对于防止 P.T 二次回路异常是行之有效的：

- 4.1 P.T 二次回路中每一个有电气连接的继电保护回路只允许留一个接地点，且接地一定要可靠。
- 4.2 如几组 P.T 共用一条“地”母线，则这几组 P.T 的二次回路共属一个电气连接，也只能有一处接地。这里指的“一处接地”是意味着在强电接地故障时，该“处”接地网的电位各点基本相等，因此在“一处”允许多点接地。控制室的接地网是能满足“接地网电位回点基本相等”条件的。因此，P.T 二次回路在控制室内允许多点接地，不必查 P.T 二次各路在控制室的接地点。
- 4.3 为了降低干扰电压，接地的地点宜选在保护屏所在的控制室内。由 P.T 端子引出的二次线应用带屏蔽层的电缆，电缆的敷设应尽可能靠近 P.T 的接地引下线，电缆两端的外皮分别在开关场及控制室内接地。
- 4.4 由 P.T 端子到接地点间的导线不得串入小开关或保险丝，且不得拆动，以保持 P.T 二次回路良好可靠的接地。
- 4.5 P.T 的不同二次绕组引至控制室接地点的电缆不允许共用电缆芯。具体来说就是对于 P.T 的开口三角绕组不允许与 Y<sub>0</sub>接法的星形绕组接地回路共用电缆芯，即开口三角形绕组必须用单独电缆芯将 N 线引至控制室后再可靠接地。

#### 参考文献

- [1] 山东工学院编。电力系统继电保护。
- [2] 朱声石著。高压电网继电保护原理与技术。

(上接71页)

$$\lambda_U = \frac{x^2_{1-\frac{2}{3}}(2r)}{2T} \quad (6)$$

$$\lambda_{SL} = \frac{X^2_{\frac{2}{3}}(2r)}{2T} \quad (7)$$

$$\lambda_{SU} = \frac{x^2_{1-\frac{2}{3}}(2r)}{2T} \quad (8)$$

定时截尾试验时的  $\lambda_U$ 、 $\lambda_{SL}$ 、 $\lambda_{SU}$  为：

$$\lambda_U = \frac{x^2_{1-\frac{2}{3}}(2r+2)}{2T} \quad (9)$$

$$\lambda_{SL} = \frac{x^2_{\frac{2}{3}}(2r)}{2T} \quad (10)$$

$$\lambda_{SU} = \frac{x^2_{1-\frac{2}{3}}(2r+2)}{2T} \quad (11)$$