

量度继电器可靠性试验和评估方法的研究

韩天行 王刚军 许昌继电器研究所 (461000)

【摘要】 由于继电器及继电保护装置的失效能够引起电力系统和其它工业的巨大损失, 因此提高电力系统中使用的设备的可靠性是必要的。量度继电器是电力系统继电保护的基础元件, 所以研究量度继电器的可靠性就变得更加重要, 根据量度继电器的工作特点, 建立量度继电器的可靠性指标体系。在完成可靠性指标验证、评估和统计方法等研究的基础上, 对量度继电器可靠性试验装置进行了研制。

【关键词】 量度继电器 可靠性指标体系 可靠性试验

引言

随着电力系统的发展, 对基础元件的高可靠性要求变得更加重要, 量度继电器属于保护类电器, 它不同于频繁操作的有或无继电器, 例如控制继电器和接触器。量度继电器在电力系统正常运行时处于带电准备工作状态, 当电力系统发生了短路或者过载运行时, 量度继电器必须要可靠正确动作, 由于电力系统故障不是频繁发生, 因此量度继电器属于非频繁操作的电器。

量度继电器的失效模式分为拒动和误动, 拒动意味着当电力系统发生故障时量度继电器不能及时可靠动作, 误动意味着当电力系统没有故障时量度继电器不正确动作。量度继电器的失败原因是由于本身的故障或由于各种干扰信号的作用而引发, 电力系统的安全性受上述两种失效模式的影响。对于拒动这种失效方式, 不仅决定于继电器本身的可靠性, 也决定于电力系统的可靠性, 但是误动主要决定于继电器本身的参数漂移和抗干扰性能。根据量度继电器的失效模式, 可以得出如下的致命失效判据:

- a 触点系统熔接或发生其它形式的粘接。
- b 电磁系统 (包括机械部分) 发卡或发生其它形式的粘接。
- c 在规定的过载条件下线圈损坏。
- d 线圈断线。
- e 各类元器件特性参数变化造成功能的丧失。
- f 绝缘系统击穿。

基于上述量度继电器的失效模式和致命失效判据, 显然采用单一的可靠性特征量去反映量度继电器的可靠性是不可能的, 但也不能采用过于复杂的可靠性特征量去反映量度继电器的可靠性, 否则将使试验室进行可靠性测定时很困难。综合上述观点, 量度继电器的可靠性指标体系确定如下:

$$\text{量度继电器} \left\{ \begin{array}{l} \text{可维修产品} \left\{ \begin{array}{l} \text{成功率 } R \\ \text{平均无故障工作时间 } M T B F \\ \text{有效度 } A \end{array} \right. \\ \text{不可维修产品} \left\{ \begin{array}{l} \text{成功率 } R \\ \text{平均寿命 } M T T F \end{array} \right. \end{array} \right.$$

其中:

(1) $M TBF$ 或 $M TTF$

对于可修复产品为 $M TBF$ (平均无故障工作时间) 为两次故障间工作时间的平均值。

对于不可修复产品为 $M TTF$ (平均寿命) 为产品失效前平均工作时间。

(2) 成功率 R : 产品在规定的条件下, 完成规定功能的概率或在规定条件试验成功的概率。

(3) 有效度 A : 它是反映可以修复的量度继电器运行时的可靠性综合性指标在一定程度上还反映电力系统运行的可靠性。

1 量度继电器可靠性验证、评估和统计

1.1 $M TBF$ (或 $M TTF$) 验证试验

1.1.1 试验方案

$M TBF$ (或 $M TTF$) 验证试验一般应采用实验室试验。

除非产品标准另有规定, 量度继电器的 $M TTF$ (或 $M TBF$) 验证试验推荐采用定时或定数截尾试验, 其抽样方案置信度, $(1 - \beta)$ 取为 0.9 (即 β 取为 0.1), 在产品寿命 (对不可修复产品为失效前工作时间, 对可修复产品为相邻两次故障间的工作时间), 服从指数分布时, $M TTF$ (或 $M TBF$) 的验证试验方案见表 1。表中 Y_c 为截尾失效数, T_c 为截尾时间, θ 为不可接受的平均寿命。

表 1 $M TTF$ (或 $M TBF$) 的验证试验方案

β	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
截尾失效数 Y	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
截尾时间 T (θ 的倍数)	2.30	3.89	5.32	6.68	7.99	9.27	10.53	11.80	13.00	14.21

1.1.2 $M TTF$ (或 $M TBF$) 验证试验的程序

a. 规定产品的可靠性指标 (即规定产品应达到的 $M TTF$ 值或 $M TBF$ 值);

b. 选定截尾失效数 Y_c , 推荐在 3~ 6 范围内选择 Y_c , 不推荐选择 $Y_c = 1$;

c. 将产品应达到的 $M TTF$ 或 $M TBF$ 值作为 θ , 并按选定的截尾失效数 Y_c 值由表 1 查出截尾时间 T_c ;

d. 确定试验样品数 n 。

从试验样品应具有代表性这方面考虑, n 不宜过小, 一般可主要根据批量大小 N 来确定, N 越大对应 n 也应大些, 推荐按表 2 选取 n 。

表 2 推荐的试验样品数 n

批量大小 N	1~ 2	3~ 8	9~ 15	16~ 25	26~ 50	51~ 90	91~ 150	> 150
n 的范围	全部	2	2~ 3	3~ 5	5~ 8	5~ 13	8~ 20	13~ 32

表 2 列出了推荐的试验样品数 n 的范围, 其具体值可考虑产品的价格与总试验时间不致过长这两方面因素来确定;

e. 试品抽取。

应从出厂试验合格的产品中随机抽取 n 个样品。当批量数 N 足够大时, 供抽样的产品数量应不小于试验样品数 n 的 10 倍。

f 试验及检测

MTTF (或MTBF) 是通过试品长期通电, 监测触点的工作状态来确定的。

在试品长期通电时, 应监测每台试品的一副触点的触点压降或开路电压, (动合触点的开路电压或动断触点的触点压降) 监测可用扫描监测。

开路电压的监测水平为不应低于 10V;

触点压降的监测水平在 0.5V 至 1.5V 间可调。

在通以规定的激励量试品动作后应监测动合触点的触点压降和动断触点的开路电压。

如任一台试品的触点压降或开路电压不满足以上要求, 或动作值试验不满足要求, 则认为该试品失效, 装置均应记录此试品的失效时间 t_b 。

g. 统计相关失效数 Y ;

h. 统计累积相关试验时间 T 。

定期检测出的相关失效试品, 其相关试验时间按定期检测时的时间计算。试验后检测出的相关失效试品, 其相关试验时间按试验结束时的时间计算;

产品的累积相关试验时间 T 可按式确定:

$$T = \sum_{i=1}^Y t_i + (n - Y) t_c$$

式中 Y —动作值及触点压降或开路电压不符合要求的相关失效试品数。

i —试验结果判定

当相关失效数 Y 未达到截尾失效数 Y_c (即 $Y < Y_c$), 且未发生一次或一次以上致命失效, 而累积相关试验时间 T 达到或超过了截尾时间 T_c (即 $T \geq T_c$), 则判为接收; 当累积相关试验时间 T 未达到截尾时间 T_c (即 $T < T_c$), 而相关失效数 Y 达到或超过了截尾失效数 ($Y \geq Y_c$) 或发生了一次致命失效, 则判为拒收。

1.2 成功率 R 的验证试验

成功率试验一般应采用实验室试验。其试验程序如下:

1.2.1 规定产品的成功率指标 (即规定产品达到的 R 值);

1.2.2 确定试验样品数 n 。

一般 n 与 MTTF (或MTBF) 验证试验时的试验样品数相同, 可在进行 MTTF (或MTBF) 验证试验时同时进行成功率试验。

1.2.3 定期检测方法

n 台试品长期通以规定电流或电压 (一般为 5A、100V), 此时试品应处于未动作状态, 按一定时间间隔 Δt 进行定期检测, 具体方法为: 当量度继电器的整定值为 A 时, 给试品突然施加激励量, 其大小为 $A + \Delta A$ (ΔA 值由有关标准规定), 此时试品必须动作, 如试品不动作则判为该试品发生了一次拒动; 当施加激励量为 $A - \Delta A$ 时, 试品应不动作, 如试品动作则判为该试品发生了一次误动。

对不可修复产品, 发生拒动或误动后应将该试品退出试验; 对可修复产品, 发生拒动或误动故障后应进行修复, 才能进行下一次检测。

1.2.4 统计所有试品总的试验次数 (施加激励量 $A + \Delta A$ 与 $A - \Delta A$ 次数之和) n_d ;

1.2.5 统计所有试品总和失效次数 Y_d ;

$$Y_d = Y_1 + Y_2$$

式中 Y_1 为拒动次数, Y_2 为误动次数。

1.2.6 成功率试验结果的判定

用数理统计的方法来确定成功率 R 的点估计值和区间估计值

成功率 R 的点估计值 $R = (n_d - Y_d) / n_d$

成功率的单侧置信下限为

$$R_L = (n_d - Y_d) / [n_d - Y_d + (Y_d + 1) F_{1-\alpha}(Y_1, Y_2)]$$

式中 $Y_1 = 2(Y_d + 1)$;

$$Y_2 = 2(n_d - Y_d);$$

$1 - \alpha$ 为区间估计的置信度, 一般取 $1 - \alpha = 0.9$;

$F_{1-\alpha}(Y_1, Y_2)$ 为 F 分布的分位数, 可由 F 分布分位数表查得。

当计算出的 R_L 大于或等于规定的成功率 R 值时判为接收, 当 R_L 小于 R 时判为拒收。

1.3 有效度 A 的验证试验

有效度 A 的验证试验一般应采用现场统计的方法。

有效度 A 的值由下式决定。

$$A = M TBF / (M TBF + M TTR)$$

其中 $M TTR$ —平均修复时间即从发现失效到产品恢复到规定的功能所需时间的平均值。

我们建议所统计的样品数量应尽可能多, 当统计得到的 A 的值大于或等于规定的有效度 A 值时判为接收, 当统计得到的 A 的值小于规定的有效度 A 值时判为拒收。

2 量度继电器可靠性试验装置

该试验装置由一台 486 计算机, 一台 MRT—02A 测试仪和一台由 8031 单片机控制的触点监测切换柜构成。486 计算机用来接收和传送命令参数, 分析、统计和处理试验数据。

MRT—02A 测试仪受 486 计算机控制输出电流、电压。触点监测切换柜用来监测试品触点压降, 切换试品, 记录故障时间, 并将试验数据传送给 486 计算机。所有的试验数据经过加工处理, 例如失效样品数、失效模式、失效时间、成功率 R 、 $M TTF$ (或 $M TBF$) 的值可以显示在 VGA 终端或通过打印机进行打印, 试验过程中的失效样品可以自动显示和剔除。图 1 为该试验装置的硬件框图。装置采用标准模块结构, 具有很高的可靠性, 易于制造和维护。

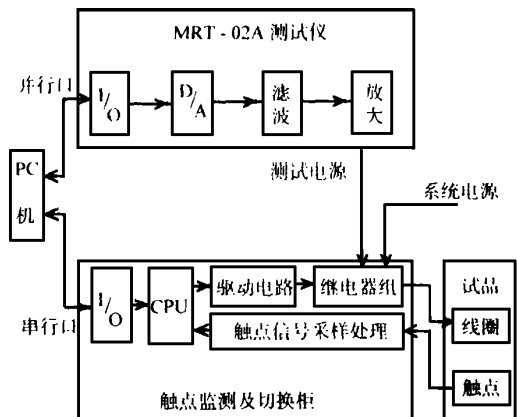


图 1

参考文献

- 1 陆俭国. 量度继电器可靠性特征量的研究. 继电器, 1992. 3
- 2 韩天行, 王刚军, 李全喜. 量度继电器可靠性指标体系. 继电器, 1994. 3
- 3 GB 5080.4—85 设备可靠性试验可靠性测定试验的点估计和区间估计方法
- 4 GB 5080.1—86 设备可靠性试验
- 5 GB 5080.7—86 设备可靠性试验恒定失效率假设下的失效率与平均无故障时间

YTF(S)- 500 remote trip signal transmission device is a new generation of remote tripping device which is developed basing on the advanced technology of SW T- 500F6 teleprotection signal audio transmission device and ESB500 power line carrier of Siemens company. Differing with other remote tripping signal transmission devices in China, the device can simultaneously transmit the remote tripping signals of two independent systems. It has higher safety and reliability than that of other devices, because it adopts the patent techniques of Siemens company, the keyed frequency-shift F6 modulation technique and the pulse noise restraint technique.

Keywords: Remote trip Safety Reliability Keyed frequency-shift

Development of IC- Based Complete Protection Suitable for Small or Middle Scale Hydro (Thermal) Power Stations Zhang Dawei et al(30)

An IC- based protective device which is suitable for the small or middle scale hydro (thermal) power stations with the single generator capacity not more than 50MW and the outgoing voltage not higher than 35kV is introduced. The device uses digital dial setting and its main protective unit is equipped with element failure locking circuit. So it has higher reliability and flexibility.

Keywords: Protection digital setting IC- based Small and middle- scale hydro (thermal) power stations

GENERAL DESCRIPTION

Current State of fault Recorder and Discussion on New Scheme Su Hongxun et al(33)

The main functions and important features of the new generation of combined fault recorder and monitor device which is set up on IPC technique, LAN technique and communication technique are described in view of the shortcomings of fault recorder in China.

Keywords: Fault recorder Harmonic analysis On- line data analysis IPC LAN

Discussion on the Maloperation Cause of HF Blocking Type Protection Zhang Keyuan et al(39)

The influence of 150Hz line- frequency component which comes into the transceiver of HF protection via HF channel is analyzed. Combined with the analysis on the interrupted waves of receiver's HF signal recorded at two faults, the judgement is given that the maloperation results from the 50Hz line- frequency component which comes into the HF output circuit of the transceiver when the HF channel is not grounded well. This paper presents a method of restricting the line- frequency component and suggests to verify the correctness of the analysis by farther simulation combined with site experience.

Keywords: Receiving interrupt HF channel HF transformer saturation Line- frequency component Ground potential rise

EXPERIENCE EXCHANGE

THR Distance Protection Applied in Dayawan Nuclear Power Station Zhang Huagui(45)

For the connections of 500kV one- and a- half CBs, line protection is equipped according to line layout and operates to two CBs. The available distance protections can be selected from domestic CKJ- 1, LZ96 and RA ZFE of ABB company, 7SL 32 of Siemens company, TLS of GE company, and THR of Reyrolle company, etc. The THR distance protection used on the Dayawan nuclear power station to Zengcheng 500kV line is introduced.

Keywords: Static type Distance protection Swing blocking

Analysis and Countermeasure of Anomaly in Control Circuit Yu Junfeng et al(49)

The anomaly of control circuit is carefully analyzed in three aspects and the detailed solution is presented basing on some typical examples.

Keywords: Control circuit CB Trip-proof relay System reliability

RELIABILITY RESEARCH

Study on the Testing and Assessment Method of Measurement Relay's Reliability Han Tianxing et al(52)

Because the failure of relay and protective device can lead great loss to power system and other industries, to rise the reliability of equipment used in the power system is very necessary. Measurement relay is a basic unit of relay protection for power system, so to study the reliability of measurement relay becomes more important. The reliability data system is set up basing on the operation feature of the relay. Many important questions, such as how to perform the verification, assessment and statistic of the reliability are discussed and the testing procedure is described. Basing on the above test theory of reliability, the reliability tester of measurement relay is studied.

Key words: Measurement relay Reliability data system Reliability test

The Designing of Resisting Disturbance of the Subrack Han Zaolin, Xiao Juan(56)

Along with the development of modern scientific technique, more and more equipment in power, electronic and apparatus industries use subrack structure to lay electronic elements. To decrease the influence of electromagnetic wave and static electricity produced from the equipment and environment on the function of the equipment, how to improve the function and reliability of resisting disturbance in aspects of material selection, earthing design, card screening, mounting location and ventage design are discussed.

Key words: Subrack Anti- interference design Screening