

继电器可靠性影响因素分析

马存宝¹, 成功¹, 胡云兰², 刘丽²

(1. 西北工业大学, 陕西 西安 710072; 2. 中船重工第 705 研究所, 陕西 西安 710075)

摘要: 根据继电器基本失效率模型和工作失效率模型, 利用国军标元器件基本失效率数据, 分析了在不同条件和工作环境下继电器的工作可靠性, 并做了比较和分析, 得出了有设计和工程参考价值的结果。

关键词: 继电器; 失效率; 可靠性; 环境

中图分类号: TM58 文献标识码: A 文章编号: 1003-4897(2006)04-0066-03

0 引言

电子设备可靠性研究是根据组成系统的元器件、组件和分系统的可靠性数据和模型逐级进行分析, 直到得出整个系统的可靠性指标。这是一个由局部到整体、由小到大的综合过程^[1]。对于电子设备, 及时地预测其可靠性往往比事后精确获得其可靠性数据作用更大, 在设计阶段采取提高可靠性的措施比日后改善更容易、更经济、更有效。对电子设备进行可靠性分析主要有三种用途: 提供产品的可靠性指标预测, 为产品设计决策提供依据; 编制关键元器件可靠性清单, 为设计和生产过程的质量控制提供依据; 为电子设备可靠性试验方案设计提供依据。

本文选用的电路逻辑图如图 1 所示。该电路为一个 4 × 8 继电器矩阵的一路, 从图上看, 它包括五种元器件: 芯片 75452、电阻、电容、二极管和继电器 JRC-19FI。图中的电源由于是外加电源, 在可靠性分析上, 本文假设它的可靠度为 1。

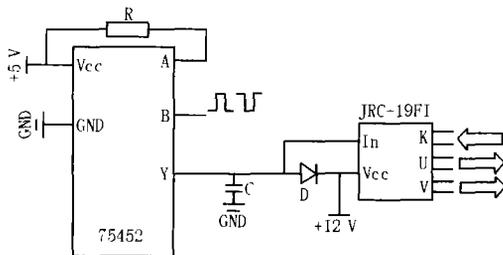


图 1 继电器矩阵单路逻辑图
Fig 1 Single logic of relay matrix

由于该电路中最关键且最容易发生故障的器件为继电器, 因此, 本文研究继电器可靠性随各种参数

基金项目: 航天创新基金 (2004CH010001)

变化的影响。

1 继电器可靠性分析模型

电子设备的最大特点是其寿命服从指数分布, 即:

$$f(t) = \begin{cases} e^{-t} & (t \geq 0, \lambda = 1) \\ 0 & (t < 0) \end{cases}$$

对于产品的寿命而言, 现实的方法是研究产品的平均寿命, 平均寿命在概率论中又称为寿命的数学期望, 用 m 表示:

$$m = \int_0^{\infty} t f(t) dt$$

当产品服从指数分布时, 即 $f(t) = e^{-t}$ 时, 有:

$$m = \int_0^{\infty} t f(t) dt = \int_0^{\infty} t e^{-t} dt = 1$$

上式表明: 当产品寿命服从指数分布时, 平均寿命为失效率的倒数, 也为常数。

对于不可修产品, 平均寿命是指产品发生故障之前的平均工作时间, 称为: 平均故障前时间 MTTF (mean - time - to - failure), 其度量方法为: 在规定的条件下和规定的时间内, 故障产品的寿命和与总故障产品数之比。

继电器工作失效率模型为:

$$p = b E Q C CYC F$$

表 1 参数含义

Tab 1 Parameters connotation

b	基本失效率	A	失效率水平调整系数
E	环境系数	N_T	温度常数 (°K)
Q	质量系数	T	工作环境温度 (°C)
c	触点型式系数	G	温度加速常数
CYC	动作速率系数	N_S	电应力常数
F	应用、结构系数	S	工作负载电流与额定阻性负载电流之比
		H	电应力加速常数

继电器的基本失效率模型为:

$$b = A e^{\left(\frac{T+273}{N_T}\right)^G} e^{\left(\frac{S}{N_S}\right)^H}$$

参数含义见表 1。

2 继电器可靠性影响因素分析

本文所选用继电器的基本工作条件如表 2 所示,是按照应用环境和工作条件给定的。由表中可见,继电器的可靠性影响因素很多,为了全面客观地评价该种继电器的可靠性,将采取变化一个影响因素,固定其它影响因素,估计平均故障间隔时间的方法,对继电器的可靠性进行分析。文中英文、数字等标号由文献 [3] 给出。

表 2 继电器的可靠性参数
Tab 2 Relay reliability parameters

影响因素	工作条件	影响因素	工作条件
环境	GF1	质量等级	B2
负载类型	阻性	触点形式	双刀双掷
工作温度	20	额定温度	85
动作速率	15次/h	应用结构类型	干电路衔铁
工作负载电流	0.45 mA	额定负载电流	500 mA

对所选电磁继电器做可靠性分析时,各相关参数来源于国军标手册 -GJB/Z 299B - 98 所给定的参数,各参数的取值均在手册中有明确规定,详细内容参见文献 [3] 中的表 5.1.8 1-1~表 5.1.8 1-13 及图 5.1.8 1-1~图 5.1.8 1-6。

本文的分析方法,采取在基本工作条件(表 2)的基础上固定其它参数而改变一种参数,可以研究不同参数改变时继电器可靠性的变化规律,达到突出重点的目的。

2.1 环境对继电器可靠性的影响

工作环境对继电器可靠性的影响如图 2 所示。

由图 2 中可见,继电器工作在 GB 和 SF 下的平均故障间隔时间最高,达到 820 000 h,而在 NU 环境下,仅 60 000 h。

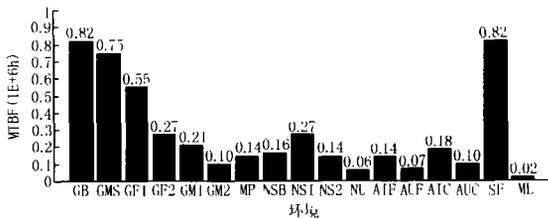


图 2 MTTF 随环境的变化关系

Fig 2 Curves of MTTF vs environment

2.2 质量等级对继电器可靠性的影响

质量等级对继电器可靠性的影响如图 3 所示。由图中可见,当选用 A1 质量等级的继电器时,平均故障间隔时间可达 3 660 000 h,而选用 C 等级的继电器平均故障间隔时间为 110 000,其间相差 33 倍,可见继电器的质量等级对其可靠性的影响非常大。

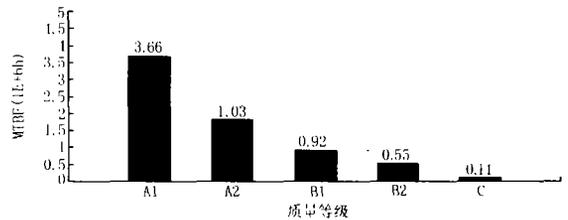


图 3 MTTF 随质量等级变化关系

Fig 3 Curves of MTTF vs quality

2.3 触点形式对继电器可靠性的影响

继电器的触点形式也会对其可靠性产生影响,如图 4 所示。由图中可见,单掷型继电器的可靠性都高于相同刀数的双掷型继电器,同时随刀数的增加可靠性逐渐降低,单刀单掷继电器的平均故障间隔时间是四刀双掷继电器的 5.5 倍。

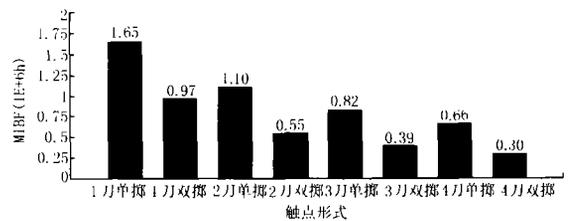


图 4 MTTF 随触点形式的变化关系

Fig 4 Relations of MTTF vs contacts

2.4 结构类型对继电器可靠性的影响

继电器结构类型共有 24 种,不同类型均对其可靠性产生影响,如图 5 所示。图中的数值标号见表 3。

表 3 不同结构类型的代号

Fig 3 Marbs of different structure patterns

标号	结构类型	标号	结构类型
1	干电路衔铁	2	干电路干簧
3	干电路磁保持	4	干电路平衡衔铁
5	通用长衔铁	6	通用平衡衔铁
7	灵敏衔铁	8	灵敏磁保持
9	灵敏平衡衔铁	10	极化短衔铁
11	高速平衡衔铁	12	高速短衔铁
13	高速干簧	14	温度双金属
15	电子延时半导体	16	磁保持干簧
17	磁保持平衡衔铁	18	高压真空玻璃
19	高压真空陶瓷	20	中功率衔铁
21	中功率磁保持	22	中功率平衡衔铁
23	大功率短衔铁	24	大功率平衡衔铁

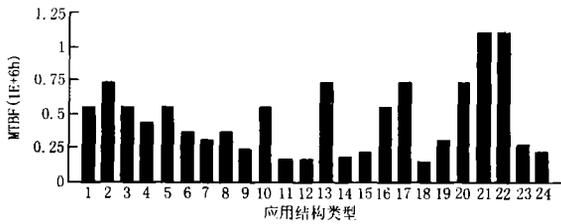


图 5 MTTF随结构类型的变化关系

Fig 5 Curves of MTTF vs structure patterns

由图表可知,继电器的结构类型对其可靠性的影响差异较大,平均故障间隔时间最大相差 7.5倍。

2.5 温度对继电器可靠性的影响

本文所选用的继电器工作温度范围在 - 25 ~ 70 之间,图 6画出了温度对其可靠性影响的关系曲线图。

由曲线图可见,随着温度的升高,继电器的平均故障间隔时间逐渐下降。

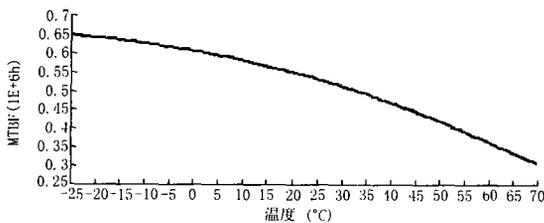


图 6 MTTF随温度的变化关系

Fig 6 Curves of MTTF vs temperatures

2.6 动作速率对继电器可靠性的影响

继电器的动作速率对其可靠性的影响如图 7所示。

由图中可见,随着继电器动作速率的提高,平均故障间隔时间基本呈指数型下降趋势。因此,若设计的电路要求继电器的动作速率非常高,那么在电路维修时就需要仔细检测继电器以便及时对它更换。

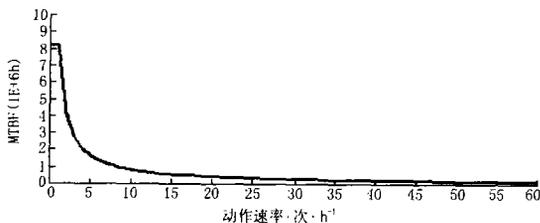


图 7 MTTF随动作速率的变化关系

Fig 7 Curves of MTTF vs operation rate

2.7 电流比对继电器可靠性的影响

所谓电流比是继电器的工作负载电流与额定负载电流之比,它对继电器的可靠性影响如图 8所示。

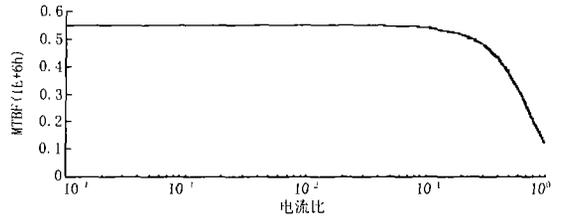


图 8 MTTF随电流比的变化关系

Fig 8 Curves of MTTF vs current ratio

由图可见,电流比对继电器的可靠性影响很大,尤其当电流比大于 0.1时,平均故障间隔时间迅速下降,而电流比小于 0.1时,平均故障间隔时间基本不变,因此在电路设计时应选用额定电流较大的负载以降低电流比,这样可保证继电器乃至整个电路不因工作电流的波动而使可靠性降低。

3 结论

本文分析比较了影响继电器可靠性的各种因素。通过分析可知,有些因素是继电器的内因,如质量等级、结构类型和触点形式,当继电器一经选定,这些因素便随之确定下来;有些因素是影响继电器可靠性的外因,如环境、工作温度;而另外一些因素与电路所要完成的功能有关,如工作温度、电流比和动作速率。在电路设计时,我们应综合考虑实际情况,调整好继电器的各个参数,以使其可靠性能达到比较高的水平,从而提高整个电路的可靠性。

参考文献:

- [1] Landers T L. A Reliability Simulation Approach for Use in the Design Process[J]. IEEE Trans on Reliability, 1991, 40 (2).
- [2] Omon S W. Reliability Prediction Models to Support Conceptual Design[J]. IEEE Trans on Reliability, 2002, 5 (2).
- [3] GJB /Z 299B-98,电子设备可靠性预计手册[S]. GJB /Z 299B-98, Electronic Equipment Reliability Prediction[S].
- [4] 成功. 电子设备可靠性分析与软件开发[D]. 西安:西北工业大学, 2003. CHENG Gong. Reliability Analysis and Software Developing of Electronic Equipment [D]. Xi an: Northwest Industry University, 2003.

收稿日期: 2005-06-17; 修回日期: 2005-08-10

作者简介:

马存宝(1963-),男,硕士,副教授,研究电子系统可靠性、ATE设计及系统建模与仿真。E-mail: caecmacb@nwpu.edu.cn

(下转第 88页 continued on page 88)

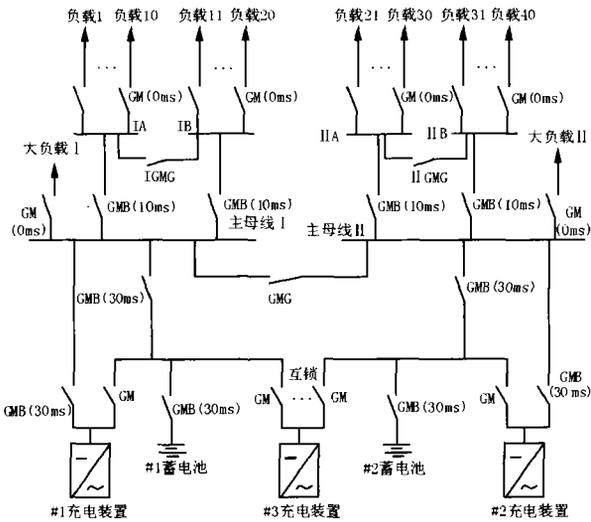


图 3 变电站直流系统主体示意

Fig 3 Principal part of power substation DC system

参考文献:

- [1] DT/T 5044-2004, 电力工程直流系统设计技术规程 [S].
DT/T 5044-2004, Technical Code for Designing DC System of Power Projects[S].
- [2] 电力工程直流系统 G 系列直流断路器设计选型手册 [Z]. 北京:北京人民电器厂.
Designing and Selecting Manual for G Series DC Circuit Breaker DC System of Power Projects[Z]. Beijing: People Electric Appliances Plant
- [3] 谢维彬, 房兆源, 赵应春, 等. 直流发散网络中熔断器熔芯局部熔化的管理 [J]. 电工技术, 2002, (10): 50.
XIE Wei-bin, FANG Zhao-yuan, ZHAO Ying-chun, et al Management of the Core Partial Melting of Fuse Box in DC Emitting Network[J]. Electric Engineering, 2002, (10): 50.

收稿日期: 2005-06-30; 修回日期: 2005-07-19

作者简介:

刘 华 (1955 -), 男, 高工, 从事电力系统继电保护运行管理工作。E-mail: jdbhzzhn@sina.com

Main problems and its countermeasures of the head fusing in power substation DC system

LU Hua

(Electric Power Dispatching and Communication Center of Henan Province, Zhengzhou 450052, China)

Abstract: This paper analyzes why did power substation DC system's head fusing. The probable reasons are the device mix: different types of devices, the device equipped unreasonable or unchanged in time with the increase of load, and the DC fuse unchanged regularly according to the correlative rule and some designing errors. This paper details the errors in designing scheme and proposes improved scheme. Based on relay protection, it chooses the DC circuit breaker with three zones protective characteristics and make them coordinated with each other step by step. The shorter distance between circuit breaker and fault point, the shorter time they need to use. So the selectivity can be ensured. At last, a specific principal part of the design project is put forward.

Key words: power substation; DC system; fuse

(上接第 68 页 continued from page 68)

Influencing factor analysis of relay reliability

MA Cun-bao¹, CHENG Gong¹, HU Yun-lan², LU Li²

(1. Northwestern Polytechnical University, Xi'an 710072, China;

2. The 705 Institute, China Shipping Industry Co., Xi'an 710075, China)

Abstract: According to the basic failure rate model and working failure rate model, the relay working reliabilities are analyzed under different working conditions and environments by using the national military standards. The comparisons and analysis are done and the valuable results for engineering design and application are obtained.

Key words: relay; failure rate; reliability; environment