

1. 判断题 (共 20 分, 每题 2 分)

- (1) () 系统优化权衡的核心是效能、寿命周期费用两个概念之间的权衡。
- (2) () 产品的故障密度函数反映了产品的故障强度。
- (3) () 对于含有桥联的可靠性框图, 在划分虚单元后得到的可靠性框图应是一个简洁的串、并联组合模型。
- (4) () 提高机械零件安全系数, 就可相应提高其静强度可靠度。
- (5) () 相似产品可靠性预计法要求新产品的预计结果必须好于相似的老产品。
- (6) () 并非所有的故障都经历潜在故障再到功能故障这一变化过程。
- (7) () 故障树也是一种可靠性模型。
- (8) () 事件树中的后续事件是在初因事件发生后, 可能相继发生的非正常事件。
- (9) () 电子元器件是能够完成预定功能且不能再分割的电路基本单元。
- (10) () 与电子产品相比, 机械产品的失效主要是耗损型失效。

2. 填空题 (共 20 分, 每空 1 分)

- (1) 系统效能是系统 可用性、可信性 及 固有能的综合反映。
- (2) 产品可靠性定义的要素为 规定条件、规定时间 和 规定功能。
- (3) 可靠性定量要求的制定, 即对定量描述产品可靠性的 参数的选择 及其 指标的确定。
- (4) 应力分析法用于 产品详细设计 阶段的 电子元器件 故障率预计。
- (5) 在进行 FMEA 之前, 应首先规定 FMEA 从哪个产品层次开始到哪个产品层次结束, 这种规定的 FMEA 层次称为 约定层次, 一般将最顶层的约定层次称为 初始约定层次。
- (6) 故障树构图的元素是 事件 和 逻辑门。
- (7) 事件的风险定义为 事件的发生概率 与 其损失值 的乘积。
- (8) PPL 的含义是 Preferred Part List(优选元器件清单)。
- (9) 田口方法将产品的设计分为三次: 系统设计、参数设计 和 容差设计。

3. 简答题 (20 分)

- (1) (10 分) 画出典型产品的故障率曲线, 并标明:
 - 1) 故障阶段;

- 2) 使用寿命;
3) 计划维修后的故障率变化情况。

教材第 14 页 图 2-6

画出典型产品的故障率曲线: 2 分

1) 4 分, 2)、3) 各 2 分

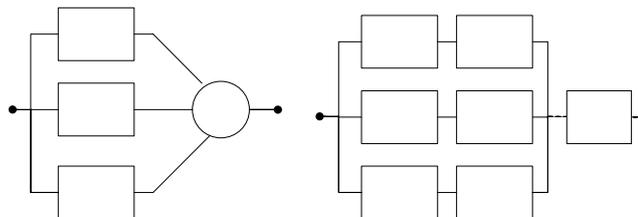
(2) (10 分) 什么是基本可靠性模型? 什么是任务可靠性模型? 举例说明。

答: 基本可靠性模型是用来估计产品及其组成单元可能发生的故障引起的维修及保障要求的可靠性模型 (2 分)。系统中任一单元发生故障后, 都需要维修或更换, 都会产生维修及保障要求, 故而可以把它看作度量使用费用的一种模型。基本可靠性模型是一个全串联模型 (1 分)。所以, 储备单元越多, 系统的基本可靠性越低 (1 分)。

任务可靠性模型是用以估计产品在执行任务过程中完成规定功能的概率, 描述完成任务过程中产品各单元的预定作用并度量工作有效性的一种可靠性模型 (2 分)。显然, 系统中储备单元越多, 则其任务可靠性越高 (1 分)。

举例: 教材 p. 24 图 3-3 及有关叙述 (3 分)。

4. (10 分) 题图 4(a)、(b)两部分是等价的吗? 请说明理由。当表决器可靠度为 1, 组成单元的故障率均为常值 λ 时, 请推导出三中取二系统的可靠度和 MTBCF 表达式。



题图 4

341401 系统可靠性设计分析期末试题 B (满分 100)

答: 是等价的 (2分)。理由 (4分)。

$$\text{由 } R_s(t) = R_m \sum_{i=r}^n C_n^i R(t)^i (1-R(t))^{n-i}, R_s(t) = R_m \sum_{i=r}^n C_n^i e^{-i\lambda t} (1-e^{-\lambda t})^{n-i} \text{ 得:}$$

$$R_s(t) = 3e^{-2\lambda t} - 2e^{-3\lambda t} \quad (\text{过程 1 分, 结果 1 分})$$

$$\text{由 } T_{BCF_s} = \int_0^{\infty} R_s(t) dt = \sum_{i=r}^n \frac{1}{i\lambda} \text{ 得:}$$

$$T_{BCF_s} = \frac{5}{6\lambda} \quad (\text{过程 1 分, 结果 1 分})$$

5. (10分) 四个寿命分布为指数分布的独立单元构成一个串联系统, 每个单元的 MTBF 分别为: 300、500、250 和 150 小时。若要求新系统的 MTBF 为 10 小时, 试按比例将 MTBF 分至各单元, 并计算新系统各单元工作 10 小时时的系统可靠度。

解:

$$\text{原系统故障率 } \lambda_{s老} = 1/300 + 1/500 + 1/250 + 1/150 = (5 + 3 + 6 + 10)/1500 = 2/125 (1/h) \quad (1 \text{ 分})$$

$$\lambda_i^* = \lambda_{s新}^* \cdot \frac{\lambda_{i老}}{\lambda_{s老}} \quad (1 \text{ 分})$$

$$\text{其中 } \lambda_{s新}^* = 1/10 = 0.1 (1/h) \quad (1 \text{ 分})$$

所以各单元按比例进行可靠性分配的结果为: (4分)

$$\lambda_1^* = 0.1 * 125 / 2 / 300 = 1/48 (1/h), T_{BF_1}^* = 48h;$$

$$\lambda_2^* = 0.1 * 125 / 2 / 500 = 1/80 (1/h), T_{BF_2}^* = 80h;$$

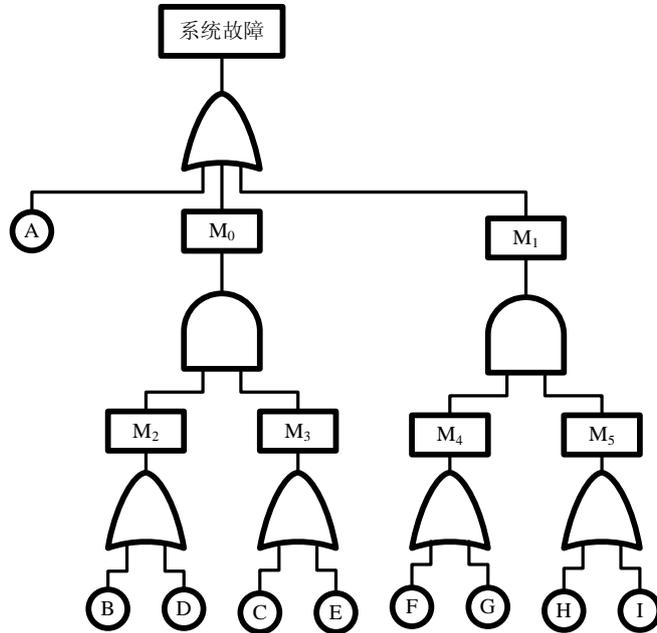
$$\lambda_3^* = 0.1 * 125 / 2 / 250 = 1/40 (1/h), T_{BF_3}^* = 40h;$$

$$\lambda_4^* = 0.1 * 125 / 2 / 150 = 1/24 (1/h), T_{BF_4}^* = 24h。$$

按上述分配所得系统的故障率为 $\lambda_1^* + \lambda_2^* + \lambda_3^* + \lambda_4^* = 0.1 h^{-1} = \lambda_{s新}^*$ (1分)

所以各单元工作 10 小时时系统可靠度 $R(10) = e^{-0.1*10} = 0.36787944117144232159552377016146$ (2分)

6. (20 分) 已知某系统故障的故障树如下图所示，其元件 MTBF 均为 2000 小时，服从指数分布。



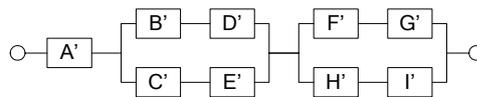
- 1) 求出最小割集 (10 分);
- 2) 预计该系统工作 100 小时的可靠度 (10 分)。

解:

- 1) 设 T 为顶事件：“系统故障”

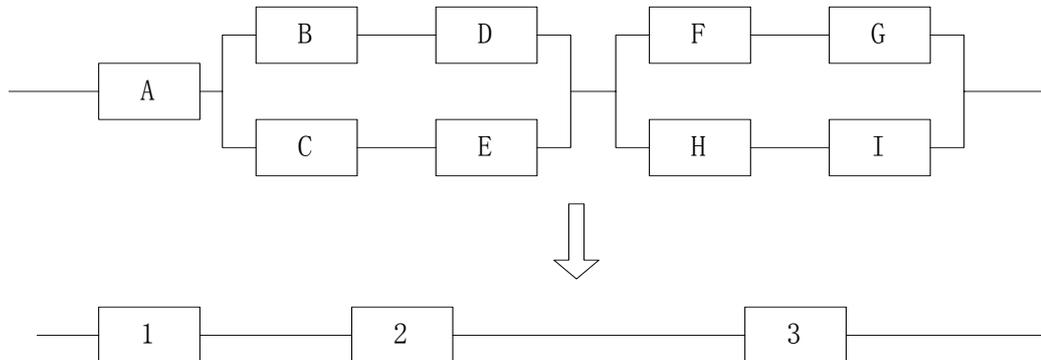
$$T = A \cup (B \cup D) \cap (C \cup E) \cup (F \cup G) \cap (H \cup I) = A \cup BC \cup BE \cup CD \cup DE \cup FH \cup FI \cup GH \cup GI$$

- 2)



(其中各单元均对应故障树逆事件)

把系统简化为三个单元，如图：



$$R_1 = R_A = 0.951$$

$$R_2 = 1 - (1 - R_B R_D)(1 - R_C R_E) = 0.991$$

$$R_3 = 1 - (1 - R_F R_G)(1 - R_H R_I) = 0.991$$

所以, 系统的可靠度: $R_S = R_1 \cdot R_2 \cdot R_3 = 0.934$