



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 111766848 B

(45) 授权公告日 2021.09.10

(21) 申请号 202010607873.4

审查员 叶双清

(22) 申请日 2020.06.29

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 111766848 A

(43) 申请公布日 2020.10.13

(73) 专利权人 北京广利核系统工程有限公司
地址 100094 北京市海淀区永丰路5号院5
号楼101

(72) 发明人 高玉斌 杜乔瑞 王嫫 石桂连
张亚栋 冀建伟

(74) 专利代理机构 北京天达知识产权代理事务
所(普通合伙) 11386
代理人 李明里

(51) Int. Cl.

G05B 23/02 (2006.01)

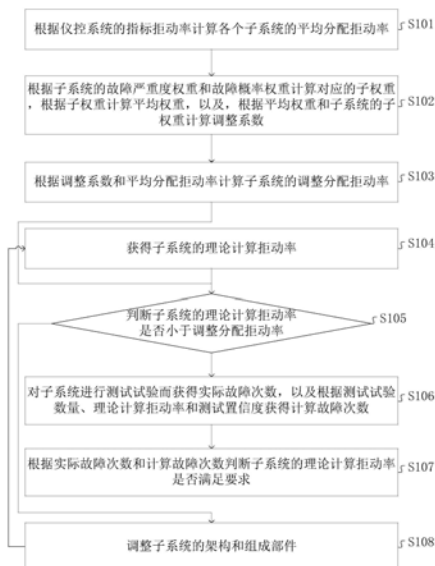
权利要求书2页 说明书8页 附图2页

(54) 发明名称

仪控系统中子系统的拒动率验证方法和装置

(57) 摘要

本说明书提供一种仪控系统中子系统的拒动率验证方法和装置,包括:根据子系统的故障严重度权重和故障概率权重计算对应的子权重和调整系数;根据调整系数和平均分配拒动率计算子系统的调整分配拒动率;在子系统的理论计算拒动率小于调整分配拒动率的情况下,对子系统进行测试试验而获得实际故障次数,以及根据测试试验数量、理论计算拒动率和测试置信度获得计算故障次数;根据实际故障次数和计算故障次数判断子系统的理论计算拒动率是否满足要求。因为调整系数体现了各个子系统的故障严重度权重和故障概率权重的特性,所以采用此系数和平均拒动率相乘得到的调整分配拒动率体现了各个子系统的差异。



1. 一种仪控系统中子系统的拒动率验证方法,其特征在于,包括:

根据所述仪控系统的指标拒动率计算各个所述子系统的平均分配拒动率;

采用子系统的故障严重度权重和故障概率权重乘积或对数之和作为所述子系统对应的子权重;将各个所述子系统对应的子权重的平均值作为平均权重;以及,采用如下公式根据所述平均权重和所述子系统对应的子权重计算调整系数:

$$w_i = \frac{W_i}{\sum_1^N W_j / N}$$

其中, w_i 为第*i*个子系统对应的调整系数, W_i 为第*i*个子系统对应的子权重, $\sum_1^N W_j / N$ 为所有子系统子权重的平均值;

根据所述调整系数和所述平均分配拒动率计算所述子系统的调整分配拒动率;

根据所述子系统的故障树模型和组成所述子系统的各个组件的拒动率计算得到所述子系统的理论计算拒动率;

在所述子系统的理论计算拒动率小于所述调整分配拒动率的情况下,对所述子系统进行测试试验而获得实际故障次数,以及根据所述测试试验数量、所述理论计算拒动率和测试置信度获得计算故障次数,包括:

采用 $P \leq -\frac{\ln(1-\alpha)}{n}$ 获得计算最小故障间隔次数*n*;

根据所述计算最小故障间隔次数*n*和所述测试试验数量获得所述计算故障次数;

其中*P*为所述理论计算拒动率, α 为所述测试置信度;

根据所述实际故障次数和所述计算故障次数判断所述子系统的理论计算拒动率是否满足要求。

2. 根据权利要求1所述的拒动率验证方法,其特征在于,

所述子系统的故障树模型的基本逻辑门包括与门,和/或,或门。

3. 根据权利要求2所述的拒动率验证方法,其特征在于,

在所述基本逻辑门为所述与门的情况下,所述基本逻辑门的顶事件的计算拒动率为: $\lambda = \lambda_1 \times T_1 \times \lambda_2 + \lambda_2 \times T_2 \times \lambda_1$;

其中 λ_1 为第一底事件的拒动率, λ_2 为第二底事件的拒动率, T_1 为第一底事件的平均故障时间, T_2 为第二底事件的平均故障时间。

4. 根据权利要求3所述的拒动率验证方法,其特征在于,

在第一底事件、所述第二底事件为可诊断故障时, T_1 和 T_2 为对应的可诊断故障的平均维修时间;

在第一底事件、所述第二底事件为不可诊断故障时, T_1 和 T_2 定期维护时间的一半。

5. 根据权利要求2所述的拒动率验证方法,其特征在于,

在所述基本逻辑门为所述或门的情况下,所述基本逻辑门的顶事件的计算拒动率为: $\lambda = \lambda_1 + \lambda_2$;

其中: λ_1 为第一底事件的拒动率, λ_2 为第二底事件的拒动率。

6. 一种仪控系统中子系统的拒动率验证装置,其特征在于,包括:

分配单元,用于根据所述仪控系统的指标拒动率计算各个所述子系统的平均分配拒动

率；

调整系数计算单元,用于根据所述子系统的故障严重度权重和故障概率权重的乘积或对数之和计算所述子系统对应的子权重;根据各个所述子系统对应的子权重的平均值计算平均权重;以及,采用如下公式根据所述平均权重和所述子系统对应的子权重计算调整系数:

$$w_i = \frac{W_i}{\sum_1^N W_j / N}$$

其中, w_i 为第*i*个子系统对应的调整系数, W_i 为第*i*个子系统对应的子权重, $\sum_1^N W_j / N$ 为所有子系统子权重的平均值;

调整单元,用于根据所述调整系数和所述平均分配拒动率计算所述子系统的调整分配拒动率;

结果评价单元,用于在所述子系统的理论计算拒动率小于所述调整分配拒动率的情况下,根据测试得到的实际故障次数和计算故障次数判断所述子系统的理论计算拒动率是否满足要求;

其中,所述子系统的理论计算拒动率根据所述子系统的故障树模型和组成所述子系统的各个组件的拒动率计算得到;

所述实际故障次数为对所述子系统进行测试试验而获得的实际故障次数;

所述计算故障次数为根据所述理论计算拒动率和测试置信度获得,包括:

采用 $P \leq -\frac{\ln(1-\alpha)}{n}$ 获得计算最小故障间隔次数*n*;

根据所述计算最小故障间隔次数*n*和所述测试试验数量获得所述计算故障次数;

其中*P*为所述理论计算拒动率, α 为所述测试置信度。

仪控系统中子系统的拒动率验证方法和装置

技术领域

[0001] 本发明涉及仪控系统安全性测试技术领域,尤其涉及一种仪控系统中子系统的拒动率验证方法和装置。

背景技术

[0002] 为保证核电设备在投产应用中达到预定的安全性指标,需要对核电设备的仪控系统的拒动率指标进行验证(当然,其他类型的大型生产系统的仪控系统也要进行拒动率指标验证,本说明书以核电设备仪控设备为例,进行说明)。

[0003] 因为核电设备的仪控系统结构复杂,体积偏大,完全构建起整个仪控系统后再进行拒动率指标验证的成本过高。实际测试过程中,多将仪控系统的整体拒动率指标平均分配给各个子系统(或者,进一步地再分配给各个子系统,直至分配给板卡级产品)。但是拒动率指标平均分配方式没有考虑各个子系统的结构、链路特性和负责功能等差异,无法体现出系统中各子系统、链路的特点与典型性,使得最终拒动率验证指标可能不能代表子系统的应用性要求。

发明内容

[0004] 本说明书提供一种仪控系统中子系统的拒动率验证方法,通过根据各个子系统的特性调整平均分配拒动率,再利用平均分配拒动率作为评价依据,对子系统的理论计算拒动率进行验证。

[0005] 一方面,本说明书提供一种仪控系统中子系统的拒动率验证方法,包括:

[0006] 根据所述仪控系统的指标拒动率计算各个所述子系统的平均分配拒动率;

[0007] 根据所述子系统的故障严重度权重和故障概率权重计算对应的子权重,根据所述子权重计算平均权重,以及,根据所述平均权重和所述子系统对应的子权重计算调整系数;

[0008] 根据所述调整系数和所述平均分配拒动率计算所述子系统的调整分配拒动率;

[0009] 在所述子系统的理论计算拒动率小于所述调整分配拒动率的情况下,对所述子系统进行测试试验而获得实际故障次数,以及根据所述测试试验数量、所述理论计算拒动率和测试置信度获得计算故障次数;

[0010] 根据所述实际故障次数和所述计算故障次数判断所述子系统的理论计算拒动率是否满足要求。

[0011] 可选的,根据所述子系统的故障严重度权重和故障概率权重计算对应的子权重,以及根据所述子权重计算平均权重,包括:

[0012] 采用子系统的故障严重度权重和故障概率权重乘积作为所述子系统对应的所述子权重;

[0013] 将各个所述子系统对应的子权重的平均值作为所述平均权重。

[0014] 可选的,所述子系统的理论计算拒动率根据所述子系统的故障树模型和组成所述子系统的各个组件的拒动率计算得到。

[0015] 可选的,所述子系统的故障树模型的基本逻辑门包括与门,和/或,或门。

[0016] 可选的,在所述基本逻辑门为所述与门的情况下,所述基本逻辑门的顶事件的计算拒动率为: $\lambda=\lambda_1 \times T_1 \times \lambda_2 + \lambda_2 \times T_2 \times \lambda_1$;

[0017] 其中 λ_1 为第一底事件的拒动率, λ_2 为第二底事件的拒动率, T_1 为第一底事件的平均故障时间, T_2 为第二底事件的平均故障时间。

[0018] 可选的,在第一底事件、所述第二底事件为可诊断故障时, T_1 和 T_2 为对应的可诊断故障的平均维修时间;

[0019] 在第一底事件、所述第二底事件为不可诊断故障时, T_1 和 T_2 定期维护时间的一半。

[0020] 可选的,在所述基本逻辑门为所述或门的情况下,所述基本逻辑门的顶事件的计算拒动率为: $\lambda=\lambda_1 + \lambda_2$;

[0021] 其中: λ_1 为第一底事件的拒动率, λ_2 为第二底事件的拒动率。

[0022] 可选的,根据所述测试试验数量、所述理论计算拒动率和测试置信度获得计算故障次数,包括:

[0023] 采用 $P \leq -\frac{\ln(1-\alpha)}{n}$ 获得计算最小故障间隔次数n;

[0024] 根据所述故障间隔次数n和所述测试试验数量获得所述计算故障次数;

[0025] 其中P为所述理论计算拒动率, α 为所述测试置信度。

[0026] 另一方面,本说明书提供一种仪控系统中子系统的拒动率验证装置,包括:

[0027] 分配单元,用于根据所述仪控系统的指标拒动率计算各个所述子系统的平均分配拒动率;

[0028] 调整系数计算单元,用于根据所述子系统的故障严重度权重和故障概率权重计算对应的子权重,根据所述子权重计算平均权重,以及,根据所述平均权重和所述子系统对应的子权重计算调整系数;

[0029] 调整单元,用于根据所述调整系数和所述平均分配拒动率计算所述子系统的调整分配拒动率;

[0030] 结果评价单元,用于在所述子系统的理论计算拒动率小于所述调整分配拒动率的情况下,根据测试得到的实际故障次数和计算故障次数判断所述子系统的理论计算拒动率是否满足要求;

[0031] 所述实际故障次数为对所述子系统进行测试试验而获得的实际故障次数;所述计算故障次数为根据所述理论计算拒动率和所述测试置信度获得。

[0032] 可选的,所述调整系数计算单元采用所述子系统的故障严重度权重和故障概率权重的乘积作为所述子系统对应的子权重;以及,将各个所述子系统对应的子权重的平均值作为所述平均权重。

[0033] 本说明书提供的拒动率验证方法和装置,通过子系统的故障严重度权重和故障概率权重计算调整系数,以利用调整系数对平均分配拒动率进行调整而获得调整分配拒动率。因为调整系数体现了各个子系统的故障严重度权重和故障概率权重的特性,所以采用此系数和平均拒动率相乘得到的调整分配拒动率体现了各个子系统的差异;后续采用调整分配拒动率的评价对应子系统的理论计算拒动率更为准确合理;进一步地,基于此理论计算拒动率和给定的测试置信度确定的验证结果也更好地评价子系统的拒动率指标是否满

足要求,避免拒动率指标平均分配的弊端。

[0034] 本发明中,上述各技术方案之间还可以相互组合,以实现更多的优选组合方案。本发明的其他特征和优点将在随后的说明书中阐述,并且,部分优点可从说明书中变得显而易见,或者通过实施本发明而了解。本发明的目的和其他优点可通过说明书以及附图中所特别指出的内容中来实现和获得。

附图说明

[0035] 附图仅用于示出具体实施例的目的,而并不认为是对本发明的限制,在整个附图中,相同的参考符号表示相同的部件。

[0036] 图1是实施例提供的仪控系统中子系统的拒动率验证方法流程图;

[0037] 图2是实施例提供的一个故障树模型的示意图;

[0038] 图3是实施例提供的拒动率验证装置的示意图;

[0039] 其中:11-分配单元,12-调整系数计算单元,13-调整单元,14-结果评价单元。

具体实施方式

[0040] 下面结合附图来具体描述本发明的优选实施例,其中,附图构成本申请一部分,并与本发明的实施例一起用于阐释本发明的原理,并非用于限定本发明的范围。

[0041] 图1是实施例提供的仪控系统中子系统的拒动率验证方法流程图。如图1所示,本实施例提供的子系统拒动率验证方法包括步骤S101-S108。

[0042] S101:根据仪控系统的指标拒动率计算各个子系统的平均分配拒动率。

[0043] 具体应用中,仪控系统由多个子系统(进一步地,子系统由多个孙系统,直至板卡级系统或者最底层的组成部件)组成;由于仪控系统本身的体积庞大,结构复杂,直接对其拒动率进行验证成本很高。

[0044] 为了降低成本,减小试验验证的复杂度,在本实施例中,先将仪控系统的指标拒动率以平均分配的方法,分配给各个子系统,获得各个子系统的平均分配拒动率。

[0045] 应当注意,在此情况下,各个子系统是功能独立的子系统,也就是说,各个子系统并不会对其他子系统的功能造成影响。

[0046] S102:根据子系统的故障严重程度权重和故障概率权重计算对应的子权重,根据子权重计算平均权重,以及,根据平均权重和子系统的子权重计算调整系数。

[0047] 实际应用中,仪控系统的各个子系统结构、链路特征并不相同,而直接将步骤S101中计算得到的平均分配拒动率分配给各个子系统并不能体现各个子系统的结构和链路特征差异。

[0048] 为了克服前述问题,在本实施例中,根据各个子系统的结构模型(也就是故障树模型),分别确定各个子系统的故障严重程度权重和故障概率权重,再通过故障严重程度权重和故障概率权重计算各个子系统之间的平均权重,并利用平均权重和各个子系统对应的子权重计算调整系数,以用于后续步骤。

[0049] 在本说明书具体应用中,根据各个子系统的故障严重程度权重和故障概率权重计算对应的子权重的方法包括:(1)求取子系统的故障严重程度权重和故障概率权重的乘积,将乘积作为对应的子权重;(2)求取子系统的故障严重程度权重和故障概率权重之和,将故障严重

度权重和故障概率权重之和作为对应的子权重。

[0050] 本说明具体应用中,考虑子系统的故障严重度和故障发生概率是两个独立的指标,因此实际采用子系统的故障严重度权重和故障概率权重的乘积作为子系统对应的子权重。

[0051] 当然,在其他实施例中,根据实际故障严重度权重与真实故障严重的关系、故障发生概率权重与真实故障发生概率的关系,也可以采用其他方法计算各个子系统对应的子权重。例如,利用实际故障严重权重的对数和故障发生概率权重对数之和作为子权重。

[0052] 在获得各个子系统对应的子权重后,可以采用公式一计算各个子系统对应的调整系数。

$$[0053] \quad w_i = \frac{W_i}{\sum_1^N W_j / N} \quad \text{公式一}$$

[0054] 其中, w_i 为第*i*个子系统对应的调整系数, W_i 为第*i*个子系统对应的子权重, $\sum_1^N W_j / N$ 为所有子系统子权重的平均值。

[0055] S103:根据调整系数和平均分配拒动率计算子系统的调整分配拒动率。

[0056] 步骤S103中,将步骤S101中得到的平均分配拒动率与步骤S102中得到的各个子系统的调整系数相乘,得到子系统的调整分配拒动率。

[0057] 可以想到,在各个子系统的子权重不同的情况下,各个子系统对应的调整分配拒动率也就不同。并且,通过数学推理可知,采用前述调整分配拒动率计算得到的仪控系统的拒动率一定小于仪控系统的指标拒动率,保证仪控系统的拒动率指标仍然满足设定要求。

[0058] S104:获得子系统的理论计算拒动率。

[0059] 子系统的理论计算拒动率根据子系统的结构模型(也就是故障树模型)以及组成子系统的各个组件(板卡级设备)的拒动率计算得到。

[0060] 具体应用中,子系统的故障树模型的基本逻辑门可能包括与门,也可能包括或门。

[0061] 在基本逻辑门为与门的情况下,基本逻辑门的顶事件的计算拒动率如公式二

$$[0062] \quad \lambda = \lambda_1 \times T_1 \times \lambda_2 + \lambda_2 \times T_2 \times \lambda_1 \quad \text{公式二}$$

[0063] 公式二中, λ_1 为第一底事件的拒动率, λ_2 为第二底事件的拒动率, T_1 为第一底事件的平均故障时间, T_2 为第二底事件的平均故障时间。前述 $\lambda_1 \times T_1 \times \lambda_2$ 表示了第一底事件发生后,在第一底事件的故障状态期间,第二底事件发生的概率, $\lambda_2 \times T_2 \times \lambda_1$ 表示第二底事件发生后,在第一底事件的故障状态期间,第二底事件发生的概率。

[0064] 实际应用中,如果第一底事件、第二底事件为可诊断故障时,其对应的平均故障时间 T_1 和 T_2 为可诊断故障的平均维修时间;而如果第一底事件、第二底事件为不可诊断故障时,其对应的平均故障时间 T_1 和 T_2 为定期维护时间的一半,前述定期维护时间为仪控系统的定期维护时间。

[0065] 在基本逻辑门为或门的情况下,基本逻辑门的顶事件的计算拒动率如公式三。

$$[0066] \quad \lambda = \lambda_1 + \lambda_2 \quad \text{公式三}$$

[0067] 公式三中, λ_1 为第一底事件的拒动率, λ_2 为第二底事件的拒动率。

[0068] 图2是实施例提供的一个故障树模型的示意图。根据图2所示,此故障树模型对应的故障概率为 $\lambda_{N1拒动} = \lambda_{T1拒动} + \lambda_{T2拒动}$,其中: $\lambda_{T1拒动} = \lambda_{X1拒动} + \lambda_{X2拒动}$, $\lambda_{T2拒动} = \lambda_{X3可诊断拒动} \times \lambda_{X3不可诊断拒动} \times$

$(MTTR+T/2) + \lambda_{X3不可修复故障} \times \lambda_{X4可修复故障} \times (T/2+MTTR) + 2\lambda_{X3不可修复故障} \times \lambda_{X4不可修复故障} \times T/2$, MTTR为可诊断故障的平均维修时间, T为定期维修时间。

[0069] S105:判断子系统的理论计算拒动率是否小于调整分配拒动率;若是,执行步骤S106;若否,执行步骤S108。

[0070] 具体应用中,如果子系统的理论计算拒动率大于调整分配拒动率,则确定此时设置的子系统并不符合设定的要求或者其中的组件不符合拒动率指标,需要重新规划子系统的结构或者更换其中的组件;而如果子系统的理论计算拒动率小于调整分配拒动率,则可以拒动率验证。

[0071] S106:对子系统进行测试试验而获得实际故障次数,以及根据测试试验数量、理论计算拒动率和测试置信度获得计算故障次数。

[0072] 具体应用中,可以采用公式四计算最小故障间隔次数n,并根据故障间隔次数n和测试试验数量获得计算故障次数。实际应用中,为了消除随机误差,一般需要根据最小故障次数n和一个系数相乘得到测试试验数量,并按照此测试试验数量进行测试试验获得实际故障次数;对应的,计算故障次数可以前述的系数。

$$[0073] \quad P \leq -\frac{\ln(1-\alpha)}{n} \quad \text{公式四}$$

[0074] 其中,P为所述理论计算拒动率, α 为所述测试置信度。

[0075] S107:根据实际故障次数和计算故障次数判断子系统的理论计算拒动率是否满足要求。

[0076] 具体的,在实际故障次数小于或等于计算故障次数的情况下,则判定子系统的拒动率达标;而如果实际故障次数大于计算故障次数,则判定子系统的拒动率不达标。

[0077] S108:调整子系统的架构和组成部件,重新执行S104-S105。

[0078] 通过前述步骤S101-S108可知,本实施例提供的拒动率验证方法,通过子系统的故障严重度权重和故障概率权重计算调整系数,以利用调整系数对平均分配拒动率进行调整而获得调整分配拒动率。因为调整系数体现了各个子系统的故障严重度权重和故障概率权重的特性,所以采用此系数和平均拒动率相乘得到的调整分配拒动率体现了各个子系统的差异;后续采用调整分配拒动率的评价对应子系统的理论计算拒动率更为准确合理;进一步地,基于此理论计算拒动率和给定的测试置信度确定的验证结果也更好地评价子系统的拒动率指标是否满足要求。

[0079] 以下以前述方法为基础,对某核电设备仪控系统子系统的拒动率验证进行说明,以期更清楚地说明前述方法。

[0080] 某核电设备仪控系统拒动率指标为 1×10^{-7} ,置信度水平为95%。此仪控系统包括4个子系统,并且以4取2子系统进行拒动动作判定,则根据 $C_4^2(1-x)^2 \times x^2 = 1 \times 10^{-7}$ 可以确定各个子系统的平均分配拒动率为 1.29×10^{-4} 。

[0081] 根据仪控系统的特性,子系统的故障严重度分为轻微、一般、关键、严重、重大五级,对应的严重度权重分别为1、2、3、4、5(如表1);子系统的故障发生概率分为非常少、少、一般、高、很高、频繁六级,对应的故障发生权重分别1、2、3、4、5、6(如表2)。

[0082] 表1故障严重度权重表

权重	描述	含义
1	轻微	故障会导致系统功能运行不畅,但不会引发系统功能拒动。
2	一般	单独故障不会引发系统功能拒动,和其他板卡、子系统等共同作用会引发系统功能拒动,但可迅速通过自检测恢复正常。
3	关键	单独故障不会引发系统功能拒动,和其他板卡、子系统等共同作用会引发系统功能拒动,且无法通过自检测恢复正常。
4	严重	故障会引发系统功能拒动,但可迅速通过自检测恢复正常。
5	重大	故障即引发系统功能拒动,且无法通过自检测恢复正常。

[0083]

[0084] 表2故障发生概率权重表

权重	描述	含义
1	非常少	$0cc < 5 \times 10^{-4}/yr$ (低于 2000 年 1 次)
2	少	$5 \times 10^{-4}/yr < 0cc < 5 \times 10^{-3}/yr$ (低于 200 年 1 次)

[0085]

3	一般	$5 \times 10^{-3}/yr < 0cc < 5 \times 10^{-2}/yr$ (低于 20 年 1 次)
4	高	$5 \times 10^{-2}/yr < 0cc < 5 \times 10^{-1}/yr$ (低于两年 1 次)
5	很高	$5 \times 10^{-1}/yr < 0cc < 5/yr$ (低于 1 年 5 次)
6	频繁	$5/yr < 0cc$ (1 年 5 次以上)

[0086]

[0087] 通过实际分析,4个子系统故障严重度权重分别为的5、4、4、4,故障可能性权重分别为6、4、4、5,则各个子系统的子权重分别为30、16、16和20,对应的各个通道调整分配拒动

率分别为 1.888×10^{-4} 、 1.007×10^{-4} 、 1.007×10^{-4} 和 1.256×10^{-4} 。

[0088] 采用子系统1的故障树模型和对应的组件拒动率进行计算,得到的理论计算拒动率为 2.3×10^{-4} ,大于子系统1的分配拒动率,需要对子系统1重新构建故障树模型或者选择新的组件。在一个应用中,通过选用新的组件,按照已有的故障树模型得到的子系统1的新的理论计算拒动率为 1.9×10^{-5} ,小于调整分配拒动率,可以进行试验测试。

[0089] 根据子系统1的调整分配拒动率和对应的测试置信度0.95,可以确定要求的最小故障间隔次数为319,为了消除随机试验误差,提高测试可信性,将截尾试验次数设置为10000次。则计算得到的故障次数为31次,只要实际故障次数小于或等于31次,则子系统1满足拒动率指标。类似的,可以验证其他三个通道的拒动率。

[0090] 除了提供前述的拒动率验证方法外,本发明实施例还提供一种基于前述方法的仪控系统中子系统的拒动率验证装置。因为拒动率验证装置和拒动率验证方法基于同一发明构思,所以下文仅对拒动率验证装置做介绍,相应的问题描述和效果性描述可以参照前文。图3是实施例提供的拒动率验证装置的示意图。如图3所示,拒动率验证装置包括分配单元11、调整系数计算单元12、调整单元13和结果评价单元14。

[0091] 分配单元11用于根据仪控系统的指标拒动率计算各个子系统的平均分配拒动率。

[0092] 调整系数计算单元12用于根据子系统的故障严重度权重和故障概率权重计算对应的子权重,根据子权重计算平均权重,以及,根据平均权重和子系统对应的子权重计算调整系数。

[0093] 调整单元13用于根据调整系数和平均分配拒动率计算子系统的调整分配拒动率。

[0094] 结果评价单元14,用于在子系统的理论计算拒动率小于调整分配拒动率的情况下,根据测试得到的实际故障次数和计算故障次数判断子系统的理论计算拒动率是否满足要求。

[0095] 实际故障次数为对子系统进行测试试验而获得的实际故障次数;计算故障次数为根据理论计算拒动率和测试置信度获得。

[0096] 具体应用中,前述的调整系数计算单元12采用子系统的故障严重度权重和故障概率权重乘积作为对应子系统的子权重,将各个子系统对应的子权重的平均值作为平均权重。

[0097] 对应的,子系统的理论计算拒动率根据子系统的故障树模型和组成子系统的各个组件的拒动率计算得到;子系统的故障树的基本逻辑门包括与门和/或或门。

[0098] 此外,本说明书实施例还提供一种电子设备;电子设备包括处理器和存储器,存储器存储软件代码;处理器在加载存储于存储器的软件代码后,可以执行前述的拒动率验证方法;当然,电子设备还应当包括输入设备和输出设备,输入设备用于输入各种数据,输出设备用于输出中间测试结果和最终测试结果。

[0099] 此外,本说明书实施例还提供一种存储介质,存储介质中存储有如软件代码,软件代码在被处理器加载后可以执行前述的拒动率验证方法。

[0100] 应当注意的是,前文所述的仪控系统和子系统仅是相对而言的;在一个具体应用中,某系统的子系统可以被认定为前述的仪控系统,而对应的子系统的子系统(也就是孙系统)被认定为前述的子系统。

[0101] 以上,仅为本发明较佳的具体实施方式,但本发明的保护范围并不局限于此,任何

熟悉本技术领域的技术人员在本发明揭露的技术范围内,可轻易想到的变化或替换,都应涵盖在本发明的保护范围之内。

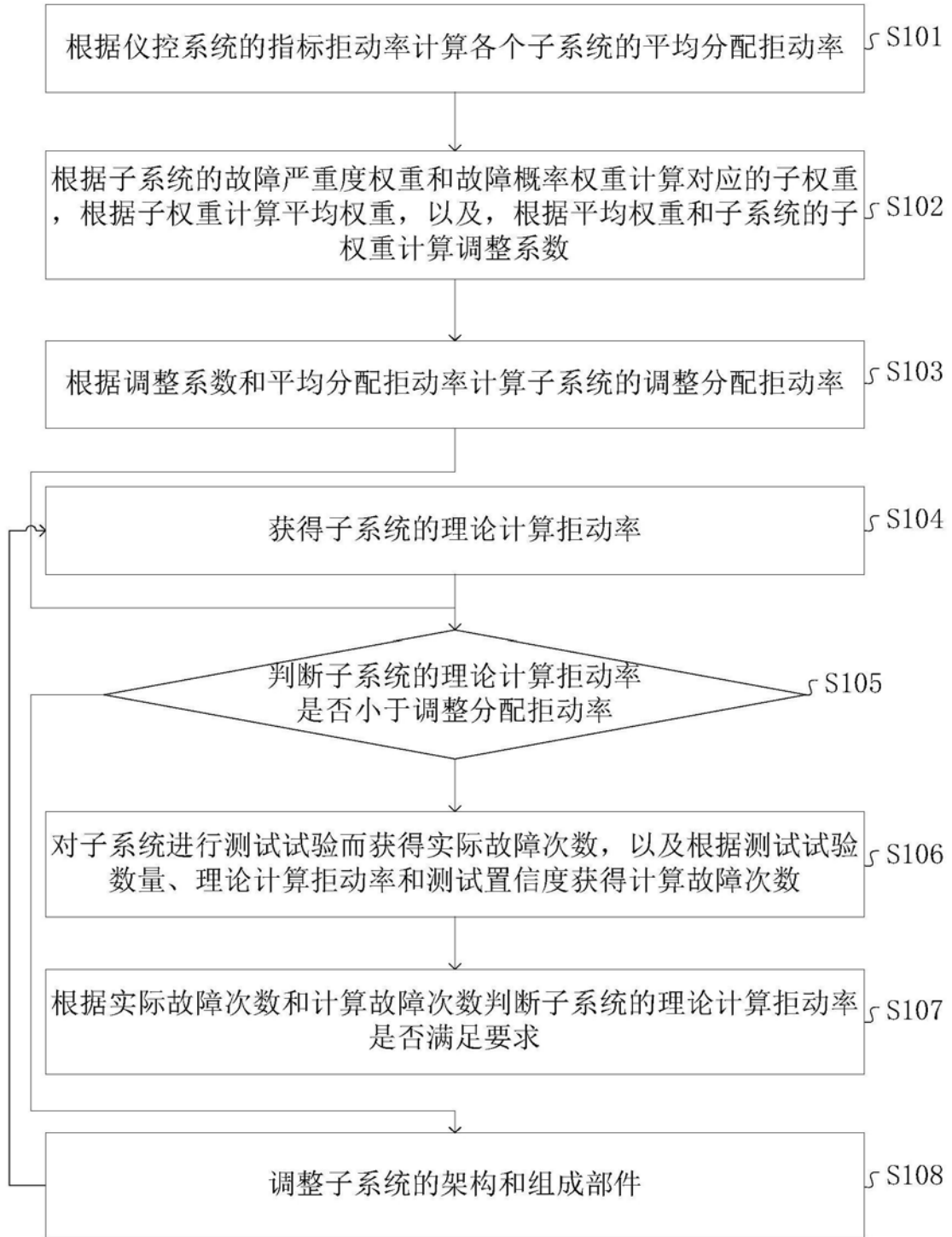


图1

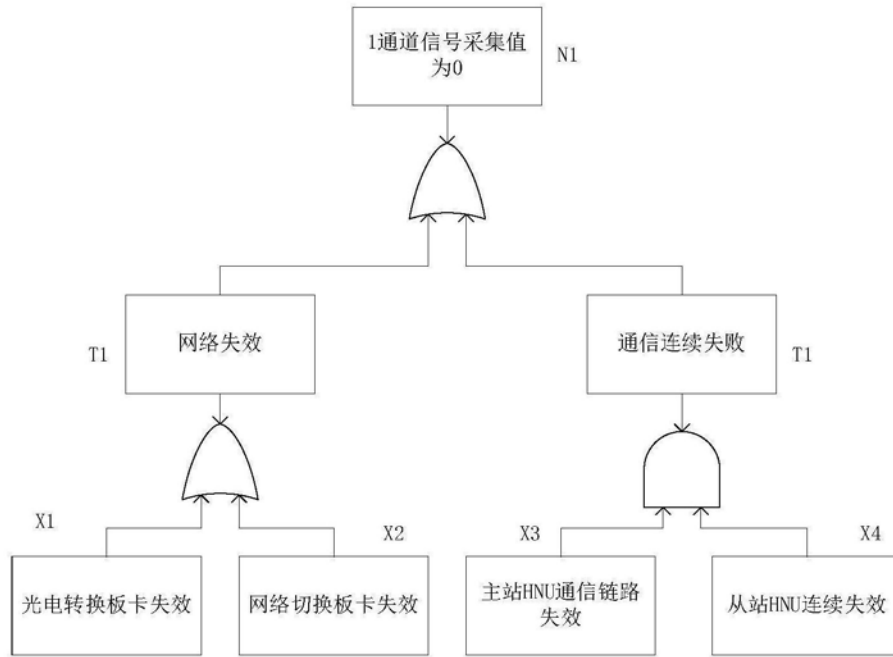


图2

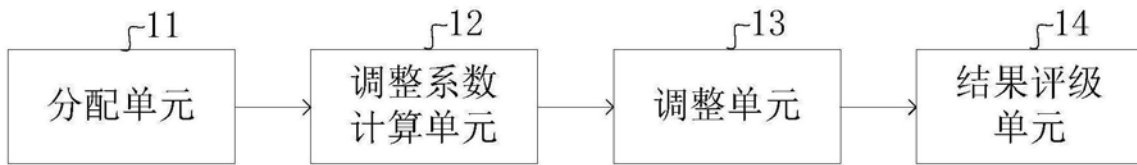


图3