



(21) 申请号 202210786418.4

G06F 119/02 (2020.01)

(22) 申请日 2022.07.04

(56) 对比文件

(65) 同一申请的已公布的文献号

CN 102880451 A, 2013.01.16

申请公布号 CN 115081237 A

CN 107122579 A, 2017.09.01

(43) 申请公布日 2022.09.20

审查员 邓迪

(73) 专利权人 中国民航大学

地址 300300 天津市东丽区津北公路2898号

(72) 发明人 孔祥芬 赵安利 唐淑珍

(74) 专利代理机构 天津才智专利商标代理有限公司 12108

专利代理师 张文华

(51) Int. Cl.

G06F 30/20 (2020.01)

G06F 111/08 (2020.01)

权利要求书3页 说明书6页 附图2页

(54) 发明名称

基于GO法和共因失效的飞机电源系统可靠性分析方法

(57) 摘要

本发明涉及基于GO法和共因失效的飞机电源系统可靠性分析方法,包括:根据飞机电源系统的结构和部件间的逻辑关系确定GO图操作符类型,用信号流连接不同类型的操作符,建立飞机电源系统的GO图模型;根据飞机电源系统的工作原理、工作环境以及历史故障数据,确定飞机电源系统中存在的共因失效组及其共因失效组的共因失效概率;获取飞机电源系统中的共因失效组的成功概率,结合飞机电源系统中其余部件的成功概率,依据飞机电源系统GO图模型和GO法运算规则进行定量计算,获得考虑共因失效影响时飞机电源系统向机载用电设备供电的成功概率;本发明能更加客观准确的描述飞机电源系统可靠性。

S1: 依据飞机电源系统组成结构和部件间的逻辑关系确定GO图操作符类型,用信号流连接不同类型的操作符,建立飞机电源系统的GO图模型。

S2: 根据飞机电源系统的工作原理、工作环境以及历史故障数据,确定飞机电源系统中存在的共因失效组及其共因失效组的共因失效概率。

S3: 获取飞机电源系统中的共因失效组的成功概率,结合飞机电源系统中其余部件的成功概率,依据飞机电源系统GO图模型和GO法运算规则进行定量计算,获得考虑共因失效影响时飞机电源系统向机载用电设备供电的成功概率,从而分析共因失效组中的部件间共因失效对飞机电源系统可靠性的影响。

1. 基于GO法和共因失效的飞机电源系统可靠性分析方法,其特征在于,包括如下步骤:

S1:根据飞机电源系统的结构和部件间的逻辑关系确定GO图操作符类型,用信号流连接不同类型的操作符,建立飞机电源系统的GO图模型;

S2:根据飞机电源系统的工作原理、工作环境以及历史故障数据,确定飞机电源系统中存在的共因失效组及其共因失效组的共因失效概率;

S3:获取飞机电源系统中的共因失效组的成功概率,结合飞机电源系统中其余部件的成功概率,依据飞机电源系统GO图模型和GO法运算规则进行定量计算,获得考虑共因失效影响时飞机电源系统向机载用电设备供电的成功概率,从而分析共因失效组中的部件间共因失效对飞机电源系统可靠性的影响;

所述的共因失效组为主电瓶和辅助电瓶构成的共因失效组、3个变压整流器构成的共因失效组;飞机电源系统中的2个电瓶之间、3个变压整流器之间具有相同的结构和装配特征,同时具有相同的工作环境,当外部环境发生突变时,可能导致多个部件同时发生故障;

所述的电瓶共因失效组中主电瓶A失效概率 λ_A 、辅助电瓶B失效概率 λ_B 满足如下公式:

$$\lambda_A = \lambda_{AI} + C_{A,B}$$

$$\lambda_B = \lambda_{BI} + C_{A,B}$$

式中, λ_{AI} 、 λ_{BI} 分别表示主电瓶A、辅助电瓶B的独立失效概率, $C_{A,B}$ 表示主电瓶A和辅助电瓶B发生共因失效的概率;

变压整流器共因失效组中3个变压整流器失效概率 λ_X 、 λ_Y 、 λ_Z 满足如下公式:

$$\lambda_X = \lambda_{XI} + C_{X,Y} + C_{X,Z} + C_{X,Y,Z}$$

$$\lambda_Y = \lambda_{YI} + C_{X,Y} + C_{Y,Z} + C_{X,Y,Z}$$

$$\lambda_Z = \lambda_{ZI} + C_{X,Z} + C_{Y,Z} + C_{X,Y,Z}$$

式中, λ_{XI} 、 λ_{YI} 、 λ_{ZI} 分别表示变压整流器X、变压整流器Y、变压整流器Z的独立失效概率, $C_{X,Y}$ 、 $C_{X,Z}$ 、 $C_{Y,Z}$ 分别表示变压整流器X与变压整流器Y、变压整流器X与变压整流器Z、变压整流器Y与变压整流器Z之间发生共因失效的概率, $C_{X,Y,Z}$ 表示3个变压整流器之间发生共因失效的概率;

则,飞机电源系统中含有M个部件的共因失效组中k个部件发生共因失效的概率 $P_k^{(M)}$ 满足如下公式:

$$P_k^{(M)} = \frac{1}{C_{M-1}^{k-1}} \lambda_m \alpha_k \quad (A)$$

式中, λ_m 表示共因失效部件m的失效概率,需要说明的,对于共因失效组,其内部的部件的失效概率均一致,故 λ_m 即共因失效组中任一部件的失效概率; α_k 表示k个部件由于共同原因发生的失效事件占总失效事件的比例,可由历史故障数据统计得出;其中,总失效事件包含部件自身独立失效和部件间发生共因失效;

所述电瓶共因失效组中共因失效包含“主电瓶A与辅助电瓶B共因失效”1种失效类型,电瓶共因失效组成功概率 R_{S_2} 满足如下公式:

$$R_{S_2} = R_{AI,BI} + C_{A,B} \cdot (R_{0,0} - R_{1,1})$$

式中, $R_{AI,BI}$ 表示不考虑主电瓶A、辅助电瓶B共因失效时系统的成功概率; $R_{0,0}$ 表示主电瓶A、辅助电瓶B成功概率都取0时系统的成功概率, $R_{1,1}$ 表示主电瓶A、辅助电瓶B成功概率都

取1时系统的成功概率; $C_{A,B}$ 表示主电瓶A与辅助电瓶B发生共因失效概率,可由含有2个部件的共因失效组中2个部件发生共因失效的概率 $P_2^{(2)}$ 计算得到;

所述变压整流器共因失效组中共因失效包含“变压整流器X与变压整流器Y共因失效”、“变压整流器X与变压整流器Z共因失效”、“变压整流器Y与变压整流器Z共因失效”、“变压整流器X、变压整流器Y与变压整流器Z共因失效”4种失效类型,变压整流器共因失效组成功概率 R_{S_3} 满足如下公式:

$$R_{S_3} = R_{X1,Y1,Z1} + C_{X,Y} \cdot (R_{X0,Y0} - R_{X1,Y1}) + C_{X,Z} \cdot (R_{X0,Z0} - R_{X1,Z1}) + C_{Y,Z} \cdot (R_{Y0,Z0} - R_{Y1,Z1}) + C_{X,Y,Z} \cdot (R_{X0,Y0,Z0} - R_{X1,Y1,Z1})$$

式中, $R_{X1,Y1,Z1}$ 表示不考虑变压整流器X、Y和Z发生共因失效时共因失效组的成功概率; $R_{X0,Y0}$ 、 $R_{X1,Y1}$ 分别表示变压整流器X、Y成功概率都取0、成功概率都取1时共因失效组的成功概率; $R_{X0,Z0}$ 、 $R_{X1,Z1}$ 分别表示变压整流器X、Z成功概率都取0、成功概率都取1时共因失效组的成功概率; $R_{Y0,Z0}$ 、 $R_{Y1,Z1}$ 分别表示变压整流器Y、Z成功概率都取0、成功概率都取1时共因失效组的成功概率; $R_{X0,Y0,Z0}$ 、 $R_{X1,Y1,Z1}$ 分别表示变压整流器X、Y和Z成功概率都取0时、成功概率都取1时共因失效组的成功概率; $C_{X,Y}$ 表示变压整流器X、Y发生共因失效概率, $C_{X,Z}$ 表示变压整流器X、Z发生共因失效概率, $C_{Y,Z}$ 表示变压整流器Y、Z发生共因失效概率, $C_{X,Y,Z}$ 表示变压整流器X、Y、Z发生共因失效概率;需要说明的是, $C_{X,Y}$ 、 $C_{X,Z}$ 、 $C_{Y,Z}$ 、 $C_{X,Y,Z}$ 均可通过公式A获得;

用 R_{S_i} 表示信号流i的成功概率,用 R_{C_j} 表示操作符j的成功概率,具体的:

信号流9的成功概率 R_{S_9} 满足如下公式:

$$R_{S_9} = R_{AI,BI} + C_{A,B} \cdot (R_{0,0} - R_{1,1});$$

信号流12的成功概率 $R_{S_{12}}$ 满足如下公式:

$$R_{S_{12}} = [1 - (1 - R_{C1}R_{C6})(1 - R_{C2}R_{C7})(1 - R_{C3}R_{C8})]R_{C_{12}};$$

信号流14成功的概率 $R_{S_{14}}$ 中包含共有信号9和12的成功概率 R_{S_9} 和 $R_{S_{12}}$,信号流14的成功概率 $R_{S_{14}}$ 满足如下公式:

$$R_{S_{14}} = m_1 R_{S_9} + m_2 R_{S_{12}} - m_3 R_{S_9} R_{S_{12}};$$

式中: $m_1 = R_{C11}R_{C13}$, $m_2 = 1$, $m_3 = R_{C11}R_{C13}$;

信号流20的成功概率 $R_{S_{20}}$ 满足如下公式:

$$R_{S_{20}} = [R_{AI,BI} + C_{A,B} \cdot (R_{0,0} - R_{1,1})]R_{C_{20}};$$

信号流21的成功概率 $R_{S_{21}}$ 中包含共有信号9和12的成功概率 R_{S_9} 和 $R_{S_{12}}$,信号流21的成功概率 $R_{S_{21}}$ 满足如下公式:

$$R_{S_{21}} = n_1 R_{S_9} + n_2 R_{S_{12}} - n_3 R_{S_9} R_{S_{12}};$$

式中: $n_1 = R_{C_{20}}$, $n_2 = R_{S_9}R_{C_{19}}$, $n_3 = n_2 R_{C_{20}}$;

信号流22成功的概率 $R_{S_{22}}$ 中包含共有信号14和21的成功概率 $R_{S_{14}}$ 和 $R_{S_{21}}$,用共有信号概率的一次项代替其高次项,对共有信号进行修正;考虑共因失效影响时飞机电源系统对机载用电设备正常供电的成功概率 $R_{S_{22}}$ 满足如下公式:

$$R_{S_{22}} = m_1 n_1 R_{S_9} + m_2 n_2 R_{S_{12}} + (m_1 n_2 + m_2 n_1 + m_3 n_3 - m_1 n_3 - m_2 n_3 - m_3 n_1 - m_3 n_2) R_{S_9} R_{S_{12}}.$$

2. 根据权利要求1所述的基于GO法和共因失效的飞机电源系统可靠性分析方法,其特征在于:所述共因失效组中的部件至少为两个,且所述部件具有相同的结构和装配特征,同时具有相同的工作环境,当外部环境发生突变时,多个部件具有同时发生故障的概率。

3.根据权利要求1所述的基于GO法和共因失效的飞机电源系统可靠性分析方法,其特征在于:所述飞机电源系统的GO图模型包括操作符和信号流,所述操作符表示系统中不同的部件或逻辑关系;所述信号流表示系统中部件的输入、输出信号及部件间的关联。

4.根据权利要求1所述的基于GO法和共因失效的飞机电源系统可靠性分析方法,其特征在于:所述飞机电源系统包括整体驱动发电机、辅助动力装置起动机发电机、主电瓶、辅助电瓶、汇流条、静止变流机、变压整流器以及断路器。

基于GO法和共因失效的飞机电源系统可靠性分析方法

技术领域

[0001] 本发明属于飞机电源可靠性技术领域,尤其涉及基于GO法和共因失效的飞机电源系统可靠性分析方法。

背景技术

[0002] 飞机电源系统作为向机载用电设备供电的关键冗余系统,其可靠性直接影响到飞机供电性能实现和飞行安全,共因失效是冗余系统不可回避的问题,由于系统中的冗余部件往往具有相同的结构、装配方式及运行环境,容易导致系统中两个或两个以上部件在某种共同原因作用下同时失效,给飞行安全埋下隐患。

[0003] 在飞机电源系统的可靠性研究方面,国内外学者大多在系统中各部件故障之间相互独立的基础上进行建模分析,针对系统中部件故障之间的共因失效问题,并没有深入研究;不考虑飞机电源系统中冗余部件间的共因失效,容易导致可靠性分析指标与实际运行情况产生一定量的偏差。

发明内容

[0004] 本发明的目的在于提供基于GO法和共因失效的飞机电源系统可靠性分析方法,该分析方法是在考虑飞机电源系统中冗余部件间共因失效的基础上,提出基于GO法和共因失效的飞机电源系统可靠性分析方法,用来分析飞机电源系统向机载用电设备供电的成功概率。

[0005] 本发明解决其技术问题是采取以下技术方案实现的:

[0006] 基于GO法和共因失效的飞机电源系统可靠性分析方法,包括如下步骤:

[0007] S1:根据飞机电源系统的结构和部件间的逻辑关系确定GO图操作符类型,用信号流连接不同类型的操作符,建立飞机电源系统的GO图模型;

[0008] S2:根据飞机电源系统的工作原理、工作环境以及历史故障数据,确定飞机电源系统中存在的共因失效组及其共因失效组的共因失效概率;

[0009] S3:获取飞机电源系统中的共因失效组的成功概率,结合飞机电源系统中其余部件的成功概率,依据飞机电源系统GO图模型和GO法运算规则进行定量计算,获得考虑共因失效影响时飞机电源系统向机载用电设备供电的成功概率,从而分析共因失效组中的部件间共因失效对飞机电源系统可靠性的影响。

[0010] 进一步的,所述共因失效组中的部件至少为两个,且所述部件具有相同的结构和装配特征,同时具有相同的工作环境,当外部环境发生突变时,多个部件具有同时发生故障的概率。

[0011] 进一步的,所述共因失效组中的部件m的失效概率 λ_m 为:

[0012] $\lambda_m = \lambda_1 + C$

[0013] 式中, λ_1 表示共因失效组中部件m的独立失效概率,C表示部件m和共因失效组中其它部件发生共因失效的概率。

[0014] 进一步的,所述飞机电源系统中共因失效组中k个部件发生共因失效的概率 $P_k^{(M)}$ 为:

$$[0015] \quad P_k^{(M)} = \frac{1}{C_{M-1}^{k-1}} \lambda_m \alpha_k$$

[0016] 式中,M代表共因失效组中含有M个部件, α_k 表示k个部件由于共同原因发生的失效事件占总失效事件的比例。

[0017] 进一步的,所述共因失效组的成功概率 R_S 为:

$$[0018] \quad R_S = R_1 + \sum_{n=1}^N [C_n \cdot (R_{0,0,\dots,0} - R_{1,1,\dots,1})]$$

[0019] 其中, R_1 表示不考虑部件间共因失效时共因失效组的成功概率, $R_{0,0,\dots,0}$ 表示共因失效组中共因失效部件成功概率都取0时共因失效组的成功概率, $R_{1,1,\dots,1}$ 表示共因失效组中共因失效部件成功概率都取1时共因失效组的成功概率, C_n 为共因失效组的第n种失效类型共因失效的概率,N为共因失效组发生共因失效的类型总数量。

[0020] 进一步的,所述飞机电源系统的G0图模型包括操作符和信号流,所述操作符表示系统中不同的部件或逻辑关系;所述信号流表示系统中部件的输入、输出信号及部件间的关联。

[0021] 进一步的,所述飞机电源系统包括整体驱动发电机、辅助动力装置起动机发电机、主电瓶、辅助电瓶、汇流条、静止变流机、变压整流器以及断路器。

[0022] 本发明的优点和积极效果是:

[0023] 本发明考虑飞机电源系统中冗余部件间的共因失效因素,建立了飞机电源系统G0图模型,可以根据飞机电源系统历史故障数据,计算系统中冗余部件间共因失效影响下飞机电源系统对机载用电设备正常供电的成功概率和失效概率,该方法可以减小可靠性分析指标与实际运行情况的偏差,能更加客观准确的描述飞机电源系统可靠性,为提升飞机电源系统深度维修能力和指导实际的设计制造提供参考。

附图说明

[0024] 以下将结合附图和实施例来对本发明的技术方案作进一步的详细描述,但是应当知道,这些附图仅是为解释目的而设计的,因此不作为本发明范围的限定。此外,除非特别指出,这些附图仅意在概念性地说明此处描述的结构构造,而不必要依比例进行绘制。

[0025] 图1为发明实施例提供的基于G0法和共因失效的飞机电源系统可靠性分析方法的流程图;

[0026] 图2为发明实施例提供的G0图操作符类型及名称;

[0027] 图3为发明实施例提供的飞机电源系统组成结构示意图;

[0028] 图4为发明实施例提供的飞机电源系统G0图模型;

具体实施方式

[0029] 首先,需要说明的是,以下将以示例方式来具体说明本发明的具体结构、特点和优点等,然而所有的描述仅是用来进行说明的,而不应将其理解为对本发明形成任何限制。此

外,在本文所提及各实施例中予以描述或隐含的任意单个技术特征,仍然可在这些技术特征(或其等同物)之间继续进行任意组合或删减,从而获得可能未在本文中直接提及的本发明的更多其他实施例。

[0030] 需要说明的是,在不冲突的情况下,本申请中的实施例及实施例中的特征可以相互组合。

[0031] 本实施例提供的基于G0法和共因失效的飞机电源系统可靠性分析方法,具体包括以下步骤:

[0032] S1:依据飞机电源系统组成结构和部件间的逻辑关系确定G0图操作符类型,用信号流连接不同类型的操作符,建立飞机电源系统的G0图模型;

[0033] 飞机电源系统主要有整体驱动发电机、辅助动力装置起动发电机、主电瓶、辅助电瓶、汇流条、静止变流机、变压整流器以及断路器等控制组件组成;G0图操作符类型及名称,如图2所示:S表示输入信号,R表示输出信号,数字表示操作符类型;

[0034] 以B737-800飞机为例,飞机电源系统组成结构示意图如图3所示:按照机载用电设备所需电能性质的不同,飞机电源系统可分为交流电源系统和直流电源系统,为连接在交流汇流条和直流汇流条上的机载用电设备供电。在飞机飞行过程中,交流电源系统可以通过2个整体驱动发电机和辅助动力装置起动发电机及其各自断路器向交流汇流条供电;直流电源系统通过飞机发电机和3个变压整流器组件向直流汇流条供电。在2个飞机整体驱动发电机和辅助动力装置起动发电机均发生故障时,飞机电瓶组件和静止变流器为接在交流备用汇流条上的重要交流用电设备供电;飞机主电瓶和辅助电瓶为接在直流备用汇流条上的重要直流用电设备供电。

[0035] 根据飞机电源系统组成结构和部件间的逻辑关系,并以此建立飞机电源系统G0图,如图4所示:2个整体驱动发电机、辅助动力装置起动发电机、主电瓶和辅助电瓶作为系统的信号输入,采用类型5操作符表示;变压整流器、断路器、静止变流机、汇流条均用类型1操作符表示;主电瓶和辅助电瓶为并联关系,采用类型2操作符或门连接;由2个整体驱动发电机和辅助动力装置起动发电机构成的子系统和3个变压整流器构成的子系统,当所有部件均失效时子系统才失效,采用类型11操作符3取1门连接。信号流表示操作符间的关联,箭头和箭头上的数字分别表示信号流向和信号流序号。信号流22表示考虑共因失效影响时飞机电源系统对机载用电设备正常供电的概率。

[0036] S2:结合飞机电源系统的工作原理、工作环境以及历史故障数据,确定飞机电源系统中冗余部件之间存在的共因失效组及其共因失效概率;

[0037] 所述的共因失效是指在一个系统中由于某种共同原因(环境、设计和人为因素等)造成2个或2以上的部件同时失效;一类共因失效来自系统外部环境,如外界温度、压力等变化,冲撞、雷击等突发事件;另一类共因失效来自系统内部部件的失效传播,如系统中某个部件失效引起其他部件失效或引起系统所有部件失效。飞机电源系统中的控制保护装置可以使故障部分与正常供电系统隔离,主要考虑由外部环境引起的飞机电源系统共因失效。

[0038] 在本实施例中,所述的共因失效组为主电瓶和辅助电瓶构成的共因失效组、3个变压整流器构成的共因失效组;飞机电源系统中的2个电瓶之间、3个变压整流器之间具有相同的结构和装配特征,同时具有相同的工作环境,当外部环境发生突变时,可能导致多个部件同时发生故障。

[0039] 所述的电瓶共因失效组中主电瓶A失效概率 λ_A 、辅助电瓶B失效概率 λ_B 满足如下公式:

$$[0040] \quad \lambda_A = \lambda_{AI} + C_{A,B}$$

$$[0041] \quad \lambda_B = \lambda_{BI} + C_{A,B}$$

[0042] 式中, λ_{AI} 、 λ_{BI} 分别表示主电瓶A、辅助电瓶B的独立失效概率, $C_{A,B}$ 表示主电瓶A和辅助电瓶B发生共因失效的概率。

[0043] 变压整流器共因失效组中3个变压整流器失效概率 λ_X 、 λ_Y 、 λ_Z 满足如下公式:

$$[0044] \quad \lambda_X = \lambda_{XI} + C_{X,Y} + C_{X,Z} + C_{X,Y,Z}$$

$$[0045] \quad \lambda_Y = \lambda_{YI} + C_{X,Y} + C_{Y,Z} + C_{X,Y,Z}$$

$$[0046] \quad \lambda_Z = \lambda_{ZI} + C_{X,Z} + C_{Y,Z} + C_{X,Y,Z}$$

[0047] 式中, λ_{XI} 、 λ_{YI} 、 λ_{ZI} 分别表示变压整流器X、变压整流器Y、变压整流器Z的独立失效概率, $C_{X,Y}$ 、 $C_{X,Z}$ 、 $C_{Y,Z}$ 分别表示变压整流器X与变压整流器Y、变压整流器X与变压整流器Z、变压整流器Y与变压整流器Z之间发生共因失效的概率, $C_{X,Y,Z}$ 表示3个变压整流器之间发生共因失效的概率;

[0048] 则,飞机电源系统中含有M个部件的共因失效组中k个部件发生共因失效的概率 $P_k^{(M)}$ 满足如下公式:

$$[0049] \quad P_k^{(M)} = \frac{1}{C_{M-1}^{k-1}} \lambda_m \alpha_k \quad (A)$$

[0050] 式中, λ_m 表示共因失效部件m的失效概率,需要说明的,对于共因失效组,其内部的部件的失效概率均一致,故 λ_m 即共因失效组中任一部件的失效概率; α_k 表示k个部件由于共同原因发生的失效事件占总失效事件的比例,可由历史故障数据统计得出;其中,总失效事件包含部件自身独立失效和部件间发生共因失效。

[0051] S3:获取飞机电源系统中的共因失效组的成功概率,结合飞机电源系统中其余部件(此处的其余部件指的是除了共因失效组之外的飞机电源系统中的部件)的成功概率,依据飞机电源系统GO图模型和GO法运算规则进行定量计算,获得考虑共因失效影响时飞机电源系统向机载用电设备供电的成功概率,从而分析共因失效组中的部件间共因失效对飞机电源系统可靠性的影响;

[0052] 在本实施例中,所述电瓶共因失效组的成功概率为主电瓶A和辅助电瓶B能够为重要直流用电设备正常供电的概率,变压整流器共因失效组的成功概率为变压整流器能够将交流电转化为直流电的概率。

[0053] 具体的,所述电瓶共因失效组中共因失效包含“主电瓶A与辅助电瓶B共因失效”1种失效类型,电瓶共因失效组成功概率 R_{S_2} 满足如下公式:

$$[0054] \quad R_{S_2} = R_{AI,BI} + C_{A,B} \cdot (R_{0,0} - R_{1,1})$$

[0055] 式中, $R_{AI,BI}$ 表示不考虑主电瓶A、辅助电瓶B共因失效时系统的成功概率; $R_{0,0}$ 表示主电瓶A、辅助电瓶B成功概率都取0时系统的成功概率, $R_{1,1}$ 表示主电瓶A、辅助电瓶B成功概率都取1时系统的成功概率; $C_{A,B}$ 表示主电瓶A与辅助电瓶B发生共因失效概率,可由含有2个部件的共因失效组中2个部件发生共因失效的概率 $P_2^{(2)}$ 计算得到。

[0056] 所述变压整流器共因失效组中共因失效包含“变压整流器X与变压整流器Y共因失

效”、“变压整流器X与变压整流器Z共因失效”、“变压整流器Y与变压整流器Z共因失效”、“变压整流器X、变压整流器 Y与变压整流器Z共因失效”4种失效类型,变压整流器共因失效组成功概率 R_{S_3} 满足如下公式:

$$R_{S_3} = R_{X1,Y1,Z1} + C_{X,Y} \cdot (R_{X0,Y0} - R_{X1,Y1}) + C_{X,Z} \cdot (R_{X0,Z0} - R_{X1,Z1}) + C_{Y,Z} \cdot (R_{Y0,Z0} - R_{Y1,Z1}) + C_{X,Y,Z} \cdot (R_{X0,Y0,Z0} - R_{X1,Y1,Z1}) \quad [0057]$$

[0058] 式中, $R_{X1,Y1,Z1}$ 表示不考虑变压整流器X、Y和Z发生共因失效时共因失效组的成功概率; $R_{X0,Y0}$ 、 $R_{X1,Y1}$ 分别表示变压整流器X、Y成功概率都取0、成功概率都取1时共因失效组的成功概率; $R_{X0,Z0}$ 、 $R_{X1,Z1}$ 分别表示变压整流器 X、Z成功概率都取0、成功概率都取1时共因失效组的成功概率; $R_{Y0,Z0}$ 、 $R_{Y1,Z1}$ 分别表示变压整流器Y、Z成功概率都取0、成功概率都取1时共因失效组的成功概率; $R_{X0,Y0,Z0}$ 、 $R_{X1,Y1,Z1}$ 分别表示变压整流器X、Y和Z成功概率都取0时、成功概率都取1时共因失效组的成功概率; $C_{X,Y}$ 表示变压整流器X、Y发生共因失效概率, $C_{X,Z}$ 表示变压整流器X、Z发生共因失效概率, $C_{Y,Z}$ 表示变压整流器Y、Z发生共因失效概率, $C_{X,Y,Z}$ 表示变压整流器 X、Y、Z发生共因失效概率;需要说明的是, $C_{X,Y}$ 、 $C_{X,Z}$ 、 $C_{Y,Z}$ 、 $C_{X,Y,Z}$ 均可通过公式A获得;

[0059] 在本实施例中,用 R_{Si} 表示信号流i的成功概率,用 R_{Cj} 表示操作符j的成功概率,具体的:

[0060] 信号流9的成功概率 R_{S9} 满足如下公式:

$$R_{S9} = R_{AI,BI} + C_{A,B} \cdot (R_{0,0} - R_{1,1});$$

[0062] 信号流12的成功概率 R_{S12} 满足如下公式:

$$R_{S12} = [1 - (1 - R_{C1}R_{C6}) (1 - R_{C2}R_{C7}) (1 - R_{C3}R_{C8})] R_{C12};$$

[0064] 信号流14成功的概率 R_{S14} 中包含共有信号9和12的成功概率 R_{S9} 和 R_{S12} ,信号流14的成功概率 R_{S14} 满足如下公式:

$$R_{S14} = m_1 R_{S9} + m_2 R_{S12} - m_3 R_{S9} R_{S12};$$

[0066] 式中: $m_1 = R_{C11}R_{C13}$, $m_2 = 1$, $m_3 = R_{C11}R_{C13}$ 。

[0067] 信号流20的成功概率 R_{S20} 满足如下公式:

$$R_{S20} = [R_{AI,BI} + C_{A,B} \cdot (R_{0,0} - R_{1,1})] R_{C20};$$

[0069] 信号流21的成功概率 R_{S21} 中包含共有信号9和12的成功概率 R_{S9} 和 R_{S12} ,信号流21的成功概率 R_{S21} 满足如下公式:

$$R_{S21} = n_1 R_{S9} + n_2 R_{S12} - n_3 R_{S9} R_{S12};$$

[0071] 式中: $n_1 = R_{C20}$, $n_2 = R_{S3}R_{C19}$, $n_3 = n_2 R_{C20}$ 。

[0072] 信号流22成功的概率 R_{S22} 中包含共有信号14和21的成功概率 R_{S14} 和 R_{S21} ,用共有信号概率的一次项代替其高次项,对共有信号进行修正。考虑共因失效影响时飞机电源系统对机载用电设备正常供电的成功概率 R_{S22} 满足如下公式:

$$R_{S22} = m_1 n_1 R_{S9} + m_2 n_2 R_{S12} + (m_1 n_2 + m_2 n_1 + m_3 n_3 - m_1 n_3 - m_2 n_3 - m_3 n_1 - m_3 n_2) R_{S9} R_{S12}。$$

[0074] 代入系统中各个部件对应的不同时间点的可靠性参数,即可得到考虑共因失效影响时飞机电源系统向机载用电设备正常供电的成功概率和故障概率变化曲线。根据飞机电源系统的成功概率和故障概率变化曲线,用于分析考虑冗余部件间共因失效的飞机电源系统的成功概率和故障概率随飞行时间增加的变化趋势。

[0075] 考虑系统中冗余部件间共因失效因素时,可以减小可靠性分析指标与实际运行情况的偏差,能更加客观准确的描述飞机电源系统可靠性,为提升飞机电源系统深度维修能力和指导实际的设计制造提供参考。

[0076] 由此,本发明实现了基于G0法和共因失效的飞机电源系统可靠性分析,满足了考虑共因失效影响时对飞机电源系统的可靠性分析需求。

[0077] 以上实施例对本发明进行了详细说明,但所述内容仅为本发明的较佳实施例,不能被认为用于限定本发明的实施范围。凡依本发明申请范围所作的均等变化与改进等,均应仍归属于本发明的专利涵盖范围之内。

S1: 依据飞机电源系统组成结构和部件间的逻辑关系确定GO图操作符类型, 用信号流连接不同类型的操作符, 建立飞机电源系统的GO图模型。



S2: 根据飞机电源系统的工作原理、工作环境以及历史故障数据, 确定飞机电源系统中存在的共因失效组及其共因失效组的共因失效概率。



S3: 获取飞机电源系统中的共因失效组的成功概率, 结合飞机电源系统中其余部件的成功概率, 依据飞机电源系统GO图模型和GO法运算规则进行定量计算, 获得考虑共因失效影响时飞机电源系统向机载用电设备供电的成功概率, 从而分析共因失效组中的部件间共因失效对飞机电源系统可靠性的影响。

图1

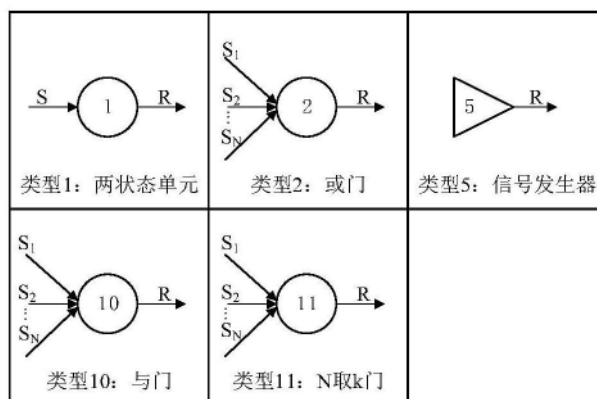


图2

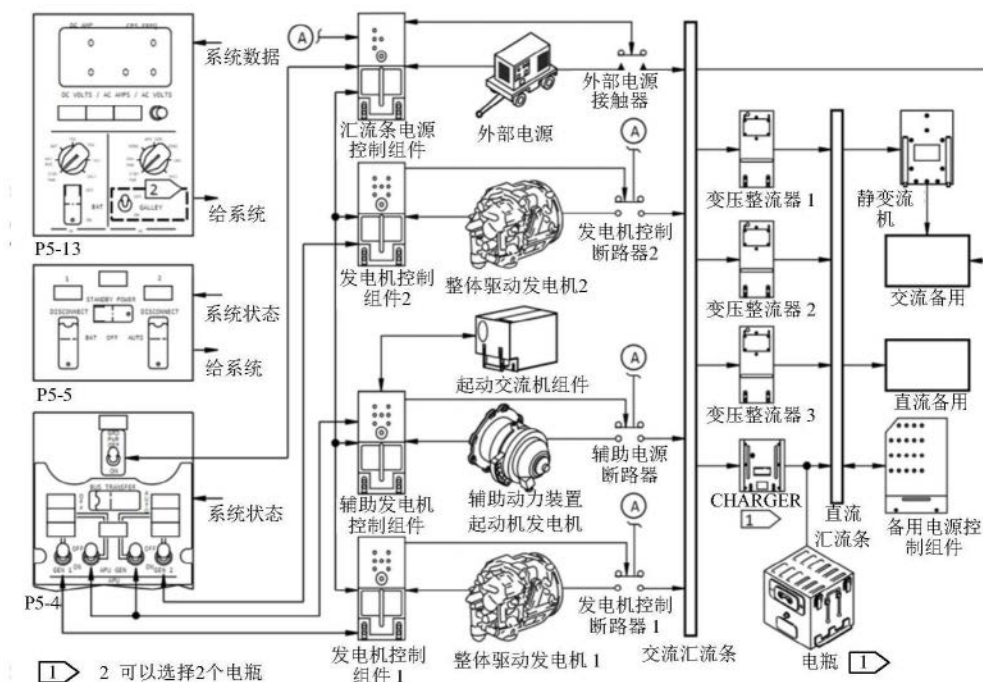


图3

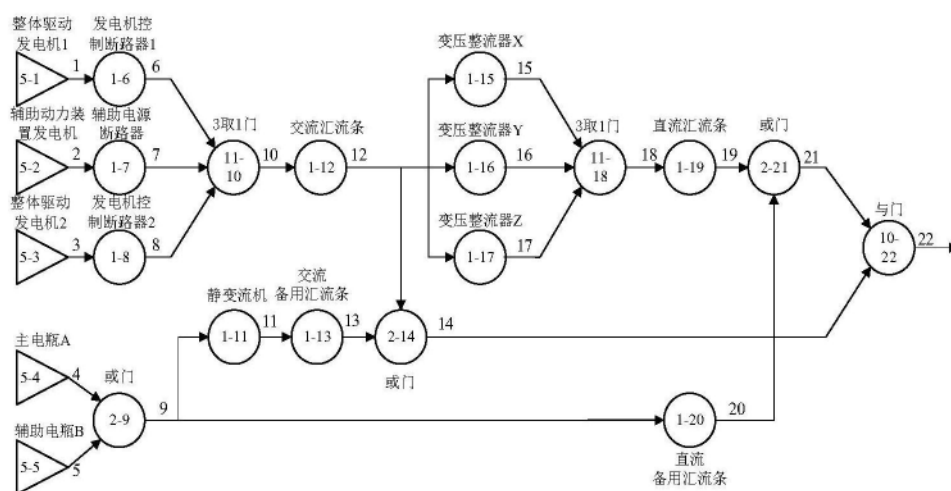


图4