

文章编号:1673-8411 (2015) 02-0100-05

基于 FMEA 法的预评估失效模式分析及改进方法

胡定, 于潇, 郑永泉, 施佩宏

(钦州市气象局, 广西 钦州 535000)

摘要:应用失效模式效应分析对雷电灾害风险预评估中可能出现的失效情况进行分析,找出失效原因用,对 FMEA 方法进行改进,使雷评工作的有效性得到提高。

关键词:FMEA;预评估;失效;分析

中图分类号:P427-32*1

文献标识码:A

Pre-assessment and improved method of a failure mode analysis based on FMEA method

Hu Ding, Yu Xiao, Zheng Yong-quan, Shi Pei-hong

(Qinzhou Municipal Meteorological Service, Qinzhou Guangxi 535000)

Abstract: Based on FMEA, the possible failure in lightning disaster pre-assessment was analyzed to find out the causes and improve the FMEA to make the risk assessment of lightning disaster more effective.

Key words: Failure Mode and Effect Analysis; pre-assessment; lose efficacy; analysis

0 引言

FMEA 是失效模式和效应分析 (Failure Mode and Effect Analysis) 的简称,是用来识别组件或系统未能达到设计意图的方法。FMEA 在创建的初期被应用于航天和军事领域,目前世界上许多汽车生产商和电子制造服务商都已经采用 FMEA 法进行设计和生产过程的管理和监控。FMEA 法可用于识别:系统各部分所有潜在的失效模式、这些失效对系统的影响、失效原因、如何避免失效或减弱失效对系统的影响。

1 FMEA 法的使用方法

FMEA 的步骤包括:将评估系统分成组件或步骤、各部分出现明显失效的方式、造成这些失效模式的具体机制、失效可能产生的影响、组件失效对最终结果的影响程度、组件失效情况如何证实。

传统的失效模式和效应分析(FMEA)进行定量

计算所需要的三个要素为:“发生失效产生的后果——严重度(S)”,“失效发生的频率程度——发生度(O)”,“发现失效的可能性大小——探测度(D)”。危险性等级——风险优先指数(RPN)=严重度(S)×发生度(O)×探测度(D)^[1-3]。其中 S、O、D 各项评分为 1~5 分,PRN 数值在 1~125 分,PRN 数值越大表示此因素对失效的影响越大,需要对其导致失效模式的因素采取优先改进措施。

2 预评估失效的原因分析

雷电灾害风险评估在风险识别、分析、风险应对过程中,人为的因素起到非常重要的作用,评估人员一旦对参数的赋值发生偏差,将造成评估结果的严重失实,因此,评估人员应使用合适的手段努力克服偏离预期的人为及组织因素。预评估阶段可能出现的偏离预期的原因包括:评估资料的不准确性、参数偏差对结果的影响、防雷措施的维护不利^[4-7]。

收稿日期:2014-10-25

作者简介:胡定(1978-),男,广西北流人,工程师,主要从事防雷技术服务工作。

内部 LPS 系统的各级电涌保护器 (SPD) 的详细参数决定了防雷系统是否采用了能量匹配的电涌保护器 (SPD), 与雷评参数 PC、PU、PV、PW、PZ 密切相关。对于设计阶段的项目没有详尽参数的防雷装置, 评估人员难以获得准确的参数, 极易对评估结果造成偏差。另一方面, 由于参数相邻参考值之间相差很大, 比如参数 PA 在给出的 4 个参考值中, 相邻参考值之间相差 10 倍, 评估人员一旦因为主观原因错选将对结果 RA 造成 10 倍甚至更大的影响。设计方所采用的防雷设计方案的维护难度以及防雷设施维护人员的专业素养也会影响到防雷设施的使用寿命, 例如采用建筑物的钢筋或构架作为引下线时, 维护难度比明敷的引下线低得多, 维护难度越高意味着在项目评估完成之后若干年防雷设施失效的概率越高, 在若干年后防雷设施的实际工作效率与预评估时的差别也就越大。一旦上述偏离雷评预期的情况发生, 雷评结果就可能失效。

3 实例分析

3.1 对 FMEA 方法的改进

鉴于雷电灾害风险评估预评估的特点, 本文将 FMEA 法的定量计算三要素重新定义为: 参数的可靠性 (D)、严重性 (S)、防雷设施的维护难度 (M)。

$RPN=D \times S \times M$ 即: 优先风险指数=参数的可靠性 \times 严重性 \times 维护难度。由于评估的结果是由各个参数经计算得到的, 所以将雷评系统的各个参数定义为 FMEA 方法的“组件”。

参数的可靠性 (D) 分为 3 个等级: 可靠、可靠性一般、不可靠, 分别赋值为: 2 分、5 分、10 分。影响参数可靠性的因素有: 雷评资料的完整度、评估人员对参数选取的熟练程度。在预评估阶段, 如果资料的完整度越高, 并且评估人员对参数选取、评估过程的理解越深刻, 则参数的可靠性就越高, 反之亦然。

严重性 (S) 即为参数偏差对结果的影响程度, 意为评估人员对参数的赋值与相邻参考值之间的比值, 本方法取相邻赋值之间倍数的最大值, 例如在 GB/T21714-2 中对参数 r_a 、 r_u 的推荐值为: 10-2、10-3、10-4、10-5, 若评估人员给 r_a 赋值为 10-3, 由于其与相邻的参考值相差 10 倍, 所以可取 $S=10$ 。防雷设施的维护难度 (M) 分为 3 个等级, 分别为: 方便维护、不易维护、较难维护。分别赋值为: 2 分、5 分、10 分。维护难度参数应同时借鉴防雷装置设计方案、施工工艺方法、维护人员专业水平知识以及发现防雷装置失效的难易程度。参数 D、S、M、RPN 的分级及取值见表 1。

3.2 实例基本情况及分析

表 1 FMEA 法计分表

参数的可靠性 (D)		严重性、相邻参数间的比值 (S)		防雷设施的维护难度 (M)		危险等级划分 ($RPN=D \times S \times M$)	
分值	发生度	分值	严重度	分值	维护难度	分值	危险程度
2	可靠	$S \leq 2$	低度	2	方便维护	$RPN \leq 20$	低
5	可靠性一般	$2 < S < 10$	中等	5	不易维护	$20 < RPN \leq 50$	一般
10	参数缺失、不可靠	$S \geq 10$	严重	10	较难维护	$50 < RPN \leq 250$	中等
						$RPN > 250$	高

以一栋新建建筑物为例, 此建筑物处在城区内, 最高 33.0m, 北侧 20 米外有一栋 50 米高的建筑物, 周围建筑物均低于待评估建筑物。电源进线处配电箱内安装 I 级实验的电涌保护器, 但只给出型号未给出具体参数。一、二层是仓库、商铺, 存放一定量的可燃性建材。

分析: 位置因子 cd 取 0.5, 由于北侧有更高的建筑物, 所以 cd 可取更低的数值。 cd 值的维护难度意为如果周围建筑物的高度发生变化 (有新建或拆迁), 随之而来 cd 值发生变化, 评估人员发现这种变化的难易程度。 P_c 暂取 1, 由于设计方未给出详细的

参数, 导致资料不完整, 无法判断前后级电涌保护器能量是否配合, 从而加大了电涌保护器的维护难度, 一旦错选和相邻参数将有 30 倍的差距。 r_f 暂取 0.01, 由于在预评估阶段只确认存放一定量的可燃建材, 资料尚不完整, 而且建筑物内存放物的性质若发生改变, 评估人员很难察觉。FMEA 分析表见表 2, 这里只选取了 3 个参数 (组件) 作为实例分析。

P_c 、 r_f 为本例中风险优先指数最高的 2 个组件, 应采取的措施为: (1)、采用验收阶段评估可有效降低资料不完整性带来的评估结果失效, 如表 2 所示: 组件 P_c 的可靠性 (D) 可由原来的 5 (可靠性一般) 变为 2

(可靠)。(2)、采用经过事先编写的 SPD 安全检查表、AHP 法和专家打分法可使评估人员更准确的做出判断,不易错判或漏判,评估人员可使用上述方法将组件 P_c 的取值进一步丰富、细化,不必拘泥于 GB/T21714.2 标准中推荐的 5 个参考值,降低相邻参考值之间数值差距,从而减少评估人员因为主观

原因错选对结果造成的影响。(3)、采用运行阶段评估可及时发现防雷措施失效,如表 2 所示:组件 P_c 的维护难度(M)可由原来的 5(不易维护)变为 2(容易维护)。本实例措施预计的结果可使组件 P_c 的 RPN 由原来的 750 下降为 120 以内。

表 2 潜在的失效模式及效应分析表

系统或组件	P_c	r_i	C_d
组件失效的原因	资料不完整,维护难度大	资料不完整,维护难度大	
组件失效产生的后果	P_c, P_o, P_v, P_w, P_z	P_g, P_v	N_m
参数的可靠性(D)	5(可靠性一般)	5(可靠性一般)	2(可靠)
严重性(S)	30	10	2
维护难度/发现难度(M)	5(不易维护)	5(不易维护)	2(容易维护)
风险优先指数(RPN)/(排名)	750/(1)	250/(2)	8/(3)
采取的措施	采用验收阶段、运行阶段评估;使用安全检查表法、AHP 法 ^⑧ 、专家打分法		
	D	2	5
本实例措施预计的结果	S	<30	<10
	M	2	2
	RPN	<120	<100

4 结 论

FMEA 法的特点在于事先预防,对可能出现的偏离预期的情况进行设防,先期进行 FMEA 分析,对系统组件进行改进,以较小的成本和风险减少失效带来的隐患。在预评估系统中使用 FMEA 法可识别潜在的失效模式,分析其原因及对策可降低评估失效带来的影响,对验收阶段评估和运行阶段评估有重要的指导意义。

参考文献:

- [1] 赵红,乔英杰.FMEA 在实验室安全管理领域的应用[J].实验室研究与探索,2012,31(10):446-448.
- [2] 崔冉,王晓春,宫悦,等.失效模式和效应分析在医院药物安全管理过程中的应用[J].中国医院药学杂志,2014,34(5):405-408.
- [3] 张悦,石超,方来华.基于 FMEA 和 HAZOP 的综合分

析方法及应用研究[J].中国安全生产科学技术,2011,7(7):146-150.

- [4] 赵洋,行鸿彦,刘非凡.多级 SPD 之间以及 SPD 与设备之间的配合实验[J].电瓷避雷器,2014,261(5):87-93.
- [5] 李宏景,甘宝,陆启东.雷电灾害风险评估在实际工作中的运用[J].气象研究与应用,2014,35(3):105-107.
- [6] 侯安校.强雷区高层建筑雷电风险评估技术探讨[J].气象研究与应用,2014,35(3):99-102.
- [7] 朱传林,王学良,黄克俭,等.浅析雷电灾害风险评估标准中存在的问题[J].电瓷避雷器,2013,251(1):45-49.
- [8] 罗骥翹,杨仲江,华晨辉.基于模糊数学理论的既有普通建筑雷灾风险评估[J].电瓷避雷器,2014,260(4):60-65.