

1E级电气设备电磁兼容试验标准选用研究

吴园园, 孙德泉, 张小伟

国防科工局核技术支持中心, 北京
Email: wyy0089@163.com

收稿日期: 2021年6月18日; 录用日期: 2021年7月16日; 发布日期: 2021年7月23日

摘要

电气设备的电磁兼容性是保证其正常工作的重要因素, 我国核电厂1E级电气设备均要考虑进行电磁兼容试验。目前我国能源行业标准NB/T 20218和GJB 151B均可用于电磁兼容试验。本文通过对比分析上述两标准在试验项目、试验条件等的关系, 给出了采用上述两标准的建议, 可用于指导核电厂等1E级电气设备在质量鉴定时选取适当的电磁兼容试验标准。

关键词

电气设备, 环境鉴定, 电磁兼容

Research on Selection of EMC Test Standard for 1E Electrical Equipment

Yuanyuan Wu, Dequan Sun, Xiaowei Zhang

Nuclear Technology Support Center, State Administration of Science, Technology and Industry for National Defence, Beijing
Email: wyy0089@163.com

Received: Jun. 18th, 2021; accepted: Jul. 16th, 2021; published: Jul. 23rd, 2021

Abstract

Electromagnetic compatibility of electrical equipment is an important factor to ensure its normal operation. Electromagnetic compatibility test should be considered for 1E electrical equipment of nuclear power plant in China. At present, China's energy industry standards NB/T 20218 and GJB 151B can be used for EMC test. By comparing and analyzing the two standards in test items and test conditions, this paper gives some suggestions on adopting the above two standards, which can be used to guide the selection of appropriate EMC test standards for 1E electrical equipment in

nuclear power plant.

Keywords

Electrical Equipment, Environmental Qualification, Electromagnetic Compatibility (EMC)

Copyright © 2021 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

核电厂电磁环境复杂, 存在多种电磁干扰源, 会对电子电气设备的正常工作产生干扰; 另一方面, 核电厂所采用的仪控设备逐渐数字化、集成化, 对于电磁干扰更加敏感。因此, 电磁兼容问题是影响电气设备性能的重要因素。我国 GB/T 12727-2002《核电厂安全系统电气设备质量鉴定》、法国《RCC-E 核岛电气设备设计和建造规则》和美国 IEEE 323《核电厂安全级设备鉴定》中均对电磁兼容进行了规定。但我国目前存在多个电磁兼容试验有关的标准, 导致在制定电磁兼容试验方案时出现多个标准共用或相互引用的情况, 带来不便。本文则在分析目前各电磁兼容标准的内容和要求的基础上, 给出不同标准的使用建议, 尤其有助于指导核电厂等 1E 级电气设备在质量鉴定时选取适当的电磁兼容试验标准。

2. 我国电磁兼容试验标准概述

我国现行电磁兼容试验相关标准主要有 NB/T 20218-2013《核电厂安全重要仪表和控制设备电磁兼容性试验要求》、GB/T 17626 系列《电磁兼容试验和测量技术》、GB 4824《工业、科学和医疗(ISM)射频设备电磁骚扰特性限值和测量方法》、GJB 151B-2013《军用设备和分系统电磁发射和敏感度要求测量》、HJB 34A-2007《舰船电磁兼容性要求》、GJB 1389A-2005《系统电磁兼容性要求》等。其中, NB/T 20218-2013 用于核电厂安全重要系统仪表和控制设备电磁兼容性试验项目的选取和试验要求的确定, 涉及抗扰度试验的具体试验步骤和试验规程则直接引用 GB/T 17626 系列标准, 涉及发射试验的具体试验步骤和规程则直接引用 GB 4824; GJB 151B 对军用设备和系统电磁兼容试验提出了试验项目选取的依据和要求; GB/T 17626 系列标准则对民用建筑和特殊区域提出了电磁兼容要求和具体的试验规程; GB 4824 针对工业、科学和医疗设备的电磁发射测试进行了规定; HJB 34A 和 GJB 1389A 仅规定了系统内电磁兼容要求、系统对外部电磁环境的适用性要求、静电防护等要求, 并未涉及试验项目的选取和试验要求等内容, 综上, 上述标准中仅 NB/T 20218-2013 和 GJB 151B 涉及核电厂等系统设备电磁兼容项目的选取和要求。NB/T 20218-2013《核电厂安全重要仪表和控制设备电磁兼容性试验要求》等效采用了国际电工委员会工业标准 IEC 62003《核电厂安全重要仪表和控制设备电磁兼容性试验要求》, GJB 151B-2013《军用设备和分系统电磁发射和敏感度要求测量》则参考引用了美国国防部 2007 年发布的军用标准 MIL-STD-461F, 鉴于目前美国电磁兼容试验遵循的 RG1.180 允许在 MIL-STD-461E 和 IEC 61000 系列中任选其一, 因此, 我国目前在 1E 级电气设备的环境鉴定中原则上也可选用 NB/T 20218-2013 或 GJB 151B 进行电磁兼容试验。

3. 电磁兼容试验标准对比

NB/T 20218-2013《核电厂安全重要仪表和控制设备电磁兼容性试验要求》[1]等同采用 IEC 62003:2009《核电厂安全重要仪表和控制设备电磁兼容性试验要求》, 规定了核电厂安全重要系统中使用的仪表和

控制设备的电磁兼容性要求,给出了试验方法所适用的国家标准和 IEC 标准(主要是 GB/T 17626 和 IEC 61000 系列标准);另外,基于仪控设备实际安装环境和电磁环境的严酷程度,将仪表和控制设备的抗扰度分为 4 类,并按照不同类别给出了为满足核安全要求所必需的试验参数和判据,可用于核电厂安全重要系统中仪控和电气设备的电磁兼容性试验。

GJB 151B-2013《军用设备和分系统电磁发射和敏感度要求测量》[2]主要以美国 MIL-STD-461E (reference 21)《分系统和设备电磁干扰控制要求》为基础编制,规定了军用电子、电气及机电等设备和分系统电磁发射和敏感度的要求和测试方法。标准中给出了传导发射(CE)、传导敏感度(CS)、辐射发射(RE)和辐射敏感度(RS)四大类共 21 个测试项目,并具体给出了各个项目的适用范围、限值和测试方法。

NB/T 20218-2013 给出了核电厂安全重要仪表和控制设备应进行的抗扰度试验共 14 项,发射试验仅 3 个,且未对试验条件、试验要求进行详细规定;GJB 151B-2013 规定的 21 个测试项目中,敏感度试验 14 个,发射试验为 7 个,表 1 列出两个标准测试项目的大致对应关系[3]。

Table 1. Comparison of NB/T 20218 and GJB 151B test items

表 1. NB/T 20218 和 GJB 151B 测试项目对比

		NB/T 20218	GJB 151B
稳态传导干扰	1	交流电源端口谐波、谐波间及电网信号的低频抗扰度	CS101 电源线传导敏感度
	2	电压暂降、短时中断和电压变化的抗扰度	
	3	工频频率变化抗扰度	CS114 电缆束注入传导敏感度
	4	射频场感应的传导骚扰抗扰度	
瞬态传导干扰	1	浪涌(冲击)抗扰度	CS115 电缆束注入脉冲激励传导敏感度
	2	电快速瞬变脉冲群抗扰度	5
	3	振荡波抗扰度	5
	4	电压波动抗扰度	CS116 阻尼正弦瞬变传导敏感度
磁场	1	工频磁场抗扰度	RS101 磁场辐射抗扰度
	2	0~150 KHz 共模传导骚扰	
	3	阻尼振荡磁场抗扰度	
	4	脉冲磁场抗扰度	
电磁场	1	射频电磁场辐射抗扰度	RS103 电场辐射抗扰度
静态放电	1	静电放电抗扰度	CS112 静电放电敏感度

可以看出,由于测试项目的划分依据和试验条件不同,两标准中各试验项目无法一一准确对应。GJB 151B 虽然在测试项目上基本与 NB/T 20218 所规定的核电厂仪表和设备测试项目相同,但两标准试验条件的参数范围不同,如 RS 101 磁场辐射抗扰度中频率范围为 30 Hz~100 KHz,而核电厂共模传导骚扰抗扰度频率范围为 0~150 KHz。另外,NB/T 20218 中基于核电厂仪表和设备所处的安装环境和电磁环境的严酷程度,将仪表和控制设备的抗扰度分为 4 类,并根据不同类别规定了不同的试验条件和判据,更加符合核电厂电气类设备的实际情况,而 GJB 151B 未对此进行区分,直接用于核电厂仪表和设备的电磁兼容试验时可能带来过大的保守性。最后,NB/T 20218 中大多依据电磁干扰来源的不同分别规定了应进行的电磁兼容试验,如浪涌(冲击)、电压变化、工频磁场等,有利于设计者根据核电厂各电气设备的实际安装环境进行剪裁,选取适宜的试验项目;而 GJB 151B 所适用的军用系统和设备种类繁多,安装及工

作环境多样,电磁干扰来源复杂,标准中大多根据被测设备划分和规定测试项目,如CS 114 电缆束注入传导敏感度;或者通过较大范围的测试参数来覆盖不同类型的电磁干扰来源,如RS 101 磁场辐射抗扰度急对应NB/T 20218 中的4个测试项目,导致设计者仅对核电厂安全级电气设备进行电磁兼容试验时需要在多个测试项目中选取合适的试验参数范围,即进行试验项目的剪裁与确认。因此,NB/T 20218 相比GJB 151B 更加适用于核电厂等安装位置和工作环境比较明确的仪表设备的电磁兼容试验选取,而GJB 151B 适用于安装位置和工作环境不确定或变化较大的仪表设备的电磁兼容试验,而用于核电厂电气设备时,则要进行测试项目的分析、剪裁和确认。剪裁中应考虑下述因素:

- 1) 产品整个寿命期内事件及其相应的电磁环境和严酷程度;
- 2) 产品本身的特性;
- 3) 设备受各种电磁环境影响的程度;
- 4) 设备布局与安装位置;
- 5) 干扰源及被保护对象的工作频率、调制方式;
- 6) 可能提供的实测数据和类似设备工作情况。

除上表中所列试验项目外,GJB 151B 还规定了其他敏感度试验和发射试验项目。其中,敏感度试验,如CS 101 地线传导敏感度、CS 103 天线端口互调传导敏感度、CS 105 天线端口交调传导敏感度等,均为军用系统装备所特有的电磁兼容要求,核电厂仪表和设备无相关要求。对于发射试验项目,如CE 101 25 Hz~10 kHz 电源线传导发射、CE 106 10 kHz~40 GHz 天线端口传导发射、RE 101 25 Hz~100 kHz 磁场辐射发射等,均规定了具体的试验条件和试验方法,而NB/T 20218 标准中仅给出了三类发射试验的试验项目和限值,具体的试验方法和要求则引用了GB 4824 进行制订。

4. 结论

结合以上分析,NB/T 20218-2013《核电厂安全重要仪表和控制设备电磁兼容性试验要求》可直接用于核电厂等安全系统仪表和设备电磁兼容试验,而GJB 151B-2013《军用设备和分系统电磁发射和敏感度要求测量》则用于安装位置和工作环境不确定或变化较大的系统设备的电磁兼容试验,若用于核电厂电气设备,则需进行试验项目和条件的剪裁、修改与确认。

参考文献

- [1] 国家能源局. NB/T 20218-2013 核电厂安全重要仪表和控制设备电磁兼容性试验要求[S]. 中华人民共和国能源行业标准, 2013.
- [2] 中国人民解放军总装备部. GJB 151B-2013 军用设备和分系统电磁发射和敏感度要求测量[S]. 中华人民共和国国家军用标准, 2013.
- [3] 王英. 核安全设备鉴定[M]. 北京: 机械工业出版社, 2015: 90-93.