

可设置于苛刻环境下的高可靠性逆变器

邓隐北, 马征程, 杨凤娟 编译

河南九和共创仪器有限公司

摘要: 目前, 逆变器愈益广泛的应用于各个工业领域, 在腐蚀性气体包围或在屋外等严酷环境下, 逆变器没有封装保护而作为单个部件还一直在使用着。富士电机公司已专门设计、开发可设置于苛刻环境下的高可靠性逆变器 (FRENIC-eFIT)。该逆变器实现了无风扇冷却结构, 在保护电子元件的同时, 利用SiC器件的低损耗、高温操作特性, 解决了散热问题。而且, 将技术开发的成果用于产品的设计中, 可缓解因高速开关操作导致的噪音难题。富士电机产品的技术水平和现场的试验结果, 不断提高和改善了逆变器适应环境的可靠性。

关键词: 逆变器, 苛刻环境, 可靠性, 散热设计

1 前言

近年来, 按照节能和提高生产率的要求, 逆变器在很多领域都在推广应用。迄至今天已有这种需求, 即在腐蚀性气体或屋外等严酷环境下, 逆变器没有封装保护, 而作为单个部件仍然在使用。为适应这样的环境条件, 必须实现无冷却风扇的全封闭冷却结构, 以保护半导体器件和电子零部件, 免受腐蚀性气体的侵蚀。此外, 在上述苛刻的环境条件下, 要求制定大容量级 (37kW) 设备的也很多。要实现无冷却风扇的全封闭结构, 必须解决超越原来逆变器的过热问题。由于使用了具有低损耗、高温操作这一特性的SiC器件, 现在, 可设置于苛刻环境下的高可靠性FRENIC-eFIT逆变器 (图1) 已经开发成功。

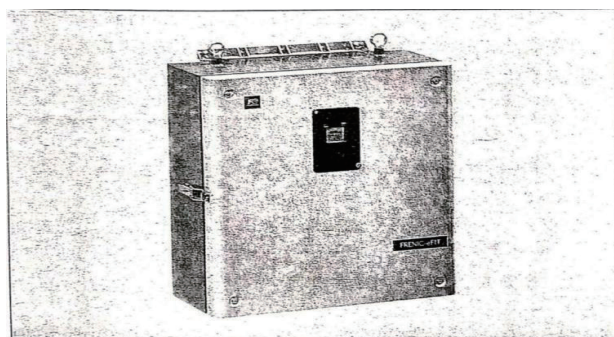


图1 FRENIC-eFIT 逆变器 (37kW/400V)

本文阐述了有关FRENIC-eFIT逆变器的SiC器件应用技术, 耐气候、耐腐蚀性、提高可靠性的技术, 以及机器的散热设计技术。

2 SiC 器件应用技术

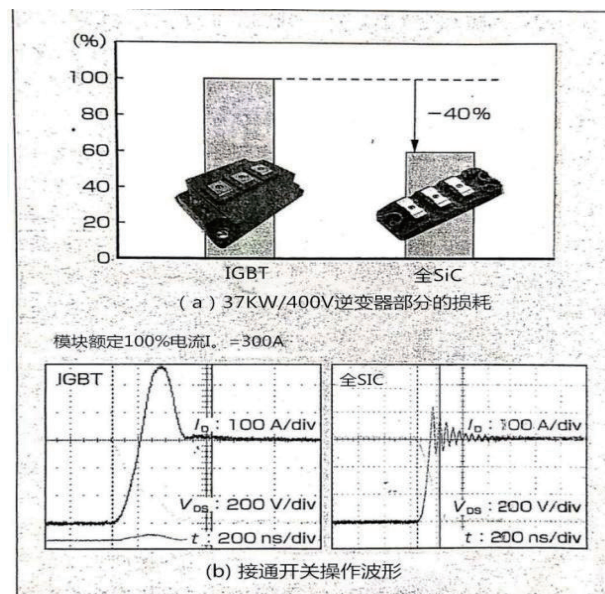


图2 损耗与接通开关操作波形

表1: FRENIC-eFIT 的主要规格

项目	详细
采用的器件	全SiC模块
设置的环境	按照IEC规格的环境参数 室内、室外
周围的温度	50℃ (无输出降低)
维护	设计寿命10年
防护等级	IP55 (IEC 60529)
冷却方式	自然空冷 (无冷却风扇)
外形尺寸	W680×D375×H845

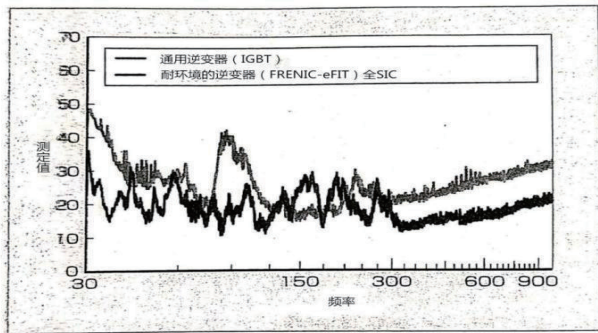


图3 发射的噪音对比 (37kW/400V)

SiC 器件兼具低损耗特性和高速开关操作特性(图2)。在高速下进行开关操作时,会产生较大的噪音,这将成为应用中的难题。表1 所列为 FRENIC-eFIT 的主要规格。为了提高包括设置在屋外的 FRENIC-eFIT 逆变器的耐环境性,利用所配的金属制密封箱体进行磁屏蔽,以便抑制比配置敞开式箱体通用逆变器所发射的更大噪音量(图3)。此外,从 IEC 规定的防护等级可见,相对于原来的通用逆变器不具备防尘、防水性的敞开式 (IP00), FRENIC-eFIT 具有全封闭式 (IP55) 的防护等级。

3 耐气候、耐腐蚀性的可靠性提高技术

对于欧洲厂商耐环性高的逆变器,是将 IEC 规格 (IEC60721-3-4) 规定的环境参数,以及产品样本和操作说明书记载的可设置环境条件,征求满足用户意见。对于 FRENIC-eFIT 逆变器,按照基于市场需求选定的品种及其工厂环境,由 IEC 规定的环境参数 4C4,是能设置于排放化学污染物质的工业地段。因此,一般工业环境下所要求的,加上图4所示4种腐蚀性气体,以日光照射、盐害、油这样的环境因素作为评价对象。与此相应,自助售货机、屋外的板盘、光伏发电用 PCS (功率调节器)、铁道车辆设施等,设置于苛刻环境下的富士公司产品,借助技术性试验件 (test piece) 的基础试验,由用户协助的采样现场试验、收集和利用这些环境数据,策划制定了评价项目、内容与判定标准。作为例子,利用可受到日光照射的炭精电极 (石墨电弧) (Sunshine Carbon arc) 试验机,对涂敷层金属板的紫外线劣化试验以及策定的判定标准如图5所标。

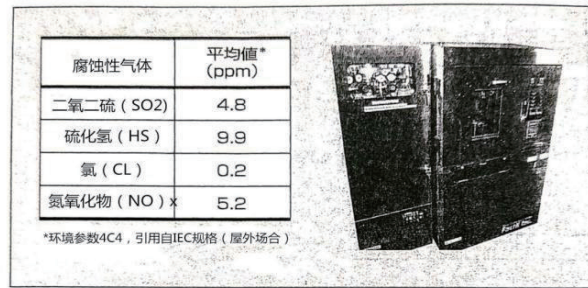


图4 选定的腐蚀性气体及混合气体试验机

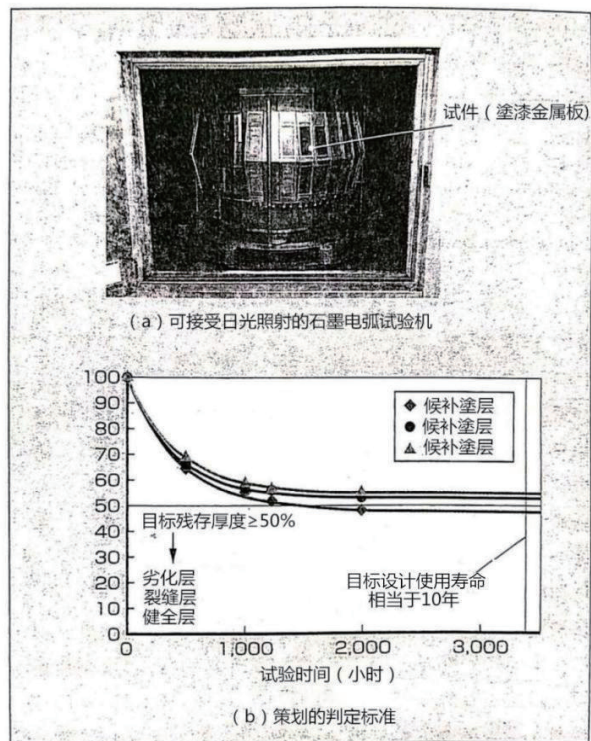


图5 涂漆金属片的紫外线劣化试验及其判定标准

利用策划确定的评价项目、内容及判定标准,对有关耐腐蚀性气体和耐气候性、耐油性等进行复合的评价试验,通过对结果的定量判断,相对苛刻环境下的耐气候、耐腐蚀性方面,已确保原来没有的、10年设计寿命的可靠性。

4 散热设计技术

图6为 FRENIC-eFIT 逆变器的主电路结构及内部装

设的周边元件。为了实现 FRENIC-eFIT 的无封装结构，逆变器的周边设备 [EMC (电磁兼容) 滤波器、直流电抗器等] 均安装在内面，必须实现无冷却风扇的密封结构。因此，对比通用的逆变器，筐体内部的发热量大，担心温度升高，故散热成为难题。逆变器的散热设计，必须避免由器件产生损耗变成的热量排放至筐体后面，不会导致温度的过分升高。

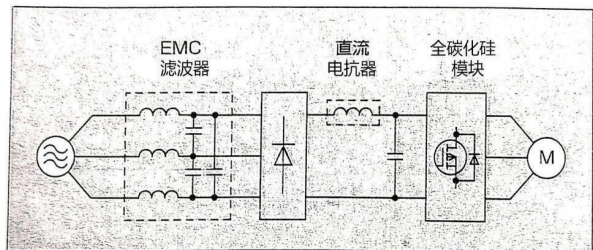


图 6 主电路结构及内部的周边设备

由于采用了 SiC 器件，产生的损耗可大幅度下降。筐体内产生损耗的一部分，经热传导的导向散热后，排放至筐体外部，以达到整体温度的合适化。首先，着眼于电源基板，然后是损耗大的直流电抗器和热量小的主电路电解电容器。为加大从这些部件向散热片的传热，应考虑通过导热板的配置，并将它固定 (图 7)，以使其接触面积的最大化。

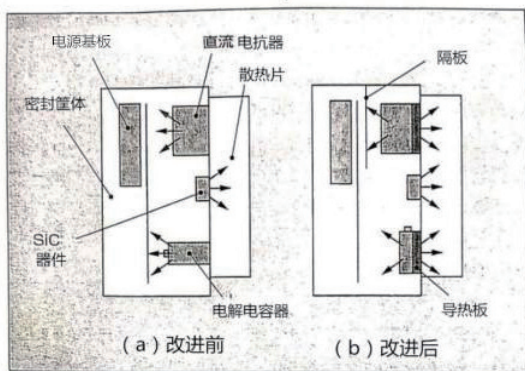


图 7 散热路径图 (右侧断面图)

改进前后，进行了热的模拟试验 (图 8)。本次改进方案仅对基板实装元件的温度，结果表明均在所定的温度范围内。已经确认，其主要原因是从直流电抗器受热的空气产生对流，返回到基板侧所致。作为最大效果的对策，拟

采用冷却风扇对筐体内部进行搅拌，使筐体内的温度均匀并下降。但设置的风扇是有使用期限的部件，从而不能实现免维护。因此，为了取消搅拌用的冷却风扇，要使被直流电抗器升温的空气不返回到基板侧，应设置一块隔板来遮挡。然而整个基板侧与主电路元件侧的间隔之间一旦隔开，阻碍着由温差引起的对流，筐体内的温度产生偏移，这点，通过热的模拟试验已能确认。对流路线保存的同时，直流电抗器上升温的空气会导向筐体的金属板顶面而促进热的传导。最终，各元件的升温约 18%，筐体内的升温则抑制至 8% 左右，实现了无冷却风扇的密封结构。

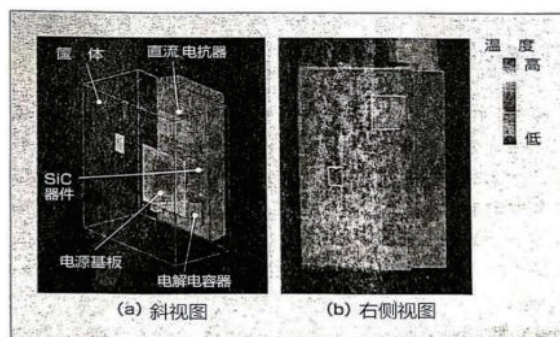


图 8 热模拟试验 (改进后)

5 FRENIC-eFIT 的规格与特点

作为开发工作的第一步，力图向风机、泵类设备上积极推广并积累经验和成果，进一步提高可靠性；同时，作为第二步，将向重要设备的加工生产线 (Process line) 方面发展。为此，首先应配置以驱动风机、泵类为主体的通用逆变器的控制功能，然后则要配置高性能逆变器的控制功能。而且，这些功能将作为一个平台 (platform) 应能满足控制、电源基板的装载和更换要求，其内部的结构如图 9 所示。

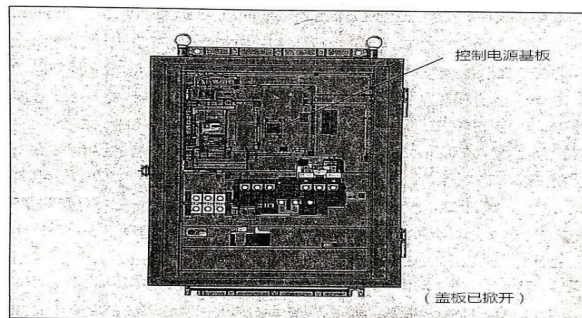


图 9 FRENIC-eFIT 的内部结构

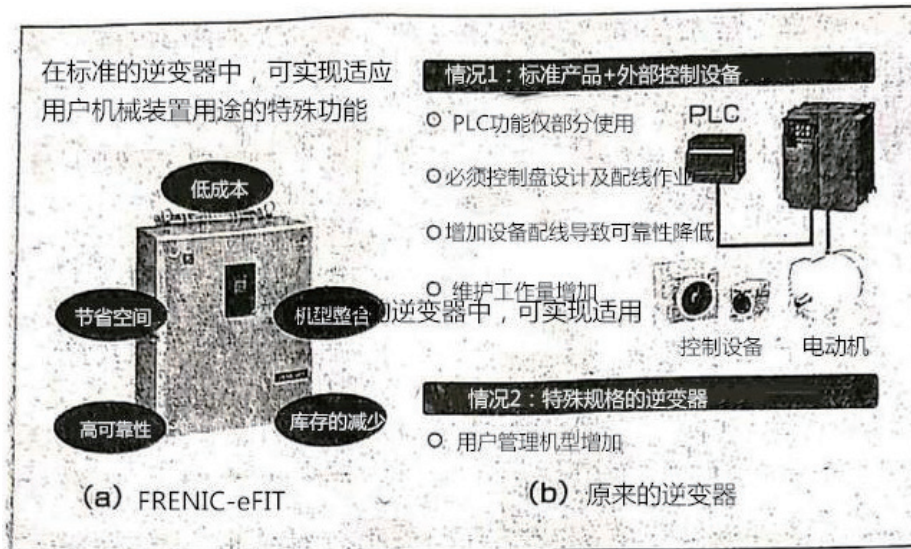


图 10 用户管理逻辑功能

此外，设定的 FRENIC-eFIT，将独立设置于屋外及恶劣环境下，应具有下面所列的三个特点。

(1) 用户逻辑管理功能

用户配置了可执行独立功能的用户逻辑管理功能（图 10）。组合逆变器内部的各种运算功能，可对用户的每一机械装置及用途，实现其所必要的控制功能，而不需要由简易可编程控制器（PLC）及外部继电器、定时器等组成的外部电路。程序设计（programming）的步骤最多为 200 步，勿需特殊的开发环境，使用直觉逻辑符号（logic symbol）的程序设计工具，在富士电机公司的内部页面上可无偿提供。

(2) 相应蓝牙（Bluetooth）技术的触摸屏（touch panel）

选择了与可以远距离操作的蓝牙技术相应的触摸屏，形成能装入触摸屏的结构（图 11）。FRENIC-eFIT 的箱体为金属制的密封结构，触摸屏部采用局部敞露以便于操作。借助特殊的薄膜与包装进行防水。由耐气候性高、丙烯酸（acryl）制的美观外壳保护，在确保耐环境性的同时，还避免了电磁波干扰等的影响。一旦安装了这一蓝牙技术的触摸屏，编辑并读入功能码，则逆变器各种信息的监控（monitoring），电流、电压、转矩等的实时跟踪（real time trace），节能的诊断等，即使在远离现场的可移动终端，操作使用也是可能的，满足了用户的需求。

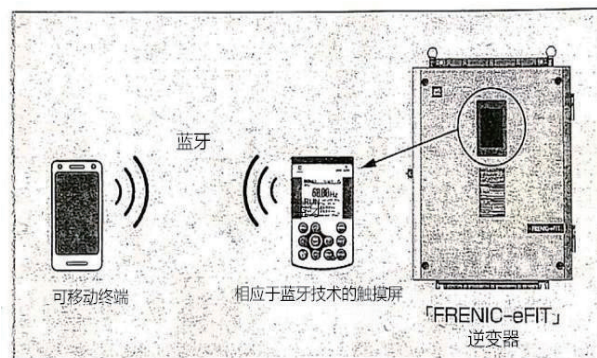


图 11 可远距离操作相应于蓝牙的触摸屏

(3) 安装结构

装入通用逆变器及其周边设备的控制盘，安装在屋外的情况下，采用混凝土打实基础，由锚（anchor）螺栓将盘面固定，进行标准的施工，这需要花费资金和工期，将成为用户非常大的负担。而 FRENIC-eFIT 逆变器配备了与屋外控制盘相同及更多的功能，但体积却大幅减少到约 1/4，能安装在现有建筑物等的墙壁上（图 12）。按照标准再加上附属的安装支架，墙面安装用的附件等，相应于安装场所，因有各式各样的安装方法可供选择，故新安装时的工程费用可消减 70%，工期则能缩短 60%。

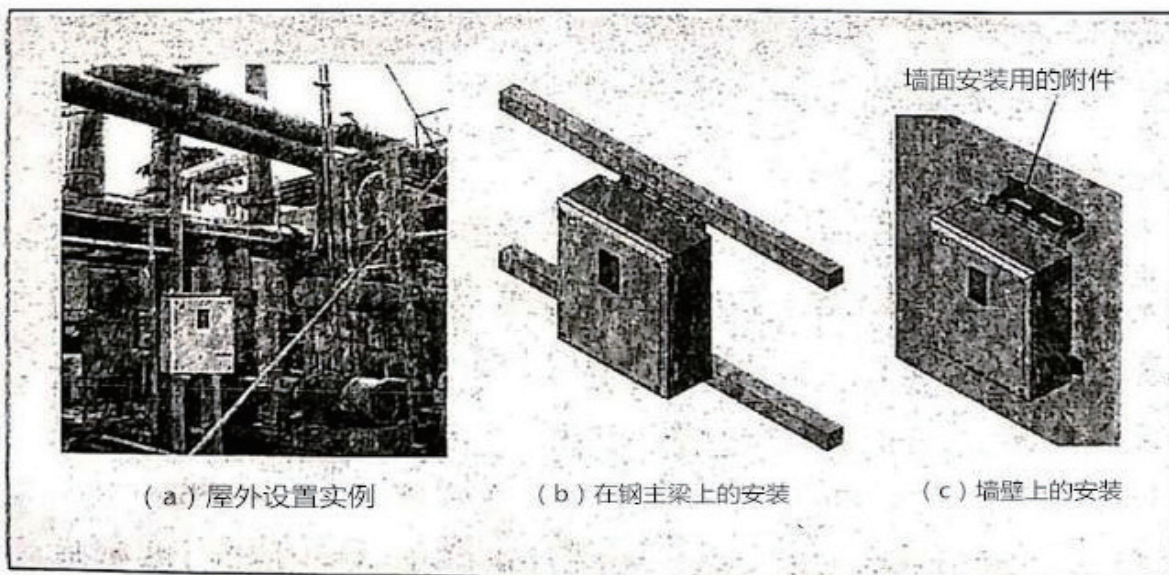


图 12 设置的不同方式

此外，设置环境不用担心，逆变器可设置在电动机近旁，缩短了输出配线，配线成本能降低。加之，电动机的浪涌冲击波 (surge) 和噪音也可望得到抑制，无需浪涌滤波器及各种噪音的对策。从这一点看也可减轻用户的负担。由于能装设在电动机近旁，一方面能见到 (观测) 原设备的流量计，一方面又可通过逆变器来调节原来的输出量。现场试验中，用户得到了非常理想的良好感觉。

6 海外规格的认证

FRENIC-eFIT 已向欧洲市场拓展，2018 年以来，曾先后取得了欧洲 CE 标记的功能安全规格，美洲的 UL 规格以及日本的 ROHS (ROHS：包括对电气、电子产品限制使用的特定有害物质的有关规定)。

7 结束语

本文阐述了从发挥 SiC 器件特性的新型商品材料的开发，到有关 SiC 器件的逆变器产品的应用。而且今后将向通过 SiC 器件的多数并列使用所导致的大容量化方向发展。将这些应用技术作为平台，不断对通用设备及其它电力、电子 (PE) 设备扩大应用领域。

原文出处：YOSHIDA Toshihiro, TAKUBO Hiromu, SATO Keisuke, “FRENIC-eFIT” Environmentally Resistant Inverter Designed for Harshest Installation Conditions, 《富士电机时报》2018.vol.91.No.1, P17-20