

中华人民共和国国家标准

GB/T 25387.2—2010

风力发电机组 全功率变流器 第2部分：试验方法

Full-power converter of wind turbine generator systems—
Part 2: Test method

2010-11-10 发布

2011-03-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局
中国国家标准化管理委员会 发布



前 言

GB/T 25387《风力发电机组 全功率变流器》分为两个部分：

——第1部分：技术条件；

——第2部分：试验方法。

本部分为 GB/T 25387 的第2部分。

本部分由中国机械工业联合会提出。

本部分由全国风力机械标准化技术委员会(SZAC/TC 50)归口。

本部分主要起草单位：合肥阳光电源有限公司、湘电集团有限公司、北京科诺伟业科技有限公司、东方汽轮机有限公司、山东长星风电科技有限公司、国网电力科学研究院、艾默生网络能源有限公司。

本部分主要起草人：曹仁贤、余勇、张兴、屠运武、姚丹、张友权、龙辛、赵斌、尚小林、朱玉国、朱晓东、袁斌。

风力发电机组 全功率变流器

第2部分:试验方法

1 范围

本部分规定了风力发电机组全功率交直交电压型变流器(以下简称“变流器”)的试验条件和试验方法。

本部分适用于风力发电机组用全功率交直交电压型变流器的试验和检验。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本部分的引用而成为本部分的条款。凡是注日期的引用文件,其随后所有的修改单(不包括勘误的内容)或修订版均不适用于本部分,然而,鼓励根据本部分达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件,其最新版本适用于本部分。

GB/T 2423.1 电工电子产品环境试验 第2部分:试验方法 试验A:低温(GB/T 2423.1—2008,IEC 60068-2-1:2007,IDT)

GB/T 2423.2 电工电子产品环境试验 第2部分:试验方法 试验B:高温(GB/T 2423.2—2008,IEC 60068-2-2:2007,IDT)

GB/T 2423.3 电工电子产品环境试验 第2部分:试验方法 试验Cab:恒定湿热试验(GB/T 2423.3—2006,IEC 60068-2-78:2001,IDT)

GB 4208 外壳防护等级(IP代码)(GB 4208—2008,IEC 60529:2001,IDT)

GB 12668.3 调速电气传动系统 第3部分:产品的电磁兼容性标准及其特定的试验方法(GB 12668.3—2003,IEC 61800-3:1996,IDT)

GB/T 25387.1 风力发电机组 全功率变流器 第1部分:技术条件

YD/T 282 通信设备可靠性通用试验方法

3 试验条件

3.1 试验环境条件

测量和试验推荐在以下条件下进行:

- a) 温度:15℃~35℃;
- b) 相对湿度:45%~75%;
- c) 气压:86 kPa~106 kPa。

3.2 测量仪器仪表

- a) 试验中使用的测量仪器、仪表、传感器均应经计量部门检定合格并在有效期内,且在被测频率范围内满足精度要求;
- b) 试验时采用的电气测量仪表的准确度应不低于0.5级(兆欧表除外),温度计的误差应不大于±1℃,其他测量仪器仪表应符合相关标准的规定。

4 试验方法

4.1 试验平台

变流器试验应在与实际工作等效的电气条件下进行,尽量模拟风场条件。例如,试验平台可由电动

机-发电机拖动机组组成,以模拟风力发电机的功率特性,该拖动机组由电动机、电动机侧适配变压器、电动机驱动用变流器、发电机、发电机侧适配变压器、被测变流器、控制台及相关配电设备组成,如图 1 所示,依据控制台指令进行一系列试验。

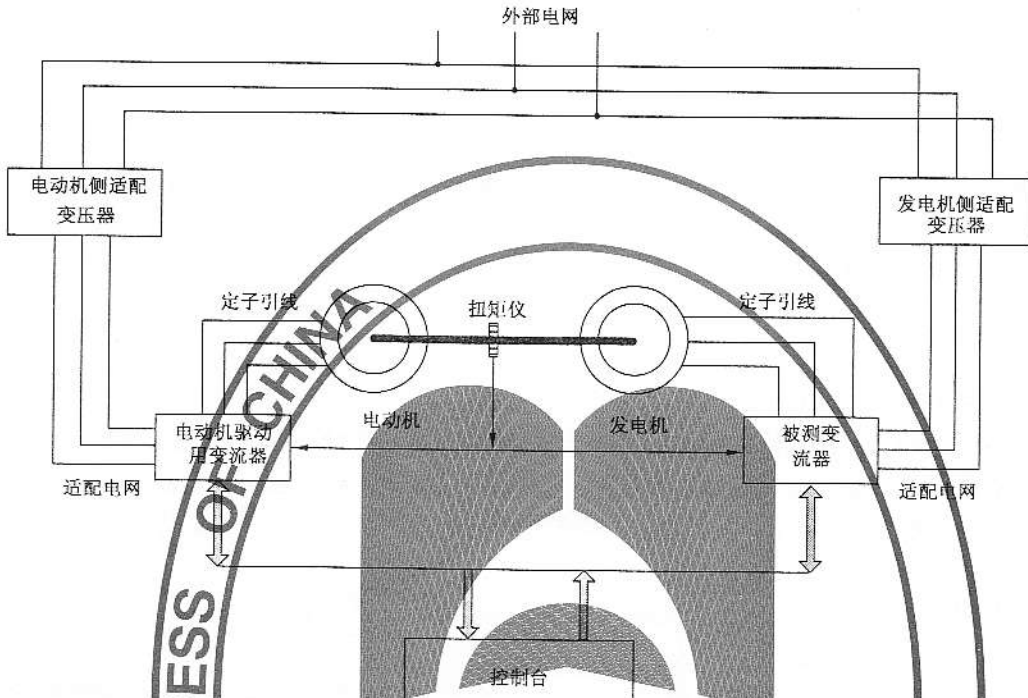


图 1 全功率变流器模拟试验平台示例

4.2 试验项目及内容

4.2.1 绝缘耐压试验

4.2.1.1 绝缘电阻和绝缘强度试验之前,应将所有不能承受高压的元器件从电路中予以排除。

4.2.1.2 绝缘电阻测定试验

用兆欧表或绝缘电阻测试仪以 1 000 V 试验电压分别测量变流器的输入电路对地、输出电路对地的绝缘电阻值。测量绝缘电阻合格后,才能进行绝缘强度试验。

4.2.1.3 绝缘强度测定试验

用耐压测试仪分别对变流器的输入电路对地、输出电路对地按 GB/T 25387.1《风力发电机组 全功率变流器 第 1 部分:技术条件》中 4.5.2 的规定进行试验。

4.2.2 功能试验

功能试验的目的是为了验证电气线路的所有部分以及冷却系统的连接是否正确,能否与主电路一起正常运行,设备的静态特性是否能满足规定要求。

出厂试验时,变流器仅在额定输入电压下运行;型式试验时,应在额定输入电压的最大值和最小值下检验设备的功能。试验期间,应检查控制、辅助、保护装置等的性能,应能与主电路协调工作。

功能试验主要包括:启动、运行、停机、通讯等。

4.2.3 加载试验

加载试验的目的是验证不同转速下变流器的输出功率与设定的风力发电机的功率曲线的对应关系。

试验在图 1 所示的模拟试验平台上进行,步骤如下:

- a) 启动电动机驱动用变流器,并调节电动机速度至切入转速点;
- b) 启动被测变流器,使之并网发电,并记录被测变流器输出功率;

c) 调节电动机转速,使发电机在不同转速下运行,测试转速点依次取切入转速到最高转速范围内的等分点 n_{01} 、 n_{02} 、 n_{03} 、……、 n_{0i} ($i \geq 10$),并记录不同转速下被测变流器的输出功率 P_{0i} 与指令功率 P_{0i}^* ,直到最高转速。表 1 给出了加载试验数据表。

表 1 加载试验数据表

转速	n_{01}	n_{02}	n_{03}	……	n_{0i}
指令功率	P_{01}^*	P_{02}^*	P_{03}^*	……	P_{0i}^*
输出功率	P_{01}	P_{02}	P_{03}	……	P_{0i}

4.2.4 电网适应能力试验

4.2.4.1 模拟电网

在该项试验中,交流电网应该用电压、频率可调的模拟电网代替,模拟电网的容量应大于被测变流器容量的 5 倍以上。

注:若电压、频率可调的模拟电网难以实现,为试验方便起见,可通过控制检测信号来模拟电网电压和频率的变化。

4.2.4.2 电网电压适应能力试验

变流器应能检测到异常电压并做出反应,电压的均方根值在变流器交流输出端测量。

试验分别在变流器输出为额定功率的(25~33)%、(50~66)%和 100%处进行,分别往正、负方向调整模拟电网的输出电压直至变流器停止向电网供电,记录下动作时间以及动作时的电压应符合表 2 规定。

表 2 异常电压的响应

电压(变流器交流输出端)	最大跳闸时间 ^a
$V < 80\% V_{\text{标称}}$	0.05 s
$80\% V_{\text{标称}} \leq V < 90\% V_{\text{标称}}$	变流器无功支持
$90\% V_{\text{标称}} \leq V \leq 110\% V_{\text{标称}}$	正常运行
$110\% V_{\text{标称}} < V < 135\% V_{\text{标称}}$	0.5 s
$135\% V_{\text{标称}} \leq V$	0.05 s

^a 最大跳闸时间是指异常状态发生到变流器停止向电网供电的时间。主控与监测电路应切实保持与电网的连接,从而继续监视电网的状态,使得“恢复并网”功能有效。

4.2.4.3 电网频率适应能力试验

试验分别在变流器输出为额定功率的(25~33)%、(50~66)%和 100%处进行,分别往正、负方向调整模拟电网的输出频率直至变流器停止向电网供电,记录下动作时间以及动作时的频率应符合表 3 规定。

表 3 异常频率的响应

频率(变流器交流输出端)	最大跳闸时间 ^a
$f < 47.5 \text{ Hz}$	0.2 s
$47.5 \text{ Hz} \leq f \leq 51.5 \text{ Hz}$	正常运行
$51.5 \text{ Hz} < f$	0.2 s

^a 最大跳闸时间是指异常状态发生到变流器停止向电网供电的时间。主控与监测电路应切实保持与电网的连接,从而继续监视电网的状态,使得“恢复并网”功能有效。

4.2.5 效率试验

结合 4.2.3 试验,使发电机在最高转速运行,用功率计测量被测变流器的输入功率 P_i 、输出功率 P_o ,计算效率。效率 = $(P_o/P_i) \times 100\%$ 。

4.2.6 电网侧功率因数测定试验

结合 4.2.3 试验,使发电机在最低转速、额定转速和最高转速下运行,分别测试被测变流器电网侧功率因数。

4.2.7 总谐波畸变率测量试验

由于变流器输出交流电流的总谐波畸变率与电网短路阻抗有关,为使试验结果具有可比性,试验报告中应注明该项试验时的电网短路阻抗。

结合 4.2.3 试验,在额定运行条件下,测量被测变流器输出交流电流的总谐波畸变率。

注 1: 试验中电网的容量须大于变流器容量的 5 倍以上,且无其他负载接入。

4.2.8 直流电流含量测定试验

结合 4.2.3 试验,在额定运行条件下,测量被测变流器输出交流电流中的直流电流含量。

4.2.9 过载能力试验

按图 1 接线,在变流器额定运行至各器件温升达到稳定值后,在 110% 的电机侧标称电流容量下运行 1 min,随后电流降至额定值以下运行一段时间,在整个运行期间,输入电流有效值不超过额定输入电流,变流器应能正常工作。

4.2.10 平均故障间隔时间试验

按 YD/T 282 中规定的方法进行。

4.2.11 稳定性运行时间试验

在额定运行条件下,被测变流器应正常运行,并记录连续运行时间。

4.2.12 温升试验

温升试验目的在于测定被测变流器在额定运行条件下时,各部件的温升是否超过规定的极限温升。

试验应在规定的额定电流以及最不利的冷却条件下进行。试验时测温元件应采用温度计、热电偶、热敏元件、红外测温仪或其他有效方法。温升应尽可能在规定点测量,应测量主电路部件和冷却系统的热阻抗。

对主电路的半导体器件,测量应包括冷却条件最差的器件,并记录半导体器件规定部位的温升和计算等效结温。半导体器件的温升极限可以是规定点(例如外壳)的最高温升,也可以是等效结温,由制造厂决定。

变流器主要部件和部位的极限温升如表 4 所示,变流器电抗器的极限温升如表 5 所示。

表 4 变流器主要部件和部位的极限温升

部件和部位	极限温升/K
主电路半导体器件	外壳温升和结温由产品技术条件或分类标准规定
主电路半导体器件与导体的连接处	裸铜:45 有锡镀层:55 有银镀层:70
母线(非连接处):铜	35
铝	25
浪涌吸收器与主电路的电阻元件	距外表面 30 mm 处的空气:25

表 5 变流器电抗器的极限温升

电抗器冷却介质	电抗器温度等级	用电阻法测量的绕组极限温升/K
空气	A	60
	B	80
	H	125
油	A	65
水	H	125

4.2.13 辅助器件的检验

辅助器件的检验主要对散热风扇、外部电路断路器和断路装置等的性能进行检验。但只要这些装置具备出厂合格证,可只检验其在变流器中的运行机能,不必重复进行出厂试验。

将辅助器件接至规定的额定电压,检查其运行机能(启动、运转、噪声及停机等)。当变流器在温升试验中某些部件的温升超过规定时,应测量有关冷却风机的风速或泵的流量。

当这些辅助器件已通过的绝缘试验电压低于其在变流器内可能承受的电压时,应按 4.2.1 的规定进一步检验其绝缘性能。

4.2.14 保护功能试验

4.2.14.1 试验规则

保护功能试验主要包括各种过电流保护装置的过流整定;快速熔断器和快速开关的正确动作;各种过电压保护设施的正确工作;冷却系统的保护设施的正常工作;作为安全操作的接地装置和开关的正确设置以及各种保护器件的互相协调;GB/T 25387.1《风力发电机组 全功率变流器 第1部分:技术条件》中 4.4 规定的保护功能试验。

保护功能的检验应尽可能在不使变流器各部件受到超过其额定值冲击的条件下进行。出厂试验时保护系统动作的检验不包括那些动作时会发生永久性损坏的器件(如熔断器)。熔断器的保护性能,只有在认为有十分必要时,由供需双方商定,按有关规定进行。

4.2.14.2 过电流保护试验

过电流保护试验与变流器的拓扑结构有关。

对于 GB/T 25387.1《风力发电机组 全功率变流器 第1部分:技术条件》中图 A.1 的情况:(1)通过对被测变流器中电网侧变流器的直流侧与电网之间做无功循环以检验电网侧变流器过流保护的正确动作。(2)被测变流器中电网侧变流器做整流器并网运行,电机侧变流器做逆变器运行,输出电压的频率和幅值等同于发电机端电压的频率和幅值,并接入感性负载,通过与感性负载交换无功以检验电机侧变流器过流保护的正确动作。

对于 GB/T 25387.1《风力发电机组 全功率变流器 第1部分:技术条件》中图 A.2、图 A.3 和图 A.4 的情况:通过对被测变流器中电网侧变流器的直流侧与电网之间做无功循环以检验电网侧变流器过流保护的正确动作。

4.2.14.3 缺相保护试验

切断被测变流器输入端三相中的一相,检验被测变流器的正确动作。

4.2.14.4 接地故障保护试验

断开接地,检验被测变流器的正确动作。

4.2.14.5 冷却系统故障保护试验

关闭冷却系统或使冷却系统故障输出节点动作,检验被测变流器的正确动作。

4.2.14.6 过热保护试验

通过检测过热保护元件以检验过热保护的正确动作。

4.2.14.7 过/欠压保护试验

a) 直流环节过/欠压保护

调整设定的保护值,增加或降低被测变流器直流环节的电压,检验被测变流器过/欠压保护的正确动作。

b) 网侧过/欠压保护

见 4.2.4.1。

c) 发电机过压保护

通过模拟电网来模拟发电机端电压以检测被测变流器中电机侧变流器过/欠压保护的正确动作,或通过与发电机频率、幅值等同的信号模拟发电机端电压检测信号以检测过/欠压保护的正确动作。

4.2.14.8 通讯故障保护试验

模拟通讯故障状态,检验被测变流器通讯故障保护的正确动作。

4.2.14.9 电网断电保护试验

分别在被测变流器最小电流和额定运行条件下,切断电网,检验被测变流器断电保护的正确动作。

4.2.14.10 浪涌过电压保护试验

a) 分合闸引起的浪涌过电压保护试验

测量时将测量仪器接至直流侧正负端子,并在变流器直流侧开路的情况下使变流器网侧开关作分合闸操作,记录过电压峰值,如此至少重复 5 次,如果变流器在实际运行时不可能开路,则允许在轻载条件进行试验;

b) 快速开关引起的浪涌过电压保护试验

额定运行条件下,使快速开关动作,测出最高峰值电压,再据以推算事故条件下的过电压。

4.2.14.11 恢复并网保护试验

由于超限状态导致变流器停止向电网供电,再到电网恢复正常后,检验被测变流器恢复并网保护的正确动作。

4.2.14.12 变流器无功支持保护试验

见 4.2.4.1。

4.2.15 抗电磁干扰性试验

变流器抗电磁干扰性试验按 GB 12668.3 中 5 的规定进行。

4.2.16 电磁发射试验

变流器电磁发射试验按 GB 12668.3 中 6 的规定进行。

4.2.17 通讯试验

利用图 1 所示的模拟试验平台,变流器与风力发电机组控制系统可以进行通讯试验。试验的主要内容应包括开机过程、控制过程(指令下发)、停机过程、保护及复位过程、数据及状态交换等。

4.2.18 低温工作试验

试验方法按 GB/T 2423.1 中“试验 A”进行。产品无包装,在试验温度为 $(-20 \pm 3)^\circ\text{C}$ (常温型)或者 $(-30 \pm 3)^\circ\text{C}$ 条件下,通电运行 2h,在常温条件下恢复 2 h 后,变流器应能正常工作。

4.2.19 高温工作试验

试验方法按 GB/T 2423.2 中“试验 B”进行。产品无包装,在试验温度为 $(45 \pm 2)^\circ\text{C}$ 条件下,通电运

行 2 h,在常温条件下恢复 2 h 后,变流器应能正常工作。

4.2.20 恒定湿热试验

试验方法按 GB/T 2423.3 中“试验 Cb”进行。产品在试验温度为 $(45\pm 2)^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度 $(95\pm 3)\%$ 恒定湿热条件下,无包装,不通电,经受 48 h 试验后,取出样品,在常温条件下恢复 2 h 后,变流器应能正常工作。

4.2.21 防护性能试验

应根据规定或用户和制造厂协定的防护等级,按 GB 4208 的规定试验。

4.2.22 附加试验

若对变流器上述试验项目未包括的其他要求时,应在订货时提出,并取得协议。
