

ICS 29.200
K 46
备案号: 64694-2018

NB

中华人民共和国能源行业标准

NB / T 42159 — 2018

三电平交流/直流双向变换器技术规范

Specification for three-level bi-directional AC/DC converters

2018-06-06 发布

2018-10-01 实施

国家能源局 发 布

目 次

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 变换器类型	2
5 技术要求	3
6 试验方法	10
7 检验规则	19
8 标志、包装、运输和贮存	21
9 随同产品供应的文件	21

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009《标准化工作导则 第1部分：标准的结构和编写》给出的规则起草。

本标准由中国电器工业协会提出。

本标准由全国电力电子系统和设备标准化技术委员会（SAC/TC 60）归口。

本标准负责起草单位：许继集团有限公司。

本标准参加起草单位：国网北京市电力公司、许昌开普检测技术有限公司、中国电力科学研究院新能源研究中心、北京交通大学、华中科技大学、国网山东省电力公司电力科学研究院、南京南瑞继保电气有限公司、国电南瑞科技股份有限公司、国网山西省电力公司、厦门科华恒盛股份有限公司、珠海泰坦科技股份有限公司、英飞凌科技（中国）有限公司、中车株洲电力机车研究所有限公司、佛山市贝瑞尔电气科技有限公司、西安爱科赛博电气股份有限公司、温州大学、青岛创统科技发展有限公司。

本标准主要起草人：李瑞生、黄仁乐、李全喜、曹远志、吴学智、张宇、孙树敏、丁勇、苏先进、潘景宜、史威、马振宇、梁帅奇、冯广义、杨兆华、王强、戴瑜兴、郇克存、赵成功、马红伟、黄利军、郭宝甫、李献伟、翟登辉、徐军。

三电平交流/直流双向变换器技术规范

1 范围

本标准规定了三电平交流/直流双向变换器的类型，技术要求，试验方法，检验规则，标志、包装、运输和贮存，随同产品供应的文件。

本标准适用于接入 200 V~1 500 V 电压等级直流系统，220 V~1 000 V 及以下电压等级、频率 50 Hz 交流系统，容量为 10 kVA~500 kVA 的三电平交流/直流双向变换器（简称变换器）。

三电平交流/直流单向变换器、三电平直流/交流单向变换器也可参照使用。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件，凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB/T 2900.33—2004 电工术语 电力电子技术
- GB/T 3859.1—2013 半导体变流器 通用要求和电网换相变流器 第 1—1 部分：基本要求规范
- GB/T 4208—2017 外壳防护等级（IP 代码）
- GB 4824—2013 工业、科学和医疗（ISM）射频设备 骚扰特性 限值和测量方法
- GB/T 7251.1—2013 低压成套开关设备和控制设备 第 1 部分：总则
- GB/T 13384—2008 机电产品包装通用技术条件
- GB/T 13422—2013 半导体变流器 电气试验方法
- GB/T 14549—1993 电能质量 公用电网谐波
- GB/T 15543—2008 电能质量 三相电压不平衡
- GB/T 15945—2008 电能质量 电力系统频率偏差
- GB/T 17626.2—2006 电磁兼容 试验和测量技术 静电放电抗扰度试验
- GB/T 17626.3—2016 电磁兼容 试验和测量技术 射频电磁场辐射抗扰度试验
- GB/T 17626.4—2008 电磁兼容 试验和测量技术 电快速瞬变脉冲群抗扰度试验
- GB/T 17626.5—2008 电磁兼容 试验和测量技术 浪涌（冲击）抗扰度试验
- GB/T 17626.6—2017 电磁兼容 试验和测量技术 射频场感应的传导骚扰抗扰度
- GB/T 17626.11—2008 电磁兼容 试验和测量技术 电压暂降、短时中断和电压变化的抗扰度试验
- NB/T 32004—2018 光伏并网逆变器技术规范
- NB/T 33016—2014 电化学储能系统接入配电网测试规程
- NB/T 31051—2014 风电机组低电压穿越能力测试规程
- NB/T 31111—2017 风电机组高电压穿越测试规程

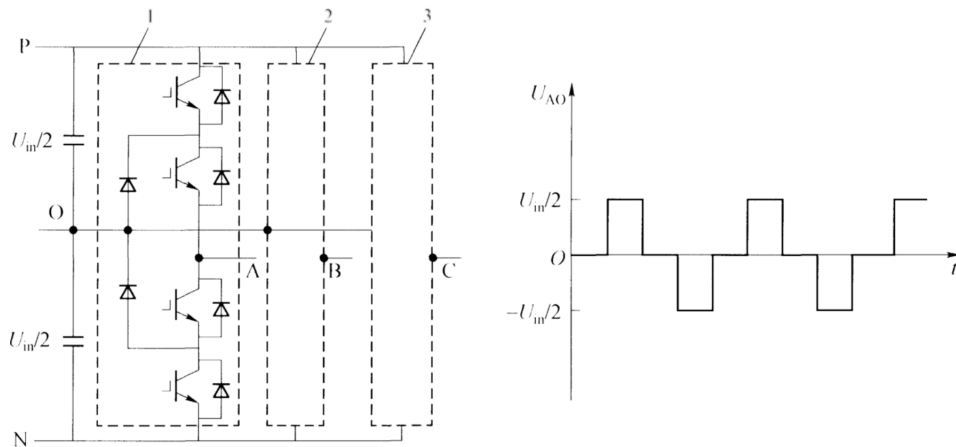
3 术语和定义

GB/T 2900.33—2004、GB/T 3859.1—2013、GB/T 13422—2013、GB/T 14549—1993、GB/T 15543—2008、GB/T 15945—2008 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

三电平电能变换 three-level energy conversion

采用适当的控制策略，使单端口输出的电力电子电路的输出端产生三种电平（一般为正电平、负电平和零电平）实现功能转换（拓扑结构见图 1）。



说明:

1—变换单元 A; 2—变换单元 B; 3—变换单元 C

图 1 三电平拓扑结构及 A 相电压波形

3.2

交流/直流双向变换器 **bi-directional AC/DC converter**

具备直流端口和交流端口，通过电力电子开关电路的工作实现两个端口之间直流电能与交流电能的相互变换、双向流动的变换器。

3.3

三电平交流/直流双向变换器 **three-level bi-directional AC/DC converter**

采用三电平电能变换的交流/直流双向变换器。

3.4

并网模式 **grid connected mode**

交流/直流变换器的直流端口与直流电网连接，交流端口与交流电网连接，可与电网之间完成可控制的能量交换。

3.5

离网模式 **off-grid mode**

交流/直流变换器的两个端口与电网（无论直流电网或交流电网）都不连接，一个端口连接独立电源，另一个端口连接负载并能够完成对负载的供电。

3.6

中点电位平衡 **neutral point voltage balancing**

三电平交流/直流变换器直流侧的中点电位始终保持为直流侧电压的 1/2。

4 变换器类型

4.1 按安装环境分类

按安装环境，变换器可分为：

- 户内 I 型（带气温调整装置）；
- 户内 II 型（不带气温调整装置）；
- 户外型。

4.2 按电气隔离方式分类

按电气隔离方式，变换器可分为：

- 隔离型；
- 非隔离型。

4.3 其他分类情况

以上未列出的、制造商声明的其他类型。

5 技术要求

5.1 正常使用条件

5.1.1 正常使用环境条件

5.1.1.1 周围空气温度

若无其他规定，变换器的周围空气温度范围应为：

- 户内Ⅰ型：0℃～40℃；
- 户内Ⅱ型：-20℃～+40℃；
- 户外型：-25℃～+60℃。

5.1.1.2 海拔

变换器的安装运行场所的海拔不应超过1 000 m。海拔超过1 000 m时，制造厂商应依据表1的规定，说明降额使用的要求。

表1 海拔1 000 m以上使用时的降额系数

海拔 m	降额系数
1 000	1.00
1 500	0.95
2 000	0.91
2 500	0.86
3 000	0.82
3 500	0.78
4 000	0.74
4 500	0.70
5 000	0.67

注：基于干燥空气密度（于海平面+15℃）为1.225 kg/m³。对于强迫风冷设备，由于风扇效率随海拔下降，其降额系数还要小一些。

5.1.1.3 大气条件

5.1.1.3.1 相对湿度

若无其他规定，变换器安装地点的相对湿度应为：

- 户内Ⅰ型：5%～85%，无凝露；

- 户内Ⅱ型：5%~95%，无凝露；
- 户外型：4%~100%，允许有凝露。

5.1.1.3.2 污染等级

若无其他规定，变换器安装地点的污染等级应符合 GB/T 7251.1—2013 中 7.1.3 的规定。

5.1.2 正常使用电气条件

若无其他规定，符合本标准的变换器在下列电气条件下应正常运行：

- 直流母线电压稳定控制的允许偏差为其额定电压的 $\pm 10\%$ ；
- 交流电压的允许偏差为其额定电压的 $-15\% \sim +10\%$ 。

5.2 标识

变换器的标识应符合 NB/T 32004—2018 中 10.1 的规定。

5.3 文档资料

变换器的文档资料应符合 NB/T 32004—2018 中 10.2 的规定。

5.4 安全

5.4.1 外壳防护等级

变换器可根据不同使用场合采取不同的外壳防护措施。变换器外壳防护等级的最低要求为：

- 户内型：GB/T 4208—2017 中的 IP20；
- 户外型：GB/T 4208—2017 中的 IP54。

5.4.2 绝缘性能

5.4.2.1 绝缘电阻

变换器的绝缘电阻应符合以下规定：

- 各独立电路与地（即金属框架）之间的绝缘电阻不小于 $10\text{ M}\Omega$ ；
- 无电气连系的各电路之间的绝缘电阻不小于 $10\text{ M}\Omega$ 。

5.4.2.2 介电强度

在正常试验环境条件下，变换器应承受频率为 50 Hz 的工频试验交流电压（或与其峰值等值的直流电压）1 min，不发生击穿、闪络。

工频交流试验电压方均根值见表 2。只允许按表 2 中的工频交流试验电压方均根值（或与其峰值等值的直流电压）试验一次。用户验收时，应将上述试验电压降低 25%进行试验。

表 2 试 验 电 压

额定电压 U_N V	试验电压 V
$60 < U_N \leq 300$	2 000
$300 < U_N \leq 690$	2 500

表 2（续）

额定电压 U_N V	试验电压 V
$690 < U_N \leq 800$	3 000
$800 < U_N \leq 1\,500$	3 500

5.4.2.3 电气间隙

变换器的电气间隙应符合 NB/T 32004—2018 中 6.2.3.3 的规定。

5.4.2.4 爬电距离

变换器的爬电距离应符合 NB/T 32004—2018 中 6.2.3.4 的规定。

5.4.2.5 接地保护连接

变换器的接地保护连接应符合 NB/T 32004—2018 中 6.2.2.2 的规定。

5.5 性能

5.5.1 并联运行

变换器并联运行时，电流不应超过各变换器的额定电流。

5.5.2 功率控制

变换器应具有根据外部指令调节功率输出的能力。

5.5.3 通信

变换器应具备通信接口，可选用 RS485、TCP 等常规电气接口和 IEC 61850、Modbus 等通信协议。

5.5.4 孤岛检测

若变换器并入的交流电网供电中断，如有需要，变换器不应超过 2 s 检测出孤岛状态。

5.5.5 双向切换时间

变换器需要进行双向切换时，具体切换时间应根据实际应用场景确定。

5.5.6 最大转换效率

正常运行条件下，变换器的最大转换效率应符合表 3 的规定。

表 3 转 换 效 率

变换器类型	转换效率	
	容量 < 20 kVA	容量 ≥ 20 kVA
非隔离	97%	98%
隔离	94%	95%

5.5.7 电压偏差

离网模式下，变换器输出电压的允许偏差为额定电压的 $\pm 5\%$ 。

5.5.8 频率偏差

离网模式下，变换器交流输出频率的允许偏差为 $\pm 0.5\text{ Hz}$ 。

5.5.9 电流谐波畸变率

并网模式下，变换器以额定功率运行时，注入电网的电流谐波总畸变率限值为 5%，奇次谐波电流含有率限值见表 4，偶次谐波电流含有率限值见表 5。

表 4 奇次谐波电流含有率限值

奇次谐波次数	谐波电流含有率限值 %
3~9	4.0
11~15	2.0
17~21	1.5
23~33	0.6
≥ 35	0.3

表 5 偶次谐波电流含有率限值

偶次谐波次数	谐波电流含有率限值 %
2~10	1.0
12~16	0.5
18~22	0.375
24~34	0.15

5.5.10 电压谐波畸变率

离网模式下，空载和额定电阻性负载（对称负载）条件下，变换器的电压谐波总畸变率限值应符合 GB/T 14549—1993 的规定。

5.5.11 功率因数

并网模式下，不参与系统无功调节且变换器的输出功率大于其额定输出功率的 50%时，变换器的功率因数不应小于 0.98（超前或滞后）。

5.5.12 直流电流分量

并网模式下，变换器以额定功率运行时，其交流输出电流中的直流电流分量不应超过输出电流额定值的 0.5%。

5.5.13 中点电位不平衡度

变换器直流侧电压的中点电位不平衡度不应超过 2%。

5.5.14 三相电压不平衡度

离网模式下，变换器的交流输出三相电压不平衡度不应超过 2%。

5.5.15 稳流精度

当变换器在稳流状态，输入电压在额定输入电压的上限值和下限值范围内变化，且输出电压在额定输出电压的上限值和下限值范围内变化时，输出电流应在其额定值的 20%~100%范围内的任一数值保持稳定，稳流精度不应超过 2%。

5.5.16 电流纹波因数

当变换器在直流侧稳流状态，输入电压在额定输入电压的上限值和下限值范围内变化，且输出电压在额定输出电压的上限值和下限值范围内变化时，直流侧输出电流应在其额定值的 20%~100%范围内的任一数值保持稳定，电流纹波因数不应超过 5%。

5.5.17 稳压精度

当变换器在稳压状态，输入电压在额定输入电压的上限值和下限值范围内变化，且输出电流在其额定值的 0%~100%范围内变化时，输出电压应在额定输出电压的上限值和下限值范围内的任一数值保持稳定，稳压精度不应超过 2%。

5.5.18 电压纹波因数

当变换器在直流侧稳压状态，输入电压在额定输入电压的上限值和下限值范围内变化，且输出电流在其额定值的 0%~100%范围内变化时，直流侧输出电压应在额定输出电压的上限值和下限值范围内的任一数值保持稳定，电压纹波因数不应超过 5%。

5.5.19 动态电压瞬变范围

离网模式下，在变换器的输入电压为额定值，输出端连接电阻性负载，输出电流分别从其额定值的 20%突变至 100%或从其额定值的 100%突变至 20%时，变换器的输出电压瞬变值不应大于其标称值的 $\pm 5\%$ 。

5.5.20 电压瞬变恢复时间

离网模式下，在变换器的输入电压为额定值，输出端连接电阻性负载，输出电流分别从其额定值的 20%突变至 100%或从其额定值的 100%突变至 20%时，变换器的输出电压恢复到其正常范围内的时间不应大于 40 ms。

5.5.21 过载能力

变换器在 110%额定电流下应持续运行，在 120%额定电流下持续运行时间不应少于 1 min。

5.5.22 噪声

变换器正常运行时产生的噪声：自冷设备不应大于 65 dB (A)，风冷设备不应大于 85 dB (A)。特大容量风冷设备的噪声如果超过上述规定，制造商应与用户协商。

5.6 保护及警示功能

5.6.1 直流输入欠电压保护或告警

当变换器的直流侧输入电压低于变换器额定输入电压的下限值时，变换器应发出警示信号或保护停机。

5.6.2 直流输入过电压保护

当变换器的直流侧输入电压高于变换器额定输入电压的上限值时，变换器不得启动，已经启动的应在 0.1 s 内停机并发出警示信号。当直流侧输入电压恢复到额定输入电压的下限值和上限值之间后，变换器应正常启动。

5.6.3 交流过电压和欠电压保护

不具备电压穿越或电网支撑功能的变换器在并网模式下，当接入点电网电压超出表 6 的规定时，变换器应在表 6 规定的时间内与电网断开连接。此要求适用于三相系统中的任何一相。如果需要电网支撑，制造商应与用户协商。

表 6 交流过电压和欠电压情况下与电网断开连接的时间

接入点电网电压 U V	与电网断开连接时间 s
$U < 50\%U_N$	≤ 0.1
$50\%U_N \leq U < 85\%U_N$	≤ 2.0
$85\%U_N \leq U < 110\%U_N$	继续运行
$110\%U_N \leq U < 135\%U_N$	≤ 2.0
$U \geq 135\%U_N$	≤ 0.05

离网模式下，变换器交流侧输出电压超出 $85\%U_N \sim 115\%U_N$ 时，变换器应在 1 s 内停止输出。此要求适用于三相系统中的任何一相。

5.6.4 超频和欠频保护

不具备故障穿越或电网支撑功能的变换器在并网模式下，当电网频率变化时，变换器的状态应符合表 7 的规定。变换器因电网频率异常而与电网断开，当电网频率恢复到允许运行的范围内时，变换器应重新启动。如果需要电网支撑，制造商应与用户协商。

表 7 超频和欠频时变换器的状态

频率 f Hz	变换器的状态
$f \leq 48$	在 0.2 s 内停机
$48 < f \leq 49.5$	运行 10 min 后停机
$49.5 < f \leq 50.2$	正常运行
$50.2 < f \leq 50.5$	运行 2 min 后停机，已经处于停机状态的变换器不得并网
$f > 50.5$	在 2 s 内停机，且不得并网

5.6.5 短路保护

在变换器启动或运行中，当检测到某一端口发生短路时，变换器应启动保护并发出警示信号，最大跳闸时间应小于 0.1 s。故障排除后，变换器应恢复正常运行。

5.6.6 过温保护

当变换器内的温度超出允许限值时，变换器应自动限制输出功率或直接停机并发出警示信号。当温度恢复至正常范围时，变换器应恢复正常运行。

5.6.7 交流缺相保护

并网模式下，当交流输出缺相时，变换器应自动保护并停机。故障排除后，变换器应恢复正常运行。

5.6.8 交流进线相序错误保护

变换器应具有交流进线相序错误保护功能。当发生电网侧相序接入错误时，变换器应可靠保护。

5.6.9 电压穿越

变换器作为电源时，应具备低电压穿越功能和高电压穿越功能。

5.7 电磁兼容

5.7.1 抗扰度

5.7.1.1 静电放电抗扰度

变换器应承受的静电放电抗扰度试验等级为：

——操作部分：接触放电电压 6 kV；

——外壳：空气放电电压 8 kV。

试验结果应符合 GB/T 17626.2—2006 中第 9 章列项 b) 的规定。

5.7.1.2 射频电磁场辐射抗扰度

变换器的外壳应承受频率为 80 MHz~1 000 MHz、场强为 10 μ V/m 的射频电磁场辐射抗扰度试验，结果应符合 GB/T 17626.3—2016 中第 9 章列项 a) 的规定。

5.7.1.3 电快速瞬变脉冲群抗扰度

变换器应承受的电快速瞬变脉冲群抗扰度试验等级为：

——电源线部分：试验电压 2 kV；

——信号线部分：试验电压 1 kV。

试验结果应符合 GB/T 17626.4—2008 中第 9 章列项 b) 的规定。

5.7.1.4 浪涌（冲击）抗扰度

变换器应承受的浪涌抗扰度试验等级为：

——输入、输出电源端口和信号线对地：试验电压 2 kV；

——输入、输出电源端口和信号线彼此之间：试验电压 1 kV。

试验结果应符合 GB/T 17626.5—2008 中第 9 章列项 b) 的规定。

5.7.1.5 射频场感应的传导骚扰抗扰度

变换器应承受试验电压为 10 V 的射频场感应的传导骚扰抗扰度试验，结果应符合 GB/T 17626.6—2017 中第 9 章第一个列项的规定。

5.7.1.6 电压暂降、短时中断和电压变化的抗扰度

变换器应承受 GB/T 17626.11—2008 中规定的产品类别为 3 类的电压暂降和短时中断抗扰度试验，以及 70%额定电压的电压变化抗扰度试验。电压暂降至 0%额定电压时，结果应符合 GB/T 17626.11—2008 中第 9 章第一个列项的规定，其他试验结果应符合该章第二个列项的规定。

5.7.2 发射

5.7.2.1 传导发射

非家用或不直接连接到住宅的低压供电网设施中使用的变换器，应符合 GB 4824—2013 中 6.2.1 规定的 1 组 A 类设备的电源端子骚扰电压限值。

家用或直接连接到住宅的低压供电网设施中使用的变换器，应符合 GB 4824—2013 中 6.2.1 规定的 1 组 B 类设备的电源端子骚扰电压限值。

5.7.2.2 辐射发射

非家用或不直接连接到住宅的低压供电网设施中使用的变换器，应符合 GB 4824—2013 中 6.2.2 规定的 1 组 A 类设备的辐射骚扰限值。

家用或直接连接到住宅的低压供电网设施中使用的变换器，应符合 GB 4824—2013 中 6.2.2 规定的 1 组 B 类设备的辐射骚扰限值。

5.8 环境耐受能力

5.8.1 低温

变换器在 $0\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$ （户内 I 型）、 $-20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$ （户内 II 型）或 $-25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$ （户外型）下通电应正常运行。

5.8.2 高温

变换器在 $40\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ （户内型）或 $60\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ （户外型）下通电并加额定负载，应正常运行。

5.8.3 恒定湿热

变换器应承受温度为 $40\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ （户内型）或 $60\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ （户外型），相对湿度为 $(85 \pm 3)\%$ （户内 I 型）、 $(95 \pm 3)\%$ （户内 II 型）或 100%（户外型）的恒定湿热试验。试验后，变换器应正常运行。

6 试验方法

6.1 试验条件

6.1.1 试验环境条件

一般而言，试验场所应满足以下条件：

- a) 周围空气温度：15℃～35℃；
- b) 相对湿度：45%～75%；
- c) 大气压力：86 kPa～106 kPa。

6.1.2 试验电气条件

一般而言，正常电气条件为电网侧电压允许偏差为其额定电压的±5%。

6.2 外观和结构检查

变换器的外观和结构应符合以下要求：

- a) 油漆或电镀牢固、平整，无剥落、锈蚀及裂痕等现象；
- b) 机架面板平整，文字和符号清楚、整齐、规范、正确；
- c) 标牌、标志、标记完整、清晰，符合 5.2 的规定；
- d) 各种开关便于操作，灵活可靠；
- e) 文档资料符合 5.3 的规定。

本条款的符合性通过检查验证。

6.3 外壳防护等级试验

按照 GB/T 4208—2017 中规定的方法检查变换器的外壳防护等级，结果应符合 5.4.1 的规定。

6.4 绝缘试验

6.4.1 绝缘电阻

在正常大气条件下，根据表 8 中规定的试验电压等级，使用直流绝缘电阻表测量变换器各独立电路与地（即金属框架）之间、无电气联系的各电路之间的绝缘电阻。结果应符合 5.4.2.1 的规定。

表 8 绝缘电阻试验电压等级

额定绝缘电压等级 U_i V	绝缘电阻表电压 V
$U_i \leq 60$	250
$60 < U_i \leq 250$	500
$250 < U_i \leq 1\,000$	1\,000
$1\,000 < U_i \leq 1\,500$	2\,500

6.4.2 介电强度

试验电压的方均根值见表 2。试验过程中，任一被试电路施加电压时，其余电路应等电位互联接地。

试验时，开始施加的电压不应超过试验电压的 50%，然后将电压平稳增加到试验电压，持续 1 min。试验中不得发生击穿、闪络现象。

6.4.3 电气间隙

按照 NB/T 32004—2018 中 11.2.2.4.6 规定的方法检查变换器的电气间隙，结果应符合 5.4.2.3 的规定。

6.4.4 爬电距离

按照 NB/T 32004—2018 中 11.2.2.4.6 规定的方法检查变换器的爬电距离,结果应符合 5.4.2.4 的规定。

6.4.5 接地保护连接

按照 NB/T 32004—2018 中 11.2.2.2 规定的方法检查变换器的保护连接,结果应符合 5.4.2.5 的规定。

6.5 并联运行试验

变换器并联运行时,其输出侧应连接负载。调整负载电流为 50%~100%额定电流输出值,分别测量各变换器输出电流,试验结果应符合 5.5.1 的规定。

6.6 功率控制试验

向变换器发出多组模拟控制信号(包括最大输出功率、功率变化率、稳压工作模式、稳流工作模式以及可表征能量双向流动特征的参数或指令),变换器应接收并执行,试验结果应符合 5.5.2 的规定。

6.7 通信试验

6.7.1 通信协议试验

6.7.1.1 一致性试验

变换器通过通信接口与上位机连接,验证变换器的遥测、遥调、遥信、遥控功能,应保证数据传输正确,能进行参数设定,无任何出错信息或明显传输延迟。检查是否与协议规定的条款相一致。

6.7.1.2 互操作性试验

变换器与其他变换器或通信设备通信接口相互连接,验证变换器的遥测、遥调、遥信、遥控功能,应保证数据传输正确,无任何出错信息或明显传输延迟。

6.7.2 通信功能试验

变换器通过 RS485/RS232(或其他类别)通信接口转换器与 PC 机(上位机)连接,设定变换器在通信状态下(可采用专用监控管理软件验证变换器通信功能),应保证数据传输正确,能进行参数设定,无出错信息或明显的传输延迟。

6.8 孤岛试验

按照 NB/T 33016—2014 中 7.6.2 规定的方法,当变换器并入的电网供电中断时,应符合 5.5.4 的规定。

6.9 双向切换时间

变换器的双向切换时间应符合 5.5.5 的规定。

6.10 性能指标试验

6.10.1 最大转换效率试验

试验参照 GB/T 13422—2013 中 5.1.10 规定的方法进行,转换效率 η 按照式(1)计算,测试结果应符合 5.5.6 的规定。

$$\eta = \frac{P_o}{P_i + P_n} \times 100\% \quad (1)$$

式中:

P_o ——变换器输出端功率, W;

P_i ——变换器输入端功率, W;

P_n ——辅助装置(如接触器、泵、控制设备、风机等)要求的功率, W。

6.10.2 电压偏差试验

变换器直流侧接直流电压源, 交流侧接可调负载。调整直流电压源输出电压值至正常范围, 使变换器运行于离网模式。测量交流侧输出电压值 U_{mes} , 按照式(2)计算电压偏差, 结果应符合 5.5.7 的规定。

$$\delta_U = [(U_{mes} - U_N) / U_N] \times 100\% \quad (2)$$

式中:

δ_U ——输出电压偏差;

U_{mes} ——输出电压的测量值;

U_N ——额定输出电压。

6.10.3 频率偏差试验

变换器直流侧接直流电压源, 交流侧接可调负载。调整直流电压源输出电压值至正常范围, 使变换器运行于离网模式。测量交流侧输出频率值 f_{mes} , 按照式(3)计算频率偏差, 结果应符合 5.5.8 的规定。

$$\delta_f = [(f_{mes} - f_N) / f_N] \times 100\% \quad (3)$$

式中:

δ_f ——输出频率偏差;

f_{mes} ——输出频率的测量值;

f_N ——额定输出频率。

6.10.4 电流谐波畸变率试验

变换器处于正常工作状态, 测量交流侧输出的 2 次~33 次电流谐波, 累计时间间隔 150 个周波, 连续采样时间不少于 1 min, 输出电流总谐波畸变率 (THD) 取最大值, 各次电流谐波含有率取方均根值, 结果应符合 5.5.9 的规定。

6.10.5 电压谐波畸变率试验

变换器处于正常工作状态, 测量交流侧输出的电压谐波, 累计时间间隔 150 个周波, 连续采样时间不少于 1 min, 输出电压总谐波畸变率 (THD) 取最大值, 结果应符合 5.5.10 的规定。

6.10.6 功率因数试验

变换器处于正常工作状态, 无功功率输出设定为零时, 调整输出有功功率大于其额定输出功率的 50%, 测得的功率因数应符合 5.5.11 的规定。

6.10.7 直流电流分量试验

变换器处于正常工作状态, 在变换器输出有功功率分别为其额定输出功率的 30%、50%、70% 和 100% 时, 测量其交流输出电流中的直流电流分量 (连续采样时间不少于 1 min), 其最大值均应符合 5.5.12 的规定。

6.10.8 中点电位不平衡度试验

变换器处于正常工作状态，在变换器的直流侧分别测量上电容电压和下电容电压，按照式（4）计算中点电位不平衡度 ΔU_M ，结果应符合 5.5.13 的规定。

$$\Delta U_M = [(U_{up} - U_{down}) / U_C] \times 100\% \quad (4)$$

式中：

U_{up} ——直流侧上电容电压；

U_{down} ——直流侧下电容电压；

U_C ——直流侧电压。

6.10.9 三相电压不平衡度试验

变换器工作在离网模式，交流输出侧施加电阻性负载，分别在对称负载和不对称负载下进行测量。对称负载为额定负载，不对称负载为两相加额定负载，一相空载。试验结果应符合 5.5.14 的规定。

6.10.10 稳流精度试验

变换器处于稳流状态，调整变换器的输入电压分别为额定输入电压的下限值、额定值和上限值，调整变换器的输出电压在规定范围内变化，调整输出电流的整定值分别为额定值的 20%、30%、50%、70% 和 100%，分别测量输出电流，按照式（5）计算稳流精度 ΔI ，结果应符合 5.5.15 的规定。

$$\Delta I = [(I_M - I_{set}) / I_{set}] \times 100\% \quad (5)$$

式中：

I_M ——输出电流波动极限值；

I_{set} ——输出电流的整定值。

6.10.11 电流纹波因数试验

在稳流精度试验时，测量电流中的纹波电流峰-谷值，按照式（6）计算电流纹波因数 σ_I ，结果应符合 5.5.16 的规定。

$$\sigma_I = [(\Delta i_p / 2) / I_N] \times 100\% \quad (6)$$

式中：

Δi_p ——输出电流的最大值（峰值）与最小值（谷值）之差；

I_N ——额定输出电流。

6.10.12 稳压精度试验

变换器处于稳压状态，调整变换器的输入电压分别为额定输入电压的下限值、额定值和上限值，调整变换器的输出电流在 0%~100%额定输出电流的范围内变化，在额定输出电压的范围内调整输出电压的整定值，分别测量输出电压，按照式（7）计算稳压精度 ΔU ，结果应符合 5.5.17 的规定。

$$\Delta U = [(U_M - U_{set}) / U_{set}] \times 100\% \quad (7)$$

式中：

U_M ——输出电压波动极限值；

U_{set} ——输出电压的整定值。

6.10.13 电压纹波因数试验

在稳压精度试验时，测量电压中的纹波电压峰-谷值，按照式（8）计算电压纹波因数 σ_U ，结果应符合

合 5.5.18 的规定。

$$\sigma_U = [(\Delta u_p / 2) / U_N] \times 100\% \quad (8)$$

式中：

Δu_p ——输出电压的最大值（峰值）与最小值（谷值）之差；

U_N ——额定输出电压。

6.10.14 动态电压瞬变范围试验

离网模式下，变换器处于稳压状态时，输出接电阻性负载，按照以下步骤测量动态电压瞬变范围：

- a) 调节负载，使变换器输出端电流稳定在额定输出电流的 20%，然后使输出电流由额定值的 20% 突加至额定值的 100%，记录突变后变换器的输出电压偏离额定电压的最大值。按照式（9）计算动态电压瞬变范围 ΔU_d ，结果应符合 5.5.19 的规定。

$$\Delta U_d = [(U_{\text{after}} - U_N) / U_N] \times 100\% \quad (9)$$

式中：

U_{after} ——突加或突减负载后，变换器的输出电压偏离额定电压的最大值；

U_N ——额定输出电压。

- b) 使输出电流由额定值的 100% 突减至额定值的 20%，记录突变后变换器的输出电压偏离额定电压的最大值。按照式（9）计算动态电压瞬变范围 ΔU_d ，结果应符合 5.5.19 的规定。

6.10.15 电压瞬变恢复时间试验

离网模式下，在动态电压瞬变范围试验时，测量负载电流突变时，输出电压从突变的时刻起到恢复至稳压精度范围内止的时间，结果应符合 5.5.20 的规定。

6.10.16 过载能力试验

按照 GB/T 13422—2013 中 5.1.13 的规定试验。试验应在变换器的交流侧和直流侧两侧进行。控制变换器输出 110% 的额定电流，结果应符合 5.5.21 的规定；控制变换器输出 120% 的额定电流，历时不应少于 1 min，结果应符合 5.5.21 的规定。

6.10.17 噪声测量

当输入电压为额定值，变换器在额定负载下运行，周围环境噪声不大于 40 dB (A) 时，距离变换器水平位置 1 m、离地面高度 1 m 处测得的噪声应符合 5.5.22 的规定。

当测得的噪声与背景噪声的差值大于 10 dB (A) 时，不修正测量结果。当测得的噪声与背景噪声的差值为 3 dB (A) ~ 10 dB (A) 时，应按照表 9 修正测量结果。

表 9 测量结果的修正

差值 dB (A)	3	4~6	7~10
修差值 dB (A)	-3	-2	-1

6.11 保护功能试验

6.11.1 直流输入欠电压保护或告警试验

调整变换器的直流侧输入电压直至低于变换器额定输入电压的下限值，变换器应发出警示信号或保

护停机。

6.11.2 直流输入过电压保护试验

调整变换器的直流侧输入电压直至超过变换器额定输入电压的上限值，变换器不得启动，已经启动的应在 0.1 s 内停机并发出警示信号。调整直流侧输入电压恢复到允许的范围后，变换器应正常启动。

6.11.3 交流过电压和欠电压保护试验

交流过电压和欠电压保护试验步骤（适用于三相系统中的任何一相）如下：

- a) 并网模式下，启动变换器并置于正常工作状态，模拟接入点电网电压超出表 6 的规定时，变换器应在表 6 规定的时间内与电网断开连接；
- b) 离网模式下，调整变换器的交流侧输出电压超出 $85\%U_N \sim 115\%U_N$ 范围，变换器应在 1 s 内停止输出。

6.11.4 超频和欠频保护试验

并网模式下，启动变换器并置于正常工作状态，模拟接入点电网频率超出表 7 的规定时，变换器的状态应符合表 7 的规定。变换器因电网频率异常而与电网断开，当电网频率恢复到允许运行的范围内时，变换器应重新启动。

6.11.5 短路保护试验

按照 GB/T 13422—2013 中 5.1.14 规定的方法试验。在正常运行条件下，在变换器开机和运行时分别进行试验，结果应符合 5.6.5 的规定。

6.11.6 过温保护试验

试验时，通过模拟过温信号（如将温度检测元件加热至预期的保护动作点），检验变换器的过温保护功能，结果应符合 5.6.6 的规定。

6.11.7 交流缺相保护试验

模拟变换器的交流输出缺相故障，结果应符合 5.6.7 的规定。

6.11.8 交流进线相序错误保护试验

试验时，通过人为设置变换器的三相进线相序错误或电网侧检测信号故障，检验变换器的相序错误保护功能，结果应符合 5.6.8 的规定。

6.11.9 电压穿越

按照 NB/T 31051—2014 规定的方法进行低电压穿越试验，按照 NB/T 31111—2017 规定的方法进行高电压穿越试验，结果都应符合 5.6.9 的规定。

6.12 电磁兼容试验

6.12.1 抗扰度试验

6.12.1.1 静电放电抗扰度

变换器可在轻载状态下运行，按照 GB/T 17626.2—2006 的规定，在下述条件下进行试验：

- a) 试验电压：接触放电 6 kV（操作部分），空气放电 8 kV（外壳）；
- b) 试验端口：操作部分、外壳；
- c) 每个敏感试验点放电次数：正、负极各 10 次，放电间隔至少为 1 s；
- d) 性能判据等级：GB/T 17626.2—2006 中第 9 章列项 b) 的规定。

6.12.1.2 射频电磁场辐射抗扰度

变换器可在轻载状态下运行，按照 GB/T 17626.3—2016 的规定，在下述条件下进行试验：

- a) 频率范围：80 MHz～1 000 MHz；
- b) 试验场强：10 μ V/m（非调制）；
- c) 正弦波 1 kHz，80%幅度调制；
- d) 试验端口：外壳；
- e) 天线极化方向：水平和垂直方向；
- f) 性能判据等级：GB/T 17626.3—2016 中第 9 章列项 a) 的规定。

6.12.1.3 电快速瞬变脉冲群抗扰度

变换器可在轻载状态下运行，按照 GB/T 17626.4—2008 的规定，在下述条件下进行试验：

- a) 试验电压：2 kV（电源线），1 kV（信号线）；
- b) 试验端口：输入、输出电源端口和信号线；
- c) 重复频率：100 kHz；
- d) 持续时间：1 min；
- e) 性能判据等级：GB/T 17626.4—2008 中第 9 章列项 b) 的规定。

6.12.1.4 浪涌（冲击）抗扰度

变换器可在轻载状态下运行，按照 GB/T 17626.5—2008 的规定，在下述条件下进行试验：

- a) 试验电压（信号线根据其线缆屏蔽类型，按 GB/T 17626.5—2008 中规定的试验方法试验）：2 kV（输入、输出电源端口和信号线对地），1 kV（输入、输出电源端口和信号线彼此之间）；
- b) 试验端口：输入、输出和信号线；
- c) 试验次数：正、负极各 5 次；
- d) 重复率：1 次/min；
- e) 性能判据等级：GB/T 17626.5—2008 中第 9 章列项 b) 的规定。

6.12.1.5 射频场感应的传导骚扰抗扰度

变换器可在轻载状态下运行，按照 GB/T 17626.6—2017 的规定，在下述条件下进行试验：

- a) 试验电压：10 V；
- b) 试验端口：输入、输出电源端口和信号线；
- c) 正弦波 1 kHz，80%幅度调制；
- d) 性能判据等级：GB/T 17626.6—2017 中第 9 章第一个列项对应的要求。

6.12.1.6 电压暂降、短时中断和电压变化的抗扰度

变换器可在轻载状态下运行，按照 GB/T 17626.11—2008 的规定，在下述条件下进行试验：

- a) 电压暂降和短时中断的试验等级和持续时间应满足 GB/T 17626.11—2008 中规定的产品类别为 3 类的电压暂降和短时中断抗扰度试验要求；
- b) 电压变化的试验等级和持续时间：电压突变至 70%额定电压，持续 25 个周期；

- c) 试验端口：控制（辅助）电源；
- d) 试验次数及间隔：3 次，每次间隔 10 s；
- e) 性能判据等级：电压暂降至 0%额定电压的试验结果应符合 GB/T 17626.11—2008 中第 9 章第一个列项对应的要求，其他试验结果应符合该章第二个列项对应的要求。

6.12.2 发射测试

6.12.2.1 概述

按照 GB 4824—2013 的规定，考虑如下两种电磁环境：

——环境 A：与低压非公用电网或工业电网的场所/装置有关，包括高骚扰源；

——环境 B：与低压公用电网，如家用、商用和轻工业场所/装置有关，不包括高骚扰源。

制造商应在提供给用户的信息中规定变换器的应用环境（即设备应用类别）。

6.12.2.2 传导发射

变换器应在满载状态下运行，按照 GB 4824—2013 的规定，在下述条件下进行试验：

- a) 试验频段：150 kHz~30 MHz；
- b) 试验端口：输入、输出电源端口；
- c) 试验限值：根据 5.7.2.1 规定的應用环境，分别选用 GB 4824—2013 中 6.2.1 规定的 1 组 A 类或 1 组 B 类限值。

6.12.2.3 辐射发射

变换器应在满载状态下运行，按照 GB 4824—2013 的规定，在下述条件下进行试验：

- a) 试验频段：30 MHz~1 000 MHz；
- b) 试验端口：外壳整体；
- c) 试验限值：根据 5.7.2.2 规定的應用环境，分别选用 GB 4824—2013 中 6.2.2 规定的 1 组 A 类或 1 组 B 类限值。

6.13 环境试验

6.13.1 低温

变换器无包装，在试验温度为 $0\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$ （户内 I 型）、 $-20\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$ （户内 II 型）或 $-25\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$ （户外型）的工作环境条件下静置 2 h，通电后应正常运行。

6.13.2 高温

变换器无包装，在试验温度为 $40\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ （户内型）或 $60\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ （户外型）的工作环境条件下，通电并加额定负载，保持 2 h，变换器应正常运行。

6.13.3 恒定湿热

变换器在试验温度为 $40\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ （户内型）或 $60\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ （户外型），相对湿度为 $(85\pm 3)\%$ （户内 I 型）、 $(95\pm 3)\%$ （户内 II 型）或 100%（户外型）的工作环境条件下，无包装，不通电，持续时间 48 h 后，取出样品，在 5.8.3 规定的条件下恢复 2 h，变换器应正常运行。

7 检验规则

7.1 总则

本标准规定的试验项目应在制造厂商或具有资质的检测机构试验。

7.2 检验分类

产品的检验分出厂试验和型式试验两类。试验项目见表 10。

7.3 出厂试验

变换器应逐台进行出厂试验。出厂试验应在每台变换器装配完成后进行，试验的项目为表 10 规定的出厂试验项目。所有出厂试验项目全部符合本标准的规定，判定该变换器出厂试验合格，并出具出厂合格证明。

如果出厂试验有任何一项不符合规定，应查出造成不符合的原因。然后，重新进行出厂试验。合格后，出具出厂合格证明。

表 10 试 验 项 目

序号	试验名称	试验条款号	要求条款号	型式试验	出厂试验
1	外观和结构检查	6.2	5.2、5.3	√	√
2	外壳防护等级	6.3	5.4.1	√	
3	绝缘电阻	6.4.1	5.4.2.1	√	√
4	介电强度	6.4.2	5.4.2.2	√	
5	电气间隙	6.4.3	5.4.2.3	√	
6	爬电距离	6.4.4	5.4.2.4	√	
7	接地保护连接	6.4.5	5.4.2.5	√	
8	并联运行	6.5	5.5.1	√	
9	功率控制	6.6	5.5.2	√	√
10	通信功能	6.7	5.5.3	√	√
11	孤岛检测	6.8	5.5.4	√	
12	双向切换时间	6.9	5.5.5	√	
13	最大转换效率	6.10.1	5.5.6	√	
14	电压偏差	6.10.2	5.5.7	√	
15	频率偏差	6.10.3	5.5.8	√	
16	电流谐波畸变率	6.10.4	5.5.9	√	
17	电压谐波畸变率	6.10.5	5.5.10	√	
18	功率因数	6.10.6	5.5.11	√	
19	直流电流分量	6.10.7	5.5.12	√	
20	中点电位不平衡度	6.10.8	5.5.13		
21	三相电压不平衡度	6.10.9	5.5.14	√	

表 10 (续)

序号	试验名称	试验条款号	要求条款号	型式试验	出厂试验
22	稳流精度	6.10.10	5.5.15	√	
23	电流纹波因数	6.10.11	5.5.16	√	
24	稳压精度	6.10.12	5.5.17	√	
25	电压纹波因数	6.10.13	5.5.18	√	
26	动态电压瞬变范围	6.10.14	5.5.19	√	
27	电压瞬变恢复时间	6.10.15	5.5.20	√	
28	过载能力	6.10.16	5.5.21	√	√
29	噪声	6.10.17	5.5.22	√	
30	直流输入欠电压保护或告警	6.11.1	5.6.1	√	√
31	直流输入过电压保护	6.11.2	5.6.2	√	√
32	交流过电压和欠电压保护	6.11.3	5.6.3	√	√
33	超频和欠频保护	6.11.4	5.6.4	√	√
34	短路保护	6.11.5	5.6.5	√	
35	过温保护	6.11.6	5.6.6	√	
36	交流缺相保护	6.11.7	5.6.7	√	√
37	交流进线相序错误保护	6.11.8	5.6.8	√	√
38	电压穿越	6.11.9	5.6.9	√	
39	静电放电抗扰度	6.12.1.1	5.7.1.1	√	
40	射频电磁场辐射抗扰度	6.12.1.2	5.7.1.2	√	
41	电快速瞬变脉冲群抗扰度	6.12.1.3	5.7.1.3	√	
42	浪涌(冲击)抗扰度	6.12.1.4	5.7.1.4	√	
43	射频场感应的传导骚扰抗扰度	6.12.1.5	5.7.1.5	√	
44	电压暂降、短时中断和电压变化的抗扰度	6.12.1.6	5.7.1.6	√	
45	传导发射	6.12.2.2	5.7.2.1	√	
46	辐射发射	6.12.2.3	5.7.2.2	√	
47	低温性能试验	6.13.1	5.8.1	√	
48	高温性能试验	6.13.2	5.8.2	√	
49	恒定湿热试验	6.13.3	5.8.3	√	

7.4 型式试验

7.4.1 概述

在下列情况下, 变换器应进行型式试验:

- a) 新产品鉴定时;
- b) 正式生产后, 结构、材料、工艺有较大改变, 足以影响产品性能时;

- c) 停止生产满一年，再恢复生产的；
- d) 国家质量监督机构提出型式试验的要求时；
- e) 出厂试验结果与上次型式试验结果有较大差异，或者发生重大质量事故时。

7.4.2 抽样方法

进行型式试验的样品应在出厂试验合格后的一批中抽样，抽样的数量不应少于两台。型式试验的项目为表 10 规定的全部项目。

7.4.3 判定规则

型式试验应符合产品的技术规定，全部检验项目合格则判定产品合格；如果有任何一项不符合，应进行整改，然后对该项进行复试，直至试验结果符合第 5 章规定。型式试验合格的样机，应进行标记，并出具型式试验合格证明或报告。

8 标志、包装、运输和贮存

8.1 标志

变换器的适当位置应有铭牌，安装在明显位置，铭牌上应标明以下内容：

- a) 产品名称；
- b) 产品型号；
- c) 技术参数：
 - 1) 额定容量 (kVA)；
 - 2) 最大转换效率 (%)；
 - 3) 电压工作范围 (V)；
 - 4) 过载能力；
 - 5) 外壳防护等级。
- d) 质量 (kg)；
- e) 出厂编号；
- f) 制造日期；
- g) 制造商名称。

8.2 包装

产品包装应符合 GB/T 13384—2008 的规定。

8.3 运输

产品运输过程中，不应有剧烈振动、曝晒、淋雨、撞击和倒置。某些部件对运输有特殊要求时应注明，以便运输时采取相应措施。

8.4 贮存

产品贮存期间，应放在空气流通，温度为 $-25\text{ }^{\circ}\text{C} \sim +55\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，月平均相对湿度不大于 90%，周围空气中不含有腐蚀性气体、无爆炸性物质的室内。在贮存期间不应淋雨、曝晒、凝露和霜冻。

9 随同产品供应的文件

出厂产品应配套供应以下技术文件：

NB / T 42159 — 2018

- a) 装箱清单;
 - b) 使用说明书;
 - c) 电气接线图;
 - d) 安装说明书;
 - e) 产品出厂合格证明书或合格证;
 - f) 其他技术资料。
-

中 华 人 民 共 和 国
能 源 行 业 标 准
三电平交流/直流双向变换器技术规范
NB/T 42159—2018

*

中国电力出版社出版、发行
(北京市东城区北京站西街19号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)
北京传奇佳彩数码印刷有限公司印刷

*

2019年8月第一版 2019年8月北京第一次印刷
880毫米×1230毫米 16开本 1.5印张 46千字
印数 001—100册

*

统一书号 155198·1563 定价 **23.00** 元

版 权 专 有 侵 权 必 究
本书如有印装质量问题, 我社营销中心负责退换



中国电力出版社官方微信



电力标准信息微信

为您提供最及时、最准确、最权威的电力标准信息



155198.1563