

UL Solutions 电网运行 规范合规性认证服务

通过UL Solutions一家服务商即可顺利开展全球60多个国家电网标准的认证评估



Safety. Science. Transformation.™

© 2025 UL LLC. 保留所有权利。

目录





引言

目前全球可再生能源朝着分布式能源 (DER) 发电方向继续发展。2023年,全球可再生能源装机容量比2022年增加了近50%,预计未来五年仍将保持大幅增长态势。¹能源设备制造商发现,市场对这类产品和系统的需求十分旺盛。与此同时,相关政策不仅持续给予支持,更在很大程度上有力推动了这一转型进程。然而,在这些产品正式投入使用之前,必须证明其符合电网运行规范。

尽管电网运行规范可能因不同地区而存在差异,但这类规范旨在协助确保安全,并为接入电网的运行设施建立一个标准化的框架。

依托于这些规范,在有关部门允许电网运行前,输电系统运营商 (TSO) 对产品和系统进行公平公正的评估,继而允许发电系统并入电网。同样,在配电层面,配电系统运营商 (DSO) 将配电规则指引加入电网运行规范中。

为何要制定电网运行规范

电力中断可能是由多种原因引起的。除了设备故障外，还有两个主要因素会影响电力系统：



天气因素



电网不稳定



随着分散式发电单机和系统数量的增加，电网运行过程中影响电压和频率稳定的因素也随之增加。为了让电网运行安全稳定，必须让发电单机和系统遵循一定的准则运行，以保持电力系统持续稳定发电。换言之，虽然可再生能源是世界摆脱对化石能源的依赖和实现能源转型的基础，但可再生能源发电具有间歇性以及无法编程操控的特点，加剧了电网的不稳定性。

电网运行规范助力实现稳定的能源转型，但同时也给能源设备制造商带来了新的挑战。

全球许多国家和地区均已采用电网运行规范。其目标都是为了保证电网的安全性和可靠性，但具体规范还是会因不同地区而存在差异。本指南将详细解释欧洲和北美地区的电网运行规范。

全球电网运行规范全景图

UL Solutions 提供综合性评估服务, 助力全球电网运行规范合规性管理。



欧洲电网运行规范

继2003年意大利停电事件及2006年荷兰地区孤岛效应事件后,欧洲开始致力于协调欧洲输电运营商联盟 (ENTSO-E) 内部的电网运行规范。随后, ENTSO-E 发布了《发电机要求 (欧盟) 2016/631》(RfG) 电网运行规范。该规范定义了与欧洲输电网并网的发电单机、系统及其零部件的基本要求。

如今, 两项欧洲标准可作为定义国家要求的技术参考, 而《欧洲电网运行规范》(RfG)的要求则可以灵活实施。

- **EN 50549-1** 规定了可与公共低压 ($U_n \leq 1 \text{ kV}$) 配电网并联运行的发电厂的电网运行技术要求。
- **EN 50549-2** 规定了可与公共中压 ($1 \text{ kV} < U_n \leq 36 \text{ kV}$) 配电网并联运行的发电厂的电网运行技术要求。

这两项标准的要求均侧重于:

- 功率与频率
- 有功功率控制
- 无功功率容量
- 无功功率响应
- 电压和频率保护
- 频率变化率 (RoCoF)
- 故障穿越 (FRT)

许多国家已制定了地方电网运行规范, 其中许多规范已于近期更新。在欧洲国家主管部门未制定具体地方法规的国家则适用欧盟标准。

西班牙



标准	描述	电压等级	额定功率范围	目标 (零部件、单机、系统)	发电机类型 (光伏、风能、同步发电机、储能变流器等)
NTS	大陆电网运行规范要求	从低压到高压	≥800W	单机	光伏、风能、同步发电机、储能变流器
NTS SENP	岛屿电网运行规范要求	从低压到高压	≥100W		
PO.9	电网运行规范要求	110kV	无功率限制	系统	光伏、风能和混合动力发电厂

保护类型	保护名称	默认设置	保护方案逻辑
电压	UV、OV	85%-110% Un, 1.5-1 秒	不适用
频率	UF、OF	47.49 - 51.51 Hz, 0.2-0.2 秒	
功率	参见 5.7 和 5.8 的要求		
HVRT/LVRT	参见第 5.11 章。		

计量和控制	要求
测量精度和方案	电压精度 = Un 的 ±0.5% 电流精度 = In 的 ±0.5% ±10mHz
频率调节	是, 参见第 5.1-5.3 章
电压调节	参见第 5.11 章
孤岛效应	不适用
电力质量	EN 标准
发电厂控制器	PPC 应通过认证
互操作性	不适用
其他	阻尼振荡和 PO 9。

认证流程	要求
仿真/仿真验证	是, 根据第 6 章
	样品 1
	位置 (现场/实验室) UL Solutions 或客户的实验室
	功率要求 部分测试以全功率进行
测试	<ul style="list-style-type: none"> 测试计划 测试 模型验证 单机认证 系统的补充仿真 系统认证
	主要阶段
	文件要求 产品单机的datasheet和整机系统的完整说明
认证	上传至本地数据库 不适用
	如有工程变更/有效期, 请更新 是/不适用
检验	不适用

这些数据反映的是该标准的 2024 版本。如需更多更新版本, 请联系我们或参阅标准文件。

西班牙

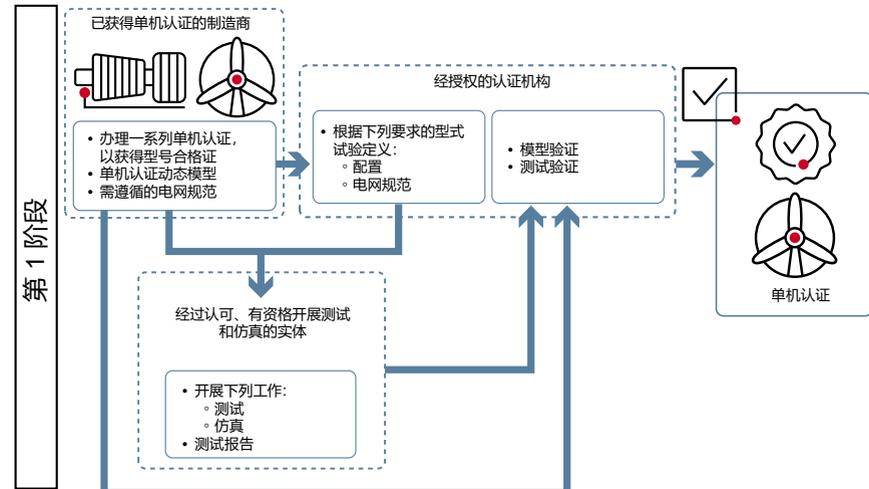


图 1: 单机 (PGU) 认证方案

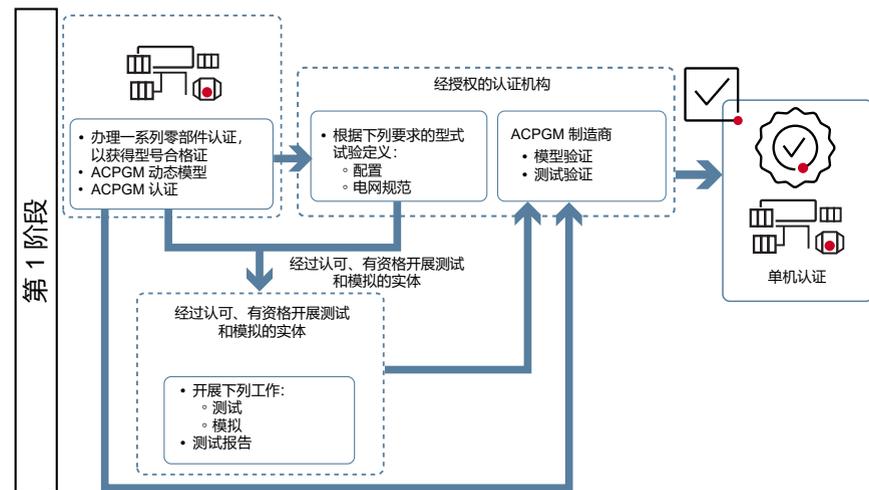


图 2: 零部件 (ACPGM) 认证方案

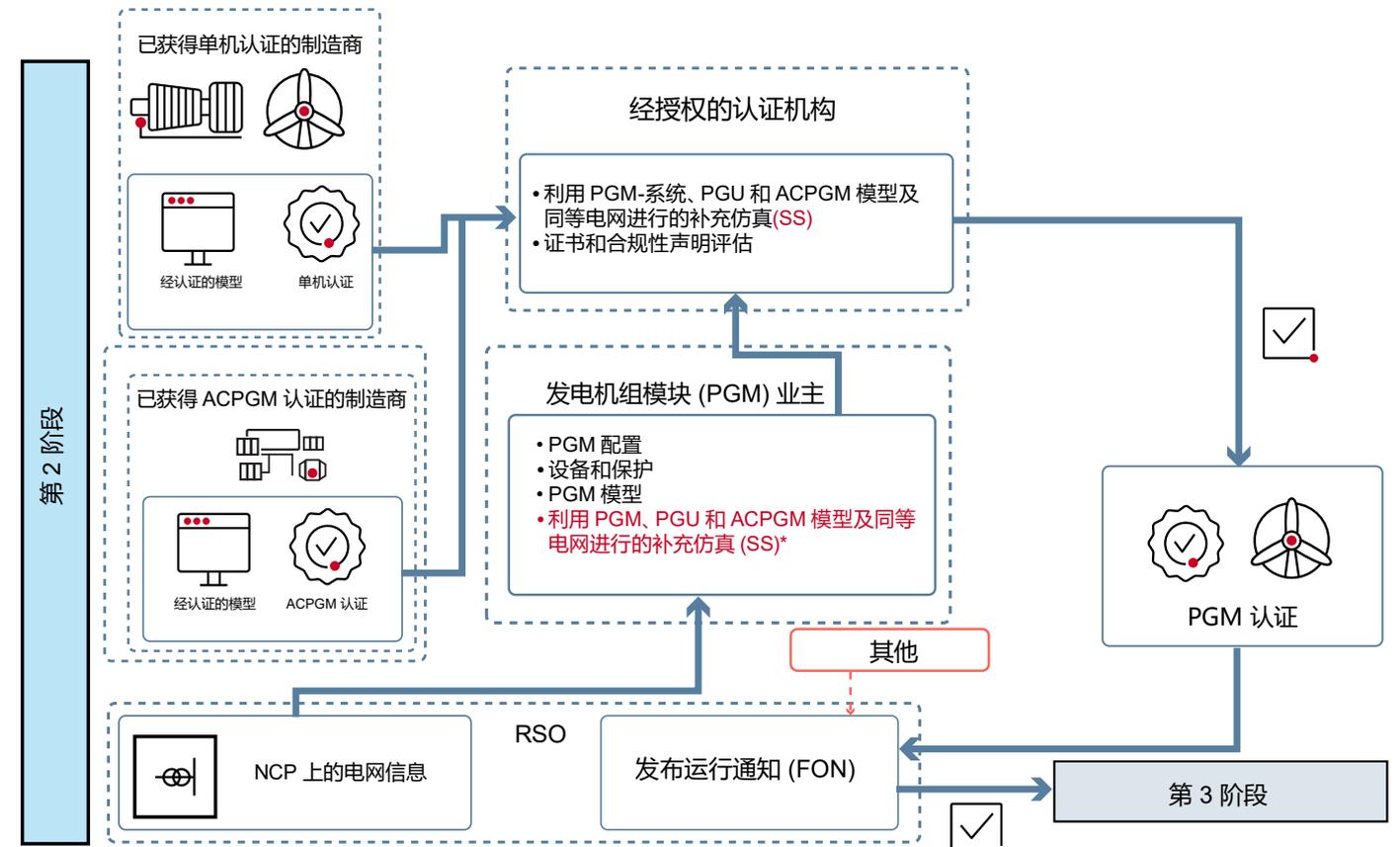


图 3: 基于设备认证获取最终发电系统 (PGM) 认证的方案

根据上述国家标准详细说明这些示例。有关详细信息，请联系我们或参阅标准文件。

标准	描述	电压等级	额定功率范围	目标 (零部件、单机、系统)	发电机类型 (光伏、风能、同步发电机、储能变流器等)
UNE217001	电网变流器的安全要求	从低压到高压	无功率限制	单机	光伏、风能、同步发电机、储能变流器
UNE217002	自用型系统的安全要求	从低压到高压	无功率限制	系统	光伏、风能和混合动力发电厂

保护类型	保护名称	默认设置	保护方案逻辑	认证流程	要求
电压	UV、OV	85%-110% UN、115% Un、1.5、1 秒、0.2 秒	不适用	测试	样品 1
频率	UF、OF	48-50.5Hz, >3 秒 -<0.5 秒			位置 (现场/实验室) UL Solutions 或客户的实验室
Power9	不适用	不适用			功率要求 部分测试以全功率进行
HVRT/LVRT	不适用	不适用			
计量和控制		要求			
测量精度和方案		电压精度 = Un 的 ±0.5% 电流精度 = In 的 ±0.5% ±10mHz			
频率调节		不适用			
电压调节		不适用			
孤岛效应		双重防孤岛效应			
电力质量		是, 根据 EN 标准。			
				认证	文件要求 图纸和数据表
					上传至本地数据库 不适用
					如有工程变更/有效期, 请更新 是/5 年
				检验	不适用

这些数据反映的是该标准的 2024 版本。如需更多更新版本, 请联系我们或参阅标准文件。

西班牙

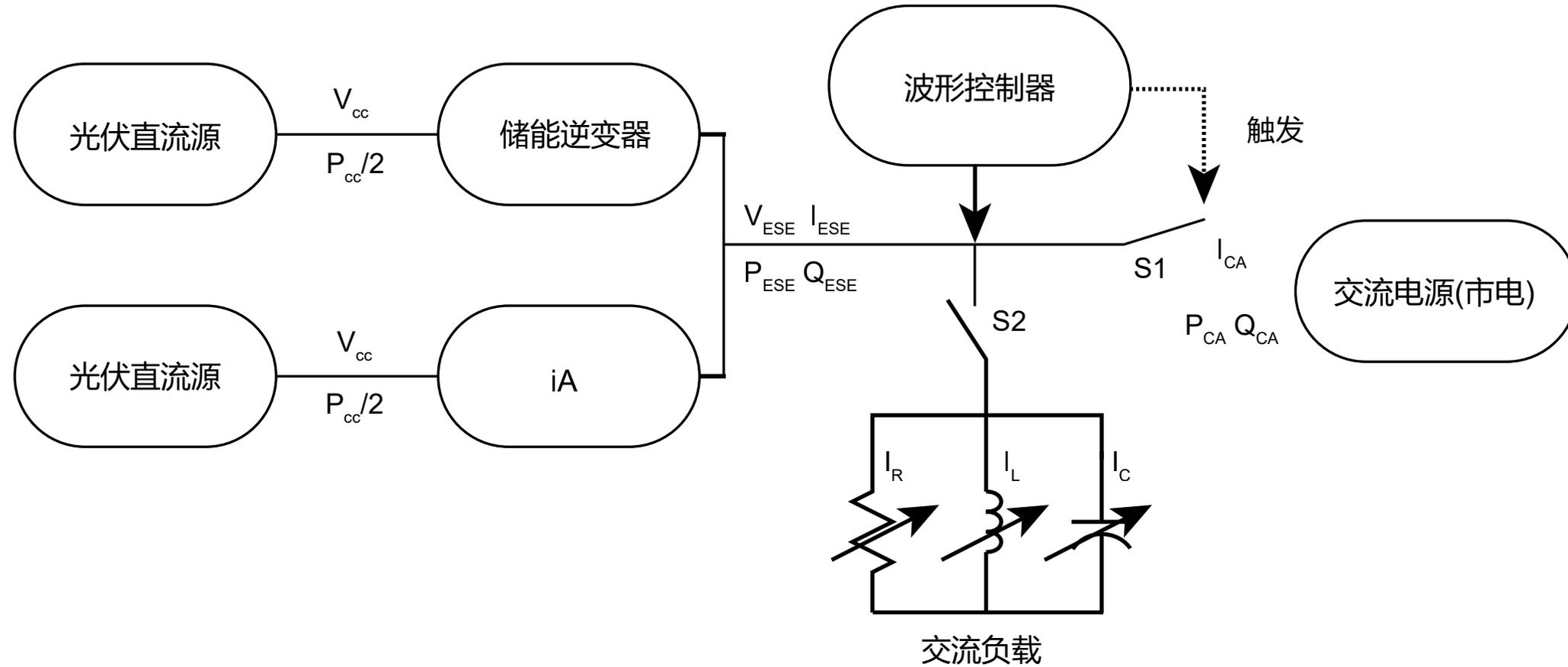


图 4: UNE217002 中包含的防孤岛效应测试

根据上述国家标准详细说明这些示例。有关详细信息, 请联系我们或参阅标准文件。

德国



标准	描述	电压等级	额定功率范围	目标 (零部件、单机、系统)	发电机类型 (光伏、风能、同步发电机、储能变流器等)
VDE-AR-N 4100 和 VDE-AR-N 4105	电网运行规范要求	低压	< 130kW	零部件和单机	光伏、风能、同步发电机、储能变流器
VDE-AR-N 0124-100	测试指南	低压	< 130kW		

保护类型	保护名称	默认设置	保护方案逻辑
电压	UV 1、UV 2、OV 1、OV 2	115-125% Un - 0.1 秒, 110% Un - 0.1 秒, 80% Un - 0.1-3.0 秒, 45% Un - 0.3 秒	不适用
频率	UF、OF	47.5 Hz – 1 秒, 51.5 Hz – 0.1 秒	
功率	参见 5.7 和 5.8 的要求		
HVRT/LVRT	参见 VDE-AR-N 4105 第 5.7 章 (根据功率等级的不同, 可能不需要)		

计量和控制	要求
测量精度和方案	根据 IEC61000-4-30:2012, 频率精度 = ±10mHz
频率调节	是, 参见 VDE-AR-N 4105 第 5.7.4.3 章
电压调节	是, 参见 VDE-AR-N 4105 第 5.7.2 章
孤岛效应	需要防止孤岛效应
电力质量	IEC 61000 标准的适用要求取决于电流输出, 参见 5.4
发电厂控制器	部分机组需要
互操作性	不适用

认证流程	要求	
仿真/仿真验证	是, 模型必须根据 FGW TG4 进行验证	
测试	样品	每个需认证的产品系列各 1 个
	位置 (现场/实验室)	UL Solutions 或客户的实验室
	功率要求	部分测试以全功率进行
	主要阶段	<ul style="list-style-type: none"> 测试计划 测试 单机认证
认证	文件要求	机组数据表、测试报告、能源设备制造商声明
	上传至本地数据库	ZEREZ (FGW 的数据库)
	如有工程变更/有效期, 请更新	是/5 年
检验	不适用	

这些数据反映的是该标准的 2024 版本。如需更多更新版本, 请联系我们或参阅标准文件。

标准	描述	电压等级	额定功率范围	目标 (零部件、单机、系统)	发电机类型 (光伏、风能、同步发电机、储能变流器等)
VDE-AR-N 4110	电网运行规范要求	中压	130 kW 至 36 MW	单机	光伏、风能、同步发电机、储能变流器
FGW TG3、TG4 和 TG8	测试 (TG3)、模型验证 (TG4) 和认证指南 (TG8)	从中压到超高压	130 kW 至 36 MW	系统	光伏、风能和混合动力发电厂

保护类型	保护名称	默认设置	保护方案逻辑
电压	UV 1、UV 2、OV	125% Un - 0.1 秒, 80% Un - 1.5-2.4 秒, 30% Un - 0.8 秒	不适用
频率	UF 1、UF 2、OF	47.5 Hz – 0.1 秒, 51.5 Hz – 5 秒 52.5 Hz – 0.1	
功率	参见 VDE-AR-N 4110 第 10 章		
HVRT/LVRT	参见 VDE-AR-N 4110 第 10.2.3 章		

计量和控制	要求
测量精度和方案	频率精度 = $\pm 10\text{mHz}$ 电压 $\leq 0.5\% \text{ Un}$ 电流 $\leq 0.5\% \text{ In}$
频率调节	是, 参见 VDE-AR-N 4110 第 10.2.4.3 章
电压调节	是, 参见 VDE-AR-N 4110 第 10.2.2 章
孤岛效应	可能需要防止孤岛效应
电力质量	IEC 61000 标准的适用要求取决于电流输出, 参见 5.4
发电厂控制器	部分机组需要
互操作性	不适用

认证流程	要求	
仿真/仿真验证	是, 模型必须根据 FGW TG4 进行验证	
测试	样品	每个需认证的产品系列各 1 个
	位置 (现场/实验室)	UL Solutions 或客户的实验室
	功率要求	部分测试以全功率进行
	主要阶段	<ul style="list-style-type: none"> • 测试计划 • 测试 • 单机认证
认证	文件要求	机组数据表、测试报告、能源设备制造商声明
	上传至本地数据库	ZEREZ (FGW 的数据库)
	如有工程变更/有效期, 请更新	是/5 年
检验	对于 PGU, 如果能源设备制造商拥有 ISO 9001 认证, 则无需检查; 对于 PGS, 在完成发电厂认证之后, 需要进行检查。	

这些数据反映的是该标准的 2024 版本。如需更多更新版本, 请联系我们或参阅标准文件。

标准	描述	电压等级	额定功率范围	目标 (零部件、单机、系统)	发电机类型 (光伏、风能、同步发电机、储能变流器等)
VDE-AR-N 4120	电网运行规范要求	高压	无功率限制, 范围由 PCC 定义	单机	光伏、风能、同步发电机、储能变流器
FGW TG3、TG4 和 TG8	测试 (TG3)、模型验证 (TG4) 和认证指南 (TG8)	从中压到超高压	无功率限制, 范围由 PCC 定义	系统	光伏、风能和混合动力发电厂

保护类型	保护名称	默认设置	保护方案逻辑
电压	UV 1、UV 2、OV 1、OV 2	125% Un - 0.1 秒, 110% Un - 0.18 秒 80% Un- 1.5-2.4 秒, 30% Un - 0.8 秒	不适用
频率	UF、OF	47.5 Hz – 0.1 秒, 51.5 Hz – 5 秒	
功率	参见 VDE-AR-N 4110 第 10 章		
HVRT/LVRT	参见 VDE-AR-N 4110 第 10.2.3 章		

计量和控制	要求
测量精度和方案	频率精度 = ±10mHz 电压 ≤ 0.5% Un 电流 ≤ 0.5% In
频率调节	是, 参见 VDE-AR-N 4120 第 10.2.4.3 章
电压调节	是, 参见 VDE-AR-N 4120 第 10.2.2 章
孤岛效应	可能需要防止孤岛效应
电力质量	IEC 61000 标准的适用要求取决于电流输出, 参见 5.4
发电厂控制器	部分机组需要
互操作性	不适用

认证流程	要求	
仿真/仿真验证	是, 模型必须根据 FGW TG4 进行验证	
测试	样品	每个需认证的产品系列各 1 个
	位置 (现场/实验室)	UL Solutions 或客户的实验室
	功率要求	部分测试以全功率进行
	主要阶段	<ul style="list-style-type: none"> 测试计划 测试 单机认证
认证	文件要求	机组数据表、测试报告、能源设备制造商声明
	上传至本地数据库	ZEREZ (FGW 的数据库)
	如有工程变更/有效期, 请更新	是/5 年
检验	对于 PGU, 如果能源设备制造商拥有 ISO 9001 认证, 则无需检查; 对于 PGS, 在完成发电厂认证之后, 需要进行检查。	

这些数据反映的是该标准的 2024 版本。如需更多更新版本, 请联系我们或参阅标准文件。

标准	描述	电压等级	额定功率范围	目标 (零部件、单机、系统)	发电机类型 (光伏、风能、同步发电机、储能变流器等)
VDE-AR-N 4130	电网运行规范要求	超高压	无功率限制, 范围由 PCC 定义	单机	光伏、风能、同步发电机、储能变流器
FGW TG3、TG4 和 TG8	测试 (TG3)、模型验证 (TG4) 和认证指南 (TG8)	从中压到超高压	无功率限制, 范围由 PCC 定义	系统	光伏、风能和混合动力发电厂

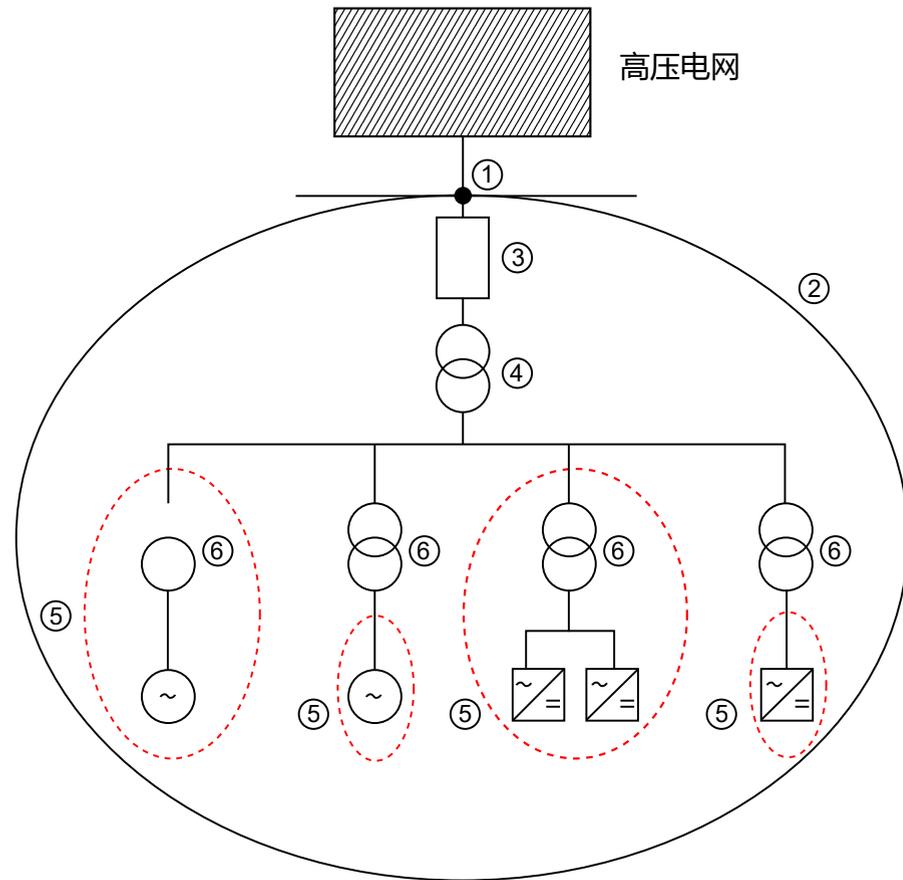
保护类型	保护名称	默认设置	保护方案逻辑
电压	UV 1、UV 2、OV	125% Un - 0.1 秒, 80% Un - 3 秒 30% Un - 1.5 秒	不适用
频率	UF 1、UF 2、OF	47.5 Hz - 0.1 秒, 52.5 Hz - 0.1 秒	
功率	参见 VDE-AR-N 4130 第 10 章		
HVRT/LVRT	参见 VDE-AR-N 4130 第 10.2.3 章		

计量和控制	要求
测量精度和方案	频率精度 = $\pm 10\text{mHz}$ 电压 $\leq 0.5\% \text{ Un}$ 电流 $\leq 0.5\% \text{ In}$
频率调节	是, 参见 VDE-AR-N 4130 第 10.2.4.3 章
电压调节	是, 参见 VDE-AR-N 4130 第 10.2.2 章
孤岛效应	可能需要防止孤岛效应
电力质量	IEC 61000 标准的适用要求取决于电流输出, 参见 5.4
发电厂控制器	部分机组需要
互操作性	不适用

认证流程	要求	
仿真/仿真验证	是, 模型必须根据 FGW TG4 进行验证	
测试	样品	每个需认证的产品系列各 1 个
	位置 (现场/实验室)	UL Solutions 或客户的实验室
	功率要求	部分测试以全功率进行
	主要阶段	<ul style="list-style-type: none"> 测试计划 测试 单机认证 系统认证 PGS 符合性声明
认证	文件要求	设备数据表、测试报告、能源设备制造商声明
	上传至本地数据库	ZEREZ (FGW 的数据库)
	如有工程变更/有效期, 请更新	是/5 年
检验	对于 PGU, 如果能源设备制造商拥有 ISO 9001 认证, 则无需检查; 对于 PGS, 在完成发电厂认证之后, 需要进行检查。	

这些数据反映的是该标准的 2024 版本。如需更多更新版本, 请联系我们或参阅标准文件。

德国



图例

- 1 电网接入点
- 2 发电厂
- 3 变电站
- 4 馈电变压器
- 5 发电机组
- 6 发电机变压器 (可能不是发电机组的组成部分; 机组证书上会有说明)

图 5: 与高压电网电网运行的发电系统



图 6: 发电系统流程图

这些数据反映的是该标准的 2024 版本。如需更多更新版本, 请联系我们或参阅标准文件。

意大利



标准	描述	电压等级	额定功率范围	目标 (零部件、单机、系统)	发电机类型 (光伏、风能、同步发电机、储能变流器等)
CEI 0-21	电网运行规范要求	低压	< 100kW	零部件、单机	太阳能光伏、风能、同步发电机、储能系统变流器、电网馈电保护
CEI 0-16	电网运行规范要求	中压	> 100kW, < 6MW		

保护类型	保护名称 (ANSI 规范)	默认设置	保护方案逻辑
电压	UV (27)、OV (59)、59V0、59Vi、27Vd	见图 7	“Sblocco Voltmetrico”, 见图 7
频率	UF (81<S1/2), OF (81>S1/2)	见图 7	
功率	无		
HVRT/LVRT	见图		

计量和控制	要求
测量精度和方案	频率精度=±10mHz TA 类 ≤ 0.5 TV 类 ≤ 0.5
频率调节	工作区域: 85%Vn ≤ V ≤ 110%Vn, 有功功率调节
电压调节	工作区域: 47.5 Hz ≤ f ≤ 51.5 Hz, 无功功率调节
孤岛效应	防孤岛效应
电力质量	谐波、闪变、电压纹波
发电厂控制器	«Controllore Centrale di Impianto»
互操作性	意大利 IEC 61850 相关系统获得 UCA 认证 (A 级)
其他	同步和负荷削减 («interrompibilità»)

认证流程	要求	
仿真/仿真验证	无模型验证	
	样品	1
测试	位置 (现场/实验室)	UL Solutions 或客户的实验室
	功率要求	部分测试以全功率进行
	主要阶段	<ul style="list-style-type: none"> 测试计划 型式测试 现场测试
认证	文件要求	机组数据表和 PGU 的完整描述
	上传至本地数据库	ANIE
	如有工程变更/有效期, 请更新	是, 特别是关于固件版本
检验	每五年一次 (现场)	

这些数据反映的是该标准的 2024 版本。如需更多更新版本, 请联系我们或参阅标准文件。

意大利

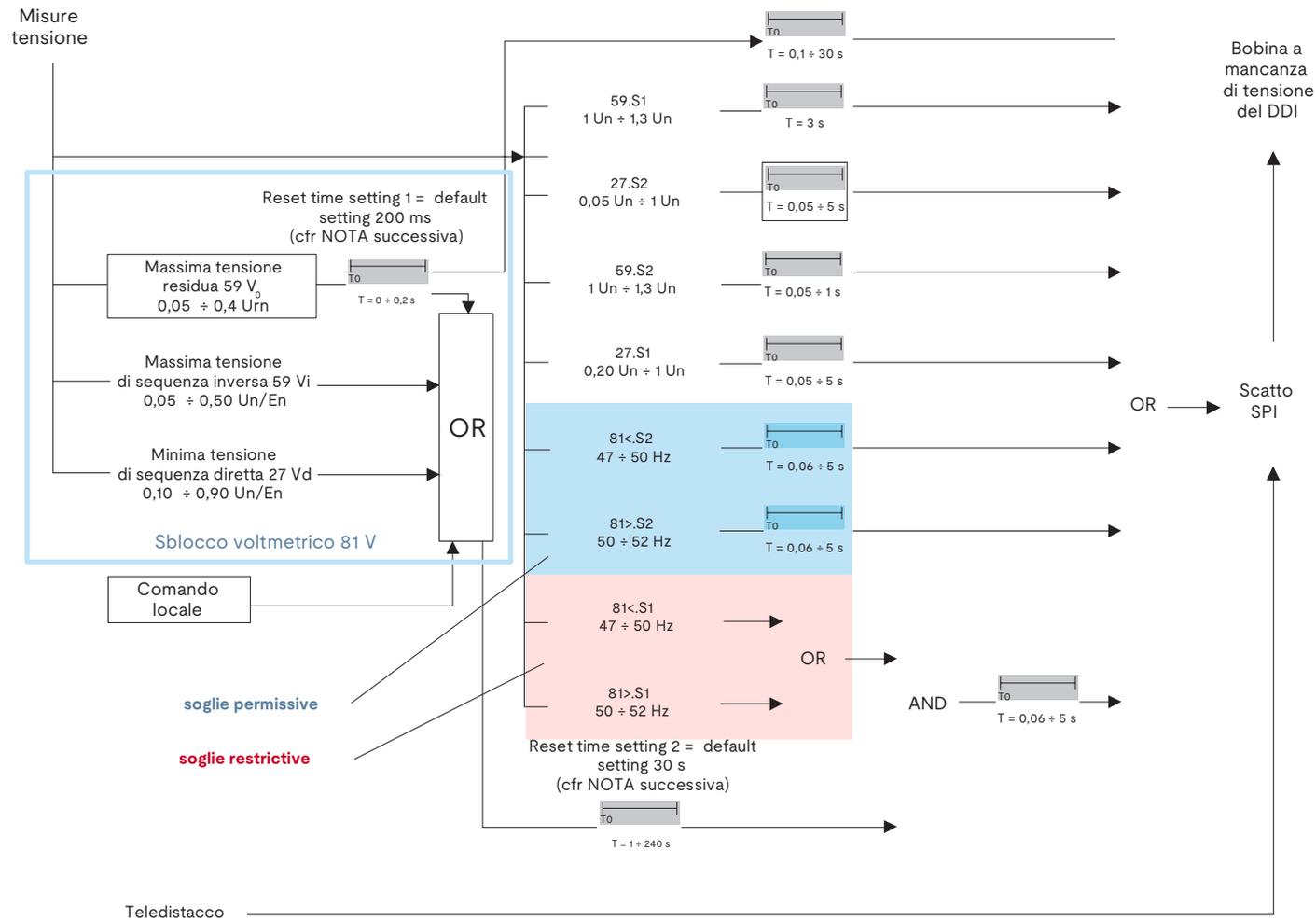


图 7: 保护设定值 (包括 “Sblocco voltmetrico”)

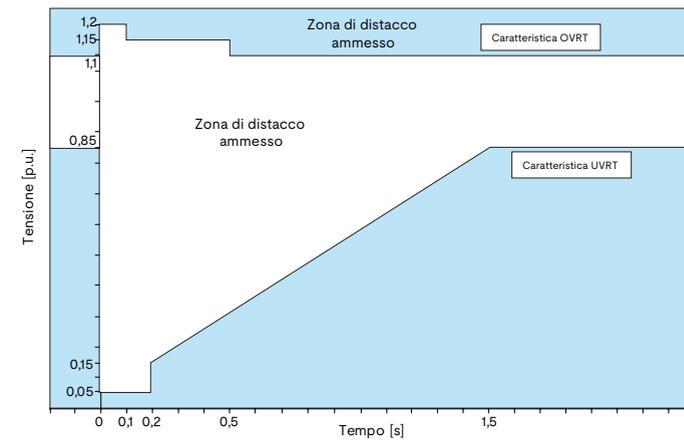
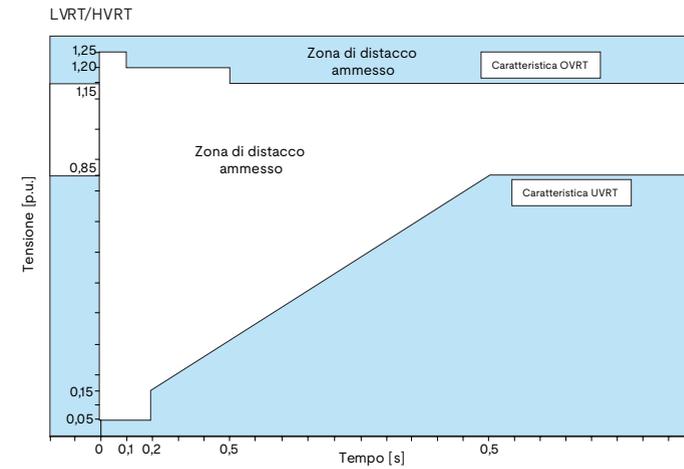


图 8: 静态发电机的 UVRT 曲线和 OVRT 曲线

这些数据反映的是该标准的 2024 版本。如需更多更新版本, 请联系我们或参阅标准文件。

PPC - 发电厂控制器

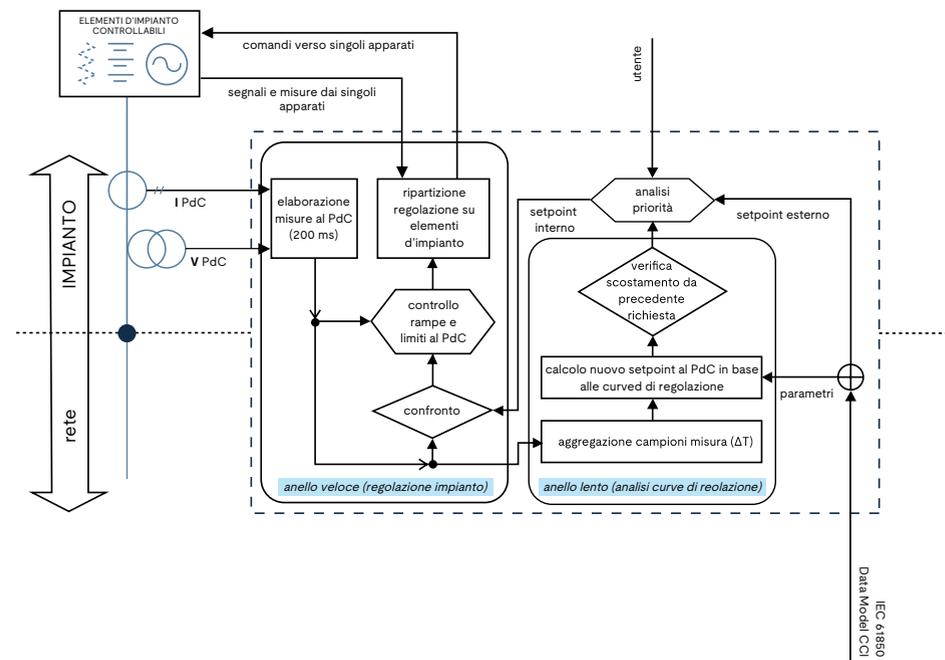
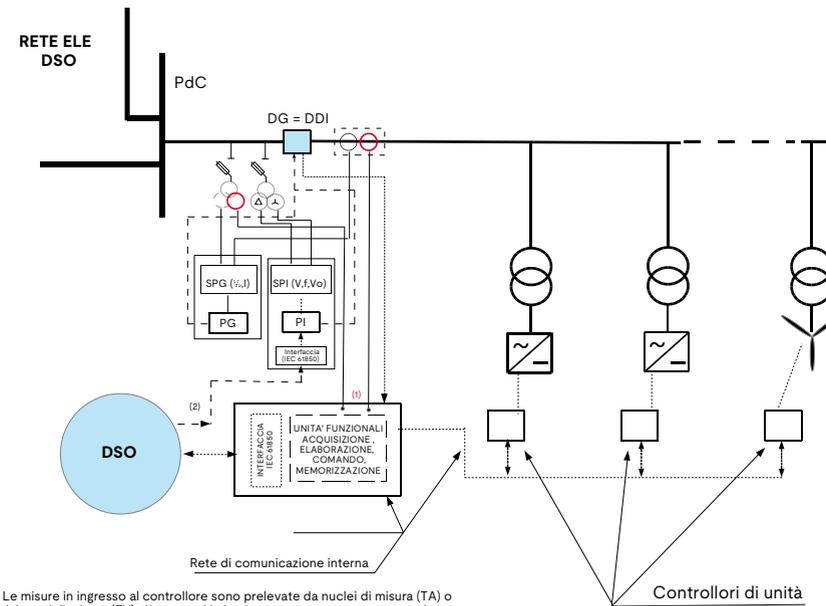


图 9: PPC - 发电厂控制器



(1) - Le misure in ingresso al controllore sono prelevate da nuclei di misura (TA) o avvolgimenti di misura (TV) già presenti in impianto; non possono essere prelevate dai trasduttori dedicati alle misure "fiscali"
 (2) - Predisposizione per teledistacco (CEI 016 - 8.8.7.1)

无功/有功功率调节

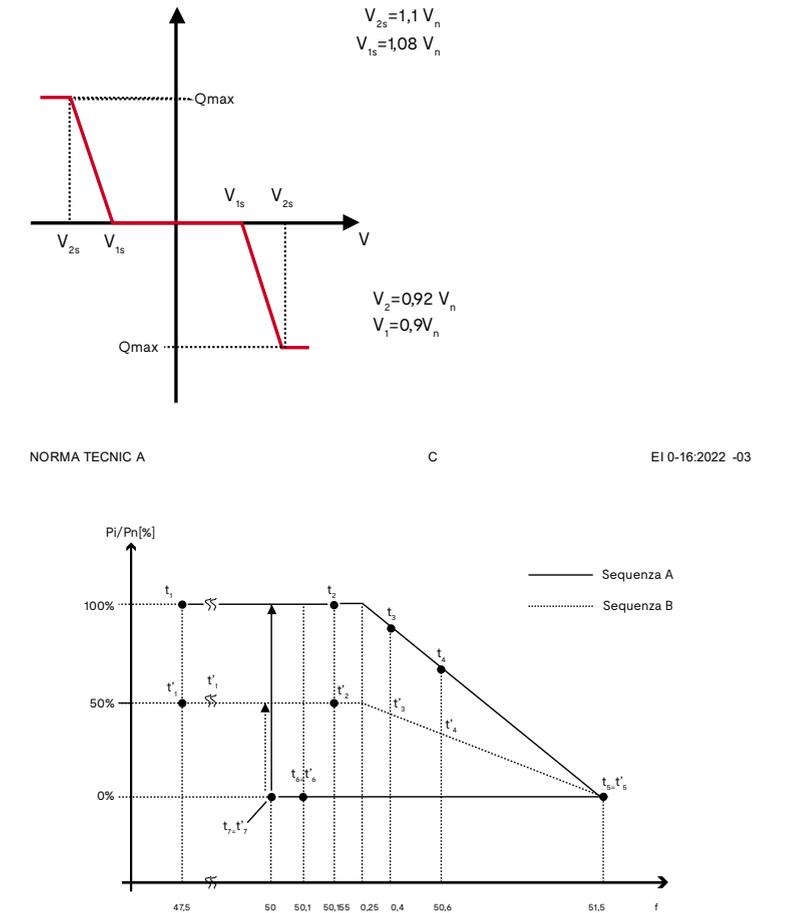


图 10: 无功/有功功率调节

这些数据反映的是该标准的 2024 版本。如需更多更新版本, 请联系我们或参阅标准文件。

	光伏逆变器	风力发电系统 (满功率交流, ≤100 kW, 含 ORC 系统、水力发电系统等)	风力发电系统 (满功率交流, >100 kW, 含 ORC 系统、水力发电系统等)	双馈异步风力发电机
3 电压质量测量	(满功率运行) - 测试台测试 - 现场测试 (模拟电网、发电机组、公共电网)	(满功率运行) - 测试台测试 - 现场测试 (模拟电网、发电机组、公共电网)	(满功率运行) - 现场测试 (模拟电网、发电机组、公共电网)	(满功率运行) - 现场测试 (模拟电网、发电机组、公共电网)
4 电压和频率的工作范围	(满功率或降额运行) - 测试台测试	(满功率或降额运行) - 测试台测试	(满功率或降额运行) - 测试台测试 - 现场测试 (模拟电网、发电机组)	(满功率或降额运行) - 测试台测试 - 现场测试 (模拟电网、发电机组) (154)
5 电网运行同步和负载接入条件	(满功率或降额运行) - 测试台测试 - 控制功能测试以及系统对控制指令的响应能力的验证 (包括静态和动态特性) - 在公共电网进行实际装置测试, 通过模拟电压和频率测量或更改控制参数进行测试			
6 无功功率交换的结构性要求	(满功率运行) - 测试台测试 - 现场测试 (模拟电网、发电机组、公共电网)	(满功率运行) - 测试台测试 - 现场测试 (模拟电网、发电机组、公共电网) - 控制功能测试 (限于 6.3) 以及系统对控制指令的响应能力的验证 (包括静态和动态特性)	(满功率运行) - 测试台测试 - 现场测试 (模拟电网、发电机组、公共电网) - 控制功能测试 (限于 6.3) 以及系统对控制指令的响应能力的验证 (包括静态和动态特性)	(满功率运行) - 测试台测试 - 现场测试 (模拟电网、发电机组、公共电网) - 控制功能测试 (限于 6.3) 以及系统对控制指令的响应能力的验证 (包括静态和动态特性)

表 1: 不同机组的测试要求一览表

根据上述意大利语国家标准详细说明这些示例。有关详细信息, 请联系我们或参阅标准文件。

	光伏逆变器	风力发电系统 (满功率交流, ≤100 kW, 含 ORC 系统、水力发电系统等)	风力发电系统 (满功率交流, >100 kW, 含 ORC 系统、水力发电系统等)	双馈异步风力发电机
7.1	有功功率调节的结构性要求: 验证在本地控制逻辑下, 当电压接近 110% Vn 时的有功功率限制功能	(满功率运行或空载条件下) - 测试台测试 - 现场测试, 通过控制系统调节 (模拟电网、发电机组、公共电网, 模拟电压测量或更改控制参数) - 控制功能测试 (空载条件下)	(满功率运行或空载条件下) - 测试台测试 - 现场测试, 通过控制系统调节 (模拟电网、发电机组、公共电网, 模拟电压测量或更改控制参数) - 控制功能测试 (空载条件下) 以及系统对控制指令的响应能力的验证 (包括静态和动态特性, 功率至少等于 Pn 的 50%)	(满功率运行或空载条件下) - 现场测试, 通过控制系统调节 (模拟电网、发电机组、公共电网, 模拟电压测量或更改控制参数) - 控制功能测试 (空载条件下) 以及系统对控制指令的响应能力的验证 (包括静态和动态特性, 功率至少等于 Pn 的 50%)
7.2	有功功率调节的结构性要求: 在电网出现过频瞬态时自动降低有功功率的验证	(满功率运行或空载条件下) - 测试台测试 - 现场测试, 通过控制系统调节 (模拟电网、发电机组、公共电网, 模拟频率测量或更改控制参数) - 控制功能测试 (空载条件下)	(满功率运行或空载条件下) - 现场测试, 通过控制系统调节 (模拟电网、发电机组、公共电网, 模拟频率测量或更改控制参数) - 控制功能测试 (空载条件下) 以及系统对控制指令的响应能力的验证 (包括静态和动态特性, 功率至少等于 Pn 的 50%)	(满功率运行或空载条件下) - 现场测试, 通过控制系统调节 (模拟电网、发电机组、公共电网, 模拟频率测量或更改控制参数) - 控制功能测试 (空载条件下) 以及系统对控制指令的响应能力的验证 (包括静态和动态特性, 功率至少等于 Pn 的 50%)
	光伏逆变器	风力发电系统 (满功率交流, ≤100 kW, 含 ORC 系统、水力发电系统等)	风力发电系统 (满功率交流, >100 kW, 含 ORC 系统、水力发电系统等)	双馈异步风力发电机
7.4	有功功率调节的结构性要求: 验证根据配电系统运营商的外部指令限制有功功率	(满功率运行) - 测试台测试 - 现场测试, 通过控制系统调节 (模拟电网、发电机组、公共电网)	(满功率运行) - 测试台测试- 现场测试, 通过控制系统调节 (模拟电网、发电机组、公共电网)	(满功率运行) - 现场测试, 通过控制系统调节 (模拟电网、发电机组、公共电网)
8	对电压跌落的不敏感性 (VFRT 能力)	(满功率运行) - 测试台测试- 现场测试, 使用阻抗电网 (模拟电网、发电机组、公共电网)	(满功率运行) - 测试台测试- 现场测试, 使用阻抗电网 (模拟电网、发电机组、公共电网)	(满功率运行) - 测试台测试 - 现场测试, 使用阻抗电网 (模拟电网、发电机组、公共电网)
9	对相位不同步情况下的自动重合闸不敏感性	(满功率运行) - 测试台测试 - 现场测试 (模拟电网、发电机组、公共电网)	(满功率运行) - 测试台测试 - 现场测试 (模拟电网、发电机组、公共电网)	(满功率运行) - 测试台测试 - 现场测试 (模拟电网、发电机组、公共电网)

根据上述意大利语国家标准详细说明这些示例。有关详细信息, 请联系我们或参阅标准文件。

波兰



标准	描述	电压等级	额定功率范围	目标 (零部件、单机、系统)	发电机类型 (光伏、风能、同步发电机、储能变流器等)
PTPIREE – EqC V1.2	认证指南	从低压到高压	> 800W	零部件、单机	光伏、风能、同步发电机、储能变流器
PSE – RoGA 2018-12	电网运行规范要求	从低压到高压	> 800W		

保护类型	保护名称	默认设置	保护方案逻辑
电压	由电网运营商定义	由电网运营商定义	不适用
频率	频率变化率 (ROCOF) 和频率范围按照 EqC 第 9 章的规定	不适用	不适用
功率	参见 EqC 第 6 章、第 7 章和第 9 章	不适用	不适用
HVRT/LVRT	参见 EqC 第 6 章或第 7 章	不适用	不适用

计量和控制	要求
测量精度和方案	不适用
频率调节	频率变化率 (ROCOF) 和频率范围按照 EqC 第 9 章的规定
电压调节	参见 EqC 第 6 章或第 7 章
孤岛效应	参见 EqC 第 6 章或第 7 章
电力质量	不需要
发电厂控制器	参见 EqC 第 6 章或第 7 章
互操作性	不适用

认证流程	要求								
仿真/仿真验证	是, 可以按照基于 RfG 631/2016 制定的电网运行规范进行模型验证, 例如 FGW TG4 标准 (德国)								
测试	<table border="1"> <tr> <td>样品</td> <td>每个需认证的产品系列各 1 个</td> </tr> <tr> <td>位置 (现场/实验室)</td> <td>UL Solutions 或客户的实验室</td> </tr> <tr> <td>功率要求</td> <td>部分测试以全功率进行</td> </tr> <tr> <td>主要阶段</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> 测试计划 测试 单机认证 </td> </tr> </table>	样品	每个需认证的产品系列各 1 个	位置 (现场/实验室)	UL Solutions 或客户的实验室	功率要求	部分测试以全功率进行	主要阶段	<ul style="list-style-type: none"> 测试计划 测试 单机认证
样品	每个需认证的产品系列各 1 个								
位置 (现场/实验室)	UL Solutions 或客户的实验室								
功率要求	部分测试以全功率进行								
主要阶段	<ul style="list-style-type: none"> 测试计划 测试 单机认证 								
认证	<table border="1"> <tr> <td>文件要求</td> <td>机组数据表、测试报告、能源设备制造商声明</td> </tr> <tr> <td>上传至本地数据库</td> <td>是, PGU 证书须获得波兰输配电协会 (PTPIREE) 的批准</td> </tr> <tr> <td>如有工程变更/有效期, 请更新</td> <td>5 年</td> </tr> </table>	文件要求	机组数据表、测试报告、能源设备制造商声明	上传至本地数据库	是, PGU 证书须获得波兰输配电协会 (PTPIREE) 的批准	如有工程变更/有效期, 请更新	5 年		
文件要求	机组数据表、测试报告、能源设备制造商声明								
上传至本地数据库	是, PGU 证书须获得波兰输配电协会 (PTPIREE) 的批准								
如有工程变更/有效期, 请更新	5 年								
检验	不需要								

这些数据反映的是该标准的 2024 版本。如需更多更新版本, 请联系我们或参阅标准文件。

表 2: 电力园区模块 (PPM) 设备认证

PPM							
	1	2	3	4	5	6	7
要求		测试	模拟	A 型	B 型	C 型	D 型
LFSM-O		B、C、D	B、C、D	硬件认证 *	硬件认证	零部件认证	零部件认证
LFSM-U		C、D	C、D	-	-	零部件认证	零部件认证
FSM		C、D	C、D	-	-	不适用	不适用
恢复调节频率		C、D	-	-	-	不适用	不适用
可调节的有功功率		C、D	-	-	-	不适用	不适用
调节模式的电压		C、D	-	-	-	不适用	不适用
无源功率调节模式		C、D	-	-	-	不适用	不适用
调节模式的功率因数		C、D	-	-	-	不适用	不适用
引入快速电流短路测试		-	B、C、D	-	硬件认证	硬件认证	硬件认证
FRT		-	B、C、D	-	硬件认证	硬件认证	硬件认证
故障后恢复有功功率		-	B、C、D	-	硬件认证	硬件认证	硬件认证
工作岛		-	C、D	-	-	不适用	不适用
能生成无功功率		C、D	C、D	-	-	不适用	不适用

表 3: 同步发电机组模块 (SY PGM) 设备认证

SY PGM							
	1	2	3	4	5	6	7
要求		测试合规	模拟合规	A 型	B 型	C 型	D 型
LFSM-O		B、C、D	B、C、D	硬件认证 *	硬件认证	不适用	不适用
LFSM-U		C、D	C、D	-	-	不适用	不适用
FSM		C、D	C、D	-	-	不适用	不适用
控制频率重建		C、D	-	-	-	不适用	不适用
能启动自主功能		C、D	-	-	-	不适用	不适用
能针对自身需求进行工作		C、D	-	-	-	不适用	不适用
能生成无功功率		C、D	C、D	-	硬件认证 *	硬件认证 **	硬件认证 **
FRT		-	B、C、D	-	硬件认证	硬件认证	硬件认证
故障后恢复有功功率		-	B、C、D	-	不适用	不适用	不适用
降容量运行孤岛		-	C、D	-	-	不适用	不适用
阻尼功率振荡		-	D	-	-	-	不适用

	1	2	3	4	5
要求	A 型	B 型	C 型	D 型	D 型
频率范围要求 (第 1 条及相关条款)	零部件认证	零部件认证	零部件认证	零部件认证	零部件认证
频率变化率 df / dt (第 13 (1) (b) 条)	零部件认证	零部件认证	零部件认证	零部件认证	零部件认证

这些数据反映的是该标准的 2024 版本。如需更多更新版本, 请联系我们或参阅标准文件。



法国

更新版标准于 2020 年 6 月发布: “Arrêté du 9 juin 2020 relatif aux prescriptions techniques de conception et de fonctionnement pour le raccordement aux réseaux d’électricité.4 août 2020”。该版本对 2008 年 4 月 23 日版本 (Arrêté du 23 avril 2008) 的要求进行了调整, 并做了以下改动:

- 低压穿越 (LVRT): 新标准提高了电压深度, 并要求注入无功电流。
- 运行区域: 部分参数与上一版本相比有所变化。
- 电网运行重连: 部分参数与上一版本相比有所变化。

比利时

比利时是全球可再生能源市场的主要目标。更新版标准于 2021 年 3 月发布:

“2021 年 3 月 15 日的 2.2 版 C10/11 修正案: 比利时输配电运营商协会 (Synergrid) 技术规定 C10/11 第 2.2 版: 与配电网并联运行的发电厂相关技术规定”。该标准将 2019 年 9 月发布的 2.1 版中的要求调整为 2016 年发布的第 631 号欧盟委员会法规要求:

- “2016 年 4 月 14 日第 2016/631 号欧盟委员会法规: 建立发电机电网运行要求相关规范”。

英国

自第 2016/631 号欧盟委员会法规发布以来, 英国一直在完善其电网运行规范。更新版本为 2021 年 9 月 1 日发布的《工程建议 G99》第 1 版 - 第 8 号修正案“2019 年 4 月 27 日或之后与公共配电网并联的发电设备电网运行要求”, 取代了 2020 年 3 月发布的第 6 号修正案和 2021 年 8 月发布的第 7 号修正案。更新内容包括: 第 8 号修正案根据 2021 年发布的第 7 号修正案调整了相关要求, 并对之前的修正案进行了部分修改。

此外, 2019 年 4 月 27 日或之后经过充分型式测试的微型发电机 (每相电流为 16A 及以下) 与公共低压配电网的并联要求, 已于 2021 年 9 月在 G98 第 1 版 - 第 6 修正案中相应更新。

葡萄牙

2016 年 4 月 14 日发布的第 2016/631 号欧盟委员会法规由 2020 年 3 月发布的更新版标准所取代：“Portaria nº73/2020 de 16 de marco.Requisitos nao exaustivos para ligacao dos módulos geradores a Rede Eletrica de Servico Publico (RESP)”。

新版标准根据 2016 年 4 月 14 日发布的“第 2016/631 号欧盟委员会法规：建立发电机电网运行要求相关规范”调整了具体要求。

荷兰

由于荷兰电网靠近德国电网，能源设备制造商通常会产生疑问：荷兰的电网运行要求是否与德国的 VDE 电网运行要求相同？如今，荷兰已成为逆变器制造商的共同目标市场，这些企业会根据其他中欧国家的要求对自身产品进行测试和认证。

根据 2016 年 4 月 14 日第 2016/631 号欧盟委员会法规，以及其与“EN 50549-1 和 EN 50549-2: 发电厂并联接入配电网相关要求”存在诸多类似规定，荷兰能源网络运营商协会 (Netbeheer Nederland) 于 2020 年 7 月发布了更新版“发电机组模块合规性验证：根据 NC RfG 和 Netcode elektriciteit 1.2.1 版对 B、C 和 D 型发电机组模块进行合规性验证”。该更新版参考德国测试方案 FGW TG3-2018 25 版，定义了适用于荷兰及其电网运行的偏差和参数要求。

罗马尼亚

虽然与其他欧洲国家相比，罗马尼亚的市场规模较小，但罗马尼亚有望在未来十年内成为一个更加绿色环保的国家，并有望超额实现 2030 年可再生能源占比 30.7% 的目标。近年来，更新版标准于 2018 年 12 月发布：“ORDIN 208: 关于公共电网电网运行要求的技术规范，适用于发电机组模块、由发电机组组成的中央模块以及由海上发电机组模块组成的发电厂（位于更广阔的区域）”。该标准取代了 2016 年 4 月 14 日发布的第 2016/631 号欧盟委员会法规。现行版本根据 2016 年 4 月 14 日发布的“第 2016/631 号欧盟委员会法规：建立发电机电网运行要求相关规范”调整了具体要求。

奥地利

更新版标准于 2022 年 4 月发布: “TOR Erzeuger: Anschluss und Parallelbetrieb von Stromerzeugungsanlagen des Typs A, B, C & D. Version 1.2”, 对 2019 年发布的 V1.0 版本的要求进行了调整。

捷克共和国

更新版标准于 2020 年 12 月发布, 取代了 2016 年 5 月发布的 Priloha-4:

“Priloha-4-Dec 2020: 发电厂和储能设施与配电系统运营商电网运行运行相关规则”, 更新版标准对 2016 年发布的 Priloha-4-May 2016 “电力资源与配电系统运营商电网运行运行相关规则” 的要求进行了调整。

希腊

由于地理环境的关系, 可再生能源在希腊扮演着重要角色。过去十多年里, 希腊一直是全球可再生能源市场关注的重点。虽然风能和太阳能之间曾存在明显差距, 但在过去五年中, 这一差距已逐渐缩小, 截至 2021 年底, 这两种技术的装机容量已非常接近。

希腊根据 2016 年 4 月 14 日发布的 “第 2016/631 号欧盟委员会法规: 建立发电机电网运行要求相关规范” 调整了其法规, 更新了其电网运行规范, 内容如下:

- 电网运行规范 “发电机相关要求” (RfG); 将欧盟第 631/2016 号法规纳入希腊电网运行规范的公众咨询文件; 来自独立输电运营商。2019 年 7 月
- ΕΦΗΜΕΡΙΔΑ ΤΗΣ ΚΥΒΕΡΝΗΣΕΩΣ; ΤΗΣ ΕΛΛΗΝΙΚΗΣ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑΣ
ΑΠΟΦΑΣΕΙΣ Αριθμ. απόφ. 1165/2020 (2020 年 9 月 7 日发布的第 1165/2020 号法规)



波斯尼亚

波斯尼亚和黑塞哥维那地处亚得里亚海国家的中心地带,是该地区互联互通的关键节点。该国的《电力传输、监管机构和系统运营商法》持续推动将可再生能源纳入国内发电体系,致力于提高太阳能(2021年占比仅3%)和风能(2021年占比仅7%)的发电比例。相比之下,这两种能源的占比与该国的实际的水电发电占比(2021年高达90%)几乎可以忽略不计。

2019年,该国发布了电网运行规范“Mrezni-Kodeks-2019”,根据2016年4月14日发布的“第2016/631号欧盟委员会法规:建立发电机电网运行要求相关规范”调整了具体要求。

斯洛文尼亚

斯洛文尼亚作为连接奥地利、意大利与亚得里亚海国家的重要纽带,一直以来都在积极推动可再生能源的接入,尤其是太阳能和风能。截至2019年底,这两种能源在其国内发电体系中的占比几乎为零。然而,该国已计划到2030年将可再生能源的占比提升至27%。

斯洛文尼亚发布了两份文件,一份针对输电系统(“ESLOVENIA_2011-01-1982:斯洛文尼亚输电系统运营规程”),另一份针对配电系统(“ESLOVENIA_2016-01-1194:配电网系统运营规程”)。这些文件根据2016年4月14日发布的“第2016/631号欧盟委员会法规:建立发电机电网运行要求相关规范”调整了具体要求。

芬兰

欧洲政策助力芬兰可再生能源的发展,芬兰正在逐步完善自身的电网运行规范。

2020年2月,芬兰电网公司(FINGRID)发布了《电网储能系统电网运行规范》,该规范定义了芬兰及其电网运行的具体偏差和参数要求。该规范与2015年发布的《Fingrid 110 kV电网的电力质量》相辅相成,共同用于确保新建发电厂的电网质量。

《电网储能系统电网运行规范》根据电网运行接入点的功率和电压,明确了第2016/631号欧盟委员会法规下四类发电厂适用的具体规定。



爱尔兰

爱尔兰电网运营商 (EirGrid) 和配电系统运营商 ESB Networks 正在根据“第 2016/631 号欧盟委员会法规: 建立发电机电网运行要求相关规范”第 13-28 条制定技术要求, 相关标准自 2017 年 12 月 20 日起开始实施。更新版标准《EirGrid 电网运行规范第 10 版》于 2021 年 5 月发布, 根据 2020 年发布的第 9 版的要求进行了调整, 并做了以下一些修改:

- 修正了 RfG 豁免流程表格中的有关参考内容
- 修正了 110kV 220kV 输电系统的电压图表
- 气象信号要求
- 电池储能系统 ESPS 电网运行规范实施说明 (3.0 版, 2021 年 12 月)

瑞典

欧洲政策亦助力瑞典可再生能源的发展。2018 年 2 月发布的文件“Energimarknadsinspektionens författningssamling”定义了瑞典及其电网电网运行的特殊偏差和参数要求, 根据电网运行接入点的功率和电压, 明确了四类发电厂适用的具体规定。

丹麦

自 2016 年欧洲法规更新以来, 丹麦一直在推动将可再生能源和储能系统纳入国内发电体系。

丹麦发布了自 2019 年 12 月 18 日起生效的文件《电能储能设施技术法规 3.3.1》, 根据 2016 年 4 月 14 日发布的“第 2016/631 号欧盟委员会法规: 建立发电机电网运行要求相关规范”调整了具体要求。



北爱尔兰

北爱尔兰已成为全球可再生能源市场的目标国家, 其电网运行规范与英国不同, 北爱尔兰根据第 631 号欧洲法规调整了其要求。

实际的电网运行规范与 ENA-EREC G99 有所不同:

工程建议 G99/NI: 2019 年 4 月 1 日第 1 版, 2019 年 4 月 27 日或之后与北爱尔兰公共配电网并联的发电设备电网运行要求, 计划于 2024 年第二季度进行修订。

该标准本身与 G99 有所不同, 根据北爱尔兰电网运营商的要求调整了相关参数。

此外, 还有一个适用于北爱尔兰的 G98 版本:

工程建议 G98/NI: 2019 年 4 月第 1 版, 2019 年 4 月 27 日或之后经过充分型式测试的微型发电机 (每相电流为 16A 及以下) 与公共低压配电网的并联要求, 计划于 2024 年第二季度进行修订。

北美电网运行规范

与欧洲不同,北美并没有类似的法规。北美各国、各州以及各省均与当地公用事业部门共同制定了各自的电网运行规范。然而,大多数公用事业公司均依据 UL 1741SB (《独立电力系统用逆变器、变流器和控制器标准》附录 B) 来认可设备认证。该标准基于 IEEE 1547 (2018) 和 IEEE 1547.1 (2020) 技术参考,包含机组与公用事业之间的互操作性要求 (SunSpec Modbus, DNP 3, IEEE 2030.5)。

美国约有 3300 家电力公用事业公司,不同公司的互连要求往往存在差异。

美国

- UL 1741 是用于电网互连认证的 UL 横向通用标准。
- 涉及发电设备功能的 UL 标准都使用 UL 1741 来满足电网互连要求。
- 大多数北美电力公用事业公司均认可或要求将 UL 1741 作为电网交互式逆变器和发电机的认证标准。
- 美国约有 3300 家电力公用事业公司,不同公司的互连要求往往存在差异。
- 美国多家公用事业公司都参与了 UL 1741 标准的制定,其中大多数都要求 UL 1741 认证。

美国多家公用事业公司都参与了 UL 1741 标准的制定,其中大多数都要求 UL 1741 认证。在加拿大安大略省,公用事业公司要求符合 CSA C22.3 第 9 号标准,但加拿大同样也认可 UL 1741 认证。一些管辖区域倾向于采用 UL 1741SA 和源要求文件 (SRD) 的替代测试途径。

UL 1741 是关于分布式能源 (DER) 使用的逆变器、变流器、控制器和互连系统设备的安全标准。附录 A 和附录 B 包括电网运行规范性能和互操作性要求。



标准	描述	电压等级	额定功率范围	目标 (零部件、单机、系统)	发电机类型 (光伏、风能、同步发电机、储能变流器等)
IEEE 1547-2018 (UL1741 SB)	电网运行规范要求	低压/中压	不同的范围要求: < 500kVA, 500-1500kVA, > 1500kVA。无功率限制。	零部件、单机	太阳能光伏、风能、同步发电机、储能系统变流器、电网馈电保护
IEEE 1547.1-2020 (UL 1741 SB)	测试要求				

保护类型	保护名称	默认设置	保护方案逻辑
电压	UV 1、UV 2、OV 1、OV 2	120% Un – 0.16 秒、110% Un – 13 秒 88% Un – 21 秒、50% Un – 2 秒	不适用
频率	UF 1、UF 2、OF 1、OF 2	62Hz – 0.16 秒、1.2Hz – 300 秒 58.5Hz – 300 秒、56.5Hz – 0.16 秒	不适用
功率	不适用	不适用	不适用
HVRT/LVRT	是	不适用	不适用

认证流程	要求
仿真/仿真验证	不允许
测试	<p>样品</p> <p>位置 (现场/实验室)</p> <p>功率要求</p> <p>主要阶段</p> <p>文件要求</p> <p>上传至本地数据库</p> <p>如有工程变更/有效期, 请更新</p> <p>每季度在能源设备制造商处跟踪已认证产品的检验情况</p>
认证	<p>每个需认证的产品系列各 1 个</p> <p>UL Solutions 或客户的实验室</p> <p>部分测试以全功率进行</p> <ul style="list-style-type: none"> • 测试计划 • 测试 • 认证 <p>机组数据表, 测试报告</p> <p>ProductIQ (QIKH, QIKP, QIIP)</p> <p>是。等待审核变更</p>
检验	<p>是。等待审核变更</p> <p>这些数据反映的是该标准的 2024 版本。如需更多更新版本, 请联系我们或参阅标准文件。</p>

计量和控制	要求
测量精度和方案	电压, RMS ($\pm 1\%$ Vnom) 频率 (10 mHz) 有功功率/无功功率 ($\pm 5\%$ Srated) 时间为测量持续时间的 1%
频率调节	参见第 5.5 章频率干扰响应测试
电压调节	参见第 5.4 章电压干扰响应测试
孤岛效应	需要防止孤岛效应
电力质量	谐波、直流注入、同步、互连完整性 (EMI)
发电厂控制器	选配
互操作性	是。 IEEE 2030.5, SunSpec Modbus, DNP3

北美洲

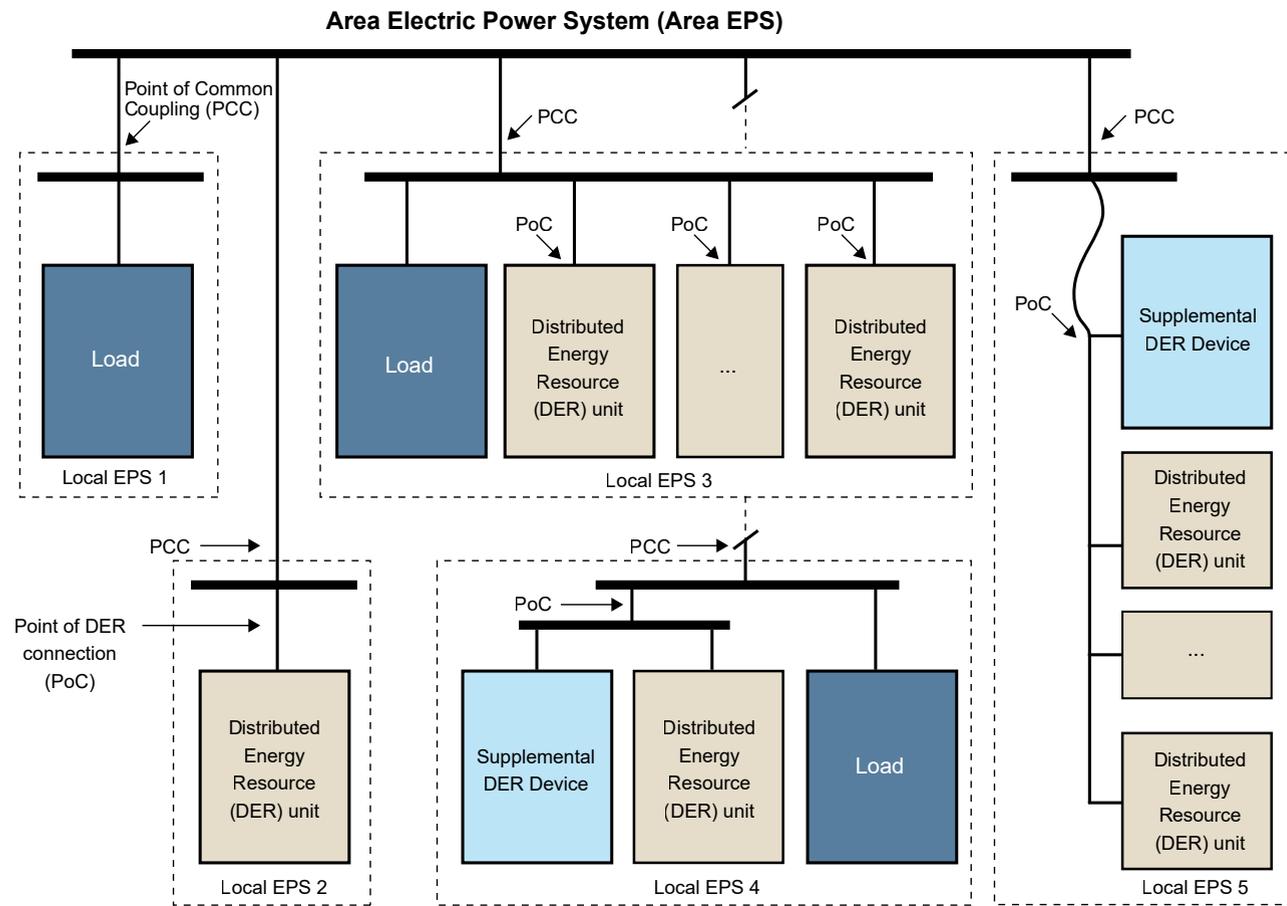


图 11: 区域电力系统的定义

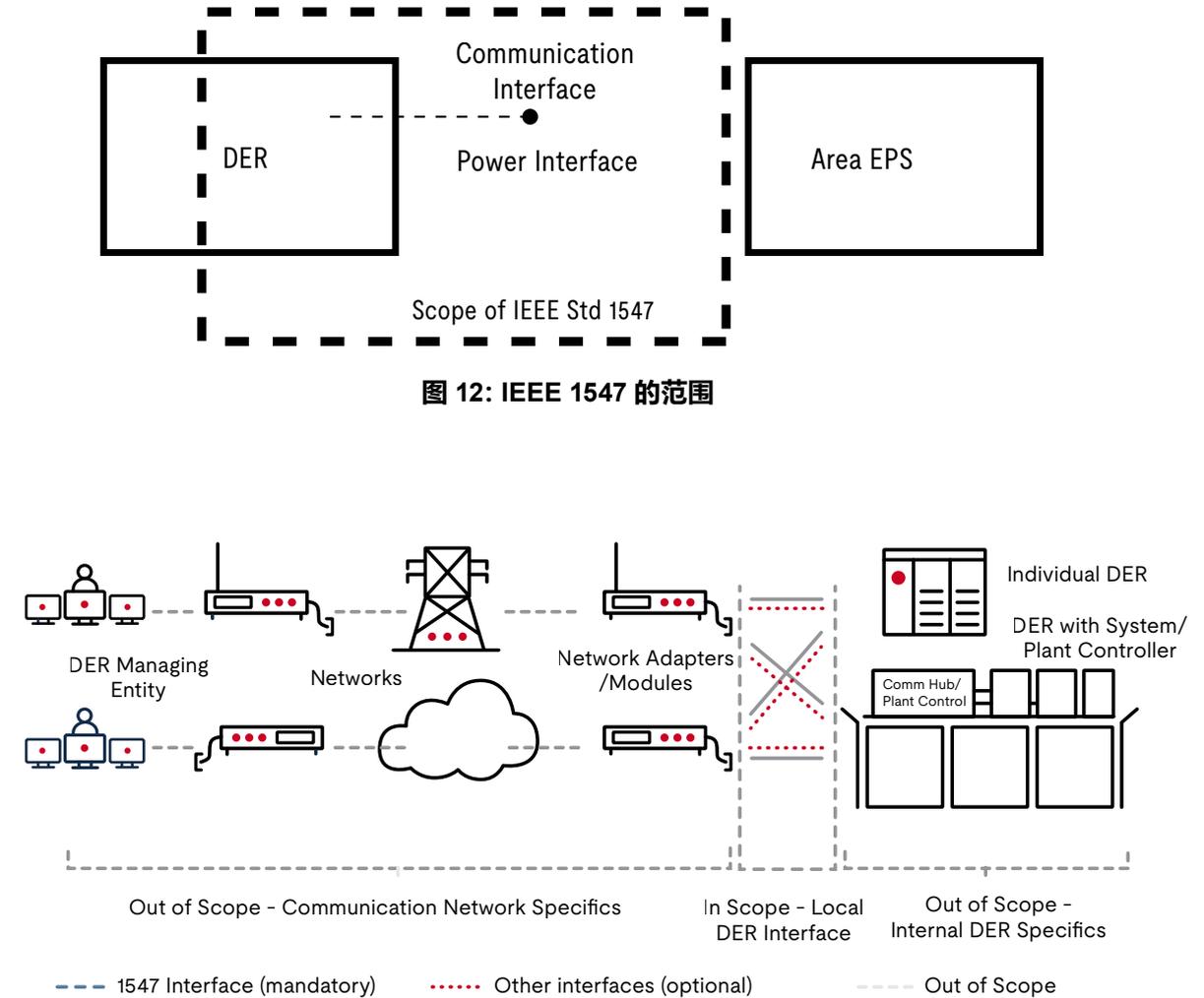


图 12: IEEE 1547 的范围

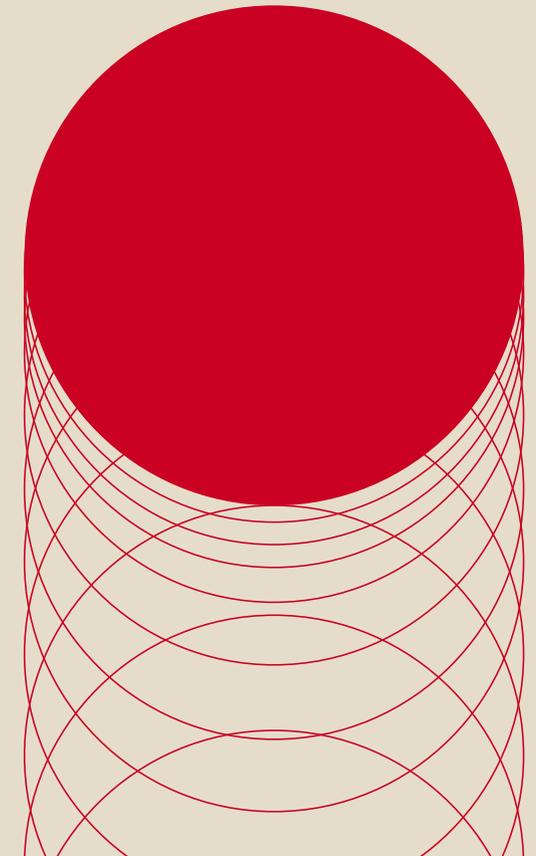
图 13: 互操作性要求

根据上述国家标准详细说明这些示例。有关详细信息，请联系我们或参阅标准文件。

与 UL Solutions 合作, 助力优化 电网运行规范合规性 (GCC)

UL Solutions 为能源设备制造商和发电厂开发商提供综合性的电网运行规范合规性评估服务, 助力应对一系列标准、发电单机和系统的认证要求, 包括:

- 光伏逆变器
- 风力发电机
- 储能系统变流器
- 双向电动汽车充电器
- 热电联产 (CHP) 发电机
- 微型水力发电机
- 同步发电机
- 发电厂控制器
- 园区太阳能电力系统
- 风力发电装置
- 储能应用
- 微电网
- 分布式能源 (DER) 系统



通过为能源设备和电力系统提供电网运行规范合规性评估服务，我们已成功地为 200 多个可再生能源项目提供了评估，助力装机容量增长超过 9GW。

UL Solutions 不仅能在位于西班牙、德国和美国的实验室中提供电网运行规范合规性评估服务，还能通过本地目击的方式提供此类服务，相关资质已获得德国国家认证机构 **DAkkS**、西班牙国家认证机构 **ENAC No.1** 和 **ENAC No.2**、美国 **a2La** 和 **OSHA** 以及其他 ISO 17065 或 ISO 17025 标准合规机构的认可。

我们凭借在全球电网运行规范方面的专业知识、数十年的丰富经验以及为复杂项目提供电网运行规范合规性评估的能力，助力优化评估流程。

如需商谈您的项目，请立即发送邮件至 GCC.info@ul.com，与我们联系。



[UL.com/Solutions](https://www.ul.com/solutions)

© 2025 UL LLC. 保留所有权利。

1781420

全球电网运行规范全景图

UL Solutions 提供综合性评估服务, 助力全球电网运行规范合规性管理。

