

ICS 点击此处添加 ICS 号
点击此处添加中国标准文献分类号

NB

中华人民共和国能源行业标准

XX/T XXXXX—XXXX

微电网运行与控制技术条件

Guidelines for Microgrid Operation (and Control)

IEC TS 62898-2, IDT

(征求意见稿)

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

国家能源局

发布

目 录

前 言	2
1 范围	3
2 规范性引用文件	3
3 术语和定义	4
4 运行模式	7
5 微电网的控制	9
6 通信与监测	14
7 储能系统	15
8 微电网保护的原则	16
9 微电网电能质量和电磁兼容	17
10 微电网的维护和测试	18
附录 A（资料性附录） 业务用例 A（针对 IEC TS 62898-1 的补充） 名称：旨在提高电网可靠性、保证处于孤岛模式下全部或部分负荷电能供应的微电网	19
附录 B（资料性附录） 业务用例 B（针对 IEC TS 62898-1 的补充） 名称：利用可再生能源为偏远地区供电	22
附录 C（资料性附录） 业务用例 C（针对 IEC TS 62898-1 的补充） 名称：在并网模式下，通过优化储能、可调度负荷和发电机等资源和对电网提供辅助服务等方式减少微电网用户能源成本。.....	24
附录 D（资料性附录） 业务用例 D（针对 IEC TS 62898-1 的补充） 名称：优化地区资源为电网防灾准备提供服务	26
附录 E（资料性附录） 各分布式能源并网标准关于功率因数的要求	27

前 言

本部分为微电网规划与控制系列标准中的第二部分。

本部分使用翻译法等同采用IEC/TS 62898-2《微电网项目运行与控制技术条件》。

本部分按照GB/T 1.1—2009给出的规则起草。

本部分由全国电压电流等级和频率标准化技术委员会（SAC/TC1）提出并归口。

本部分主要起草单位：XXXX

本部分主要起草人：XXXX

微电网运行与控制技术条件

1 范围

本部分提出了微电网运行与控制的导则。所指微电网是包含分布式能源（DER）和负荷的中、低压交流电力系统，不包括直流微电网。

微电网分为独立型微电网和并网型微电网。

独立型微电网与电力系统之间没有电气连接，且仅运行于孤岛模式。

并网型微电网可作为一个可控单元与电力系统连接并可工作于以下两种模式：

——并网模式；

——孤岛模式。

本部分提出的导则旨在提高微电网的安全性、可靠性和稳定性。

本部分适用于微电网的运行与控制，包括：

——运行模式和模式转换；

——微电网的控制和能量管理系统；

——通信和监测过程；

——电储能；

——保护原则，包括：独立型微电网和并网型微电网的保护、反孤岛保护、同步和重合闸、电能质量；

——调试、维护和测试。

注1：本部分不涉及人员安全，人员安全的相关要求参见 IEC TC64 和 TC99 的相关标准。

注2：地方法律法规有权否决本部分技术要求。

注3：保护部分涉及微电网的主要保护类型、变流器和旋转电机故障分析、保护类型的选择、常规技术要求、整定值的设定原则等内容将在 IEC TS 62898-3-1 中做详细规定。

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。

IEC 61000（所有部分） 电磁兼容性(EMC)

IEC 61850-3 电力自动化的通信网络和系统 第3部分：基本要求

IEC 61850-4 电力自动化的通信网络和系统 第4部分：系统及规划管理

IEC 61850-5 电力自动化的通信网络和系统 第5部分：功能模块和设备的通信要求

IEC 61968-1 电力公司应用集成 配电管理系统接口 第1部分：接口架构与通用要求

IEC 62749: 2015 公用电网电能质量限值及评估方法

IEC 62786:2017 分布式能源与电网互连技术要求

IEC 62898-1:2017 微电网 第1部分 微电网项目规划与设计导则

IEC/TS 62913-2-1: 通用型智能电网规范要求 第2章第1节 电网相关领域

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1 防孤岛保护 anti-islanding protection

防止分布式能源向非计划孤岛供电的一种保护功能或保护功能的组合。

注：该保护功能包括检测导致非计划孤岛的系統特性。

[IEC 60050-617:2017, 617-04-19]

3.2 黑启动 black start

电力系统停电后通过内部电源实现启动。

[IEC 60050-617:2017, 617-04-24]

3.3 变流器 converter

实现一种或多种电能特性变换的装置。

注：电能相关的特性包括电压、相数、频率（包括零频率）等。

[IEC 60050-151:2001, 151-13-36, 修改-删除术语里的“电能”]

3.4 分布式能源 distributed energy resource (DER)

与中、低压电网相连的电源以及具有发电模式的负载（例如电能储存系统），及其相关的辅助、保护和连接设备。

[IEC 60050-617:2017, 617-04-20]

3.5 分布式发电 distributed generation

与配电系统相连接的电源。

[IEC 60050-617:2009, 617-04-09, 修改-删除术语里其他常用词“embedded generation”和“dispersed generation”]

3.6 配电网 distributed network

实现把电能从变电站输送到用户的公用电网设备，包括杆塔、变压器、断路器、继电器、隔离开关、输电线等。

注：配电网额定电压一般最高为35kV。

3.7 配电系统运营商 distribution system operator (DSO)

运营配电系统的机构。

[IEC 60050-617:2009, 617-02-10]

3.8 电储能系统 electrical energy storage (EES)

该装置可以吸收电能，这些电能可以被储存一段时间并且被释放，过程中可能伴随着能量形态的转换。

例如：一种可以通过电解氢来消耗交流电能、储存氢气并且利用氢气来产生交流电能的装置。

注：EES也可以表示设备在执行定义中功能时的行为。

3.9 电磁兼容 electromagnetic compatibility (EMC)

设备或系统在电磁环境中能正常工作，且不对该环境中其他设备产生电磁干扰的能力。

[IEC 60050-161:1990, 161-01-07]

3.10 电磁干扰 electromagnetic disturbance

任何可能引起装置、设备或系统性能降低或者对生物或非生物产生不良影响的电磁现象。

[IEC 60050-161:1990, 161-01-05]

3.11 高压 high voltage (HV)

常规采用的阈值以上的电压。

[IEC 60050-151:2001, 151-15-05]

3.12 计划孤岛 intentional island

计划中的自动保护或者电网调度员的人为操作，或者二者同时发生而产生的孤岛，目的是保障对电力系统的某一部分持续供电。

[IEC 60050-617:2017, 617-04-17]

3.13 互联（电力系统的） interconnection (of electric power systems)

在电力系统之间，通过线路和（或）变流、变电等设备的连接进行电能交换。

[IEC 60050-617:2009, 617-03-08]

3.14 孤岛（电力系统中的） island (in an electric power system)

在电力互联系统中，与其余部分断开但仍保持持续供电的电力系统的一部分。

注1：孤岛可以是自动保护装置动作产生，也可以由人为操作产生。

注2：电源和负载可以是用户拥有的和/或公用电网的。

[IEC 60050-617:2009, 617-04-12, 修改-术语中删除了“电力系统里”，增加了第二条注释]

3.15 独立型微电网 isolated microgrid

由多个负载及分布式能源互相连接组成的本地电力系统，其电压为配电电压等级，暂时不能与更大电力系统进行连接。

注1：独立型微电网通常设计用于对岛屿或者偏远农村的供电

注2：能和公用电网连接运行的微电网叫并网型微电网

[IEC 60050-617:2017, 617-04-23, 修改-增加了第二条注释]

3.16 低压 low voltage (LV)

低于常规采用的电压限值的电压。

注：交流配电系统中，其上限通常是 1000V。

[IEC 60050-601:1985, 601-01-26]

3.17 中压 medium voltage (MV)

低压和高压之间的所有电压等级

注：配电系统中的中压一般指高于1000V和低于35kV（含）的电压。

[IEC 60050-601:1985, 601-01-28, 修改 — 删除了术语的适用范围]

3.18 微电网 microgrid

具有明确电气边界的多个分布式能源和负载互联形成的单一可控的系统,既可以运行于并网模式也可以运行于孤岛模式。

注: 这个定义既包括公用的配电微电网, 也包括用户自有的微电网设施。

[IEV 617-04-22]

3.19 微电网能量管理系统 microgrid energy management system

微电网中对电源和负载进行运行和控制的系统

[IEV 617-04-25]

3.20 标称值 nominal value

用以标志和识别一个元件、器件、设备或系统的量值。

注: 标称值一般是一个修约值。

[IEC 60050-151:2001, 151-16-09, 修改 — 删除了术语的适用范围]

3.21 并网点 point of connection (POC)

电力系统中和用户电气设备相连接的基准点。

注: 本标准中的并网点指微电网并入公用电网的并网点。

[IEC 60050-617:2009, 617-04-01, 修改—增加注释]

3.22 功率因数 power factor

在周期状态下, 有功功率P的绝对值与视在功率S的比值:

$$\lambda = \frac{|P|}{S}$$

[IEC 60050-131:2002, 131-11-46, 修改—删除注释]

3.23 电能质量 power quality

用一组作为基准的技术参数, 对电力系统中给定点的电流、电压、频率等特性参数进行评价。

注: 某些情况下, 这些参数与电力系统中电能的提供, 以及连接到电力系统中的负荷的兼容性有关。

[IEC 60050-617:2009, 617-01-05]

3.24 可靠性 reliability

电力系统在给定条件下按特定要求运行一段时间的可能性。

注1: 可靠性衡量了电力系统持续不间断供电的能力。

注2: 可靠性是电力系统设计和运行的总体目标。

[IEC 60050_617:2009, 617-01-01]

3.25 可再生能源 renewable energy

持续可用且永不枯竭的能源。

注1: 可再生能源的例子包括风能、太阳能、地热能、水力发电。

注2：化石能源是非可再生能源。

[IEC 60050-617:2009, 617-04-11]

3.26 安全性 security

电力系统运行在可信事件下不会导致负荷切断、系统设备超过极限应力、母线电压和系统频率超过限值、系统不稳定、电压崩溃，或连锁故障的能力。

注1：安全性可以用一个或多个适当的指标来评价。

注2：该概念通常适用于大容量电力系统。

注3：在北美，该概念通常只基于不稳定性、电压跌落和连锁故障来定义。

[IEC 60050-617:2009, 617-01-02]

3.27 非计划孤岛 unintentional island

电网调度人员没有预期到的情况下形成的孤岛

[IEC 60050-617:2017, 617-04-18]

4 运行模式

4.1 概要

微电网应根据具体的应用需求来设计，并且其运行应参照 IEC/TS 62898-1 中定义的高级用例。

注：附录A-D是微电网业务用例的补充说明材料。

4.2 并网型微电网

4.2.1 基本要求

孤岛模式下，应确保敏感负荷的正常运行，并且不损害公用电网的完整性和安全性。微电网在切换运行模式的过程中，电压和频率宜保持在可接受的范围内，并且保护系统应可靠动作。

4.2.2 并网模式

4.2.2.1 基本要求

分布式能源以及微电网内其他元件应遵循分布式能源并网要求。不论微电网的拓扑结构以及并网点和分布式能源接口保护的接口设置如何，分布式能源应能够在IEC/TS 62786规定的工作范围内运行。

并网模式下，微电网作为一个整体应遵循与微电网内分布式能源相同的要求。

4.2.2.2 电压响应特性

并网模式下，工作电压的要求应参考IEC/TS 62786。根据当地的要求，容量高于一定水平的分布式能源应具备承受系统电压偏差的能力。

4.2.2.3 频率响应特性

并网模式下，运行频率的要求应参考IEC/TS 62786。根据当地的要求，容量高于一定水平的分布式能源应具备承受系统频率偏差的能力。

4.2.3 孤岛模式

4.2.3.1 电压响应特性

并网模式与孤岛模式下，为保证电压偏差在允许范围内，应及时调节微电网内分布式能源的有功与无功，从而控制输出电压。并网模式下，公用电网和分布式能源都可以调节微电网电压。

当微电网电压越限时，分布式能源应及时做出响应。

当微电网运行在孤岛模式时，应考虑以下重要因素：

- a) 电容器组、电压调节器、电抗器、保护设备、不同容量及连接的变压器等辅助设备应正常运行；
- b) 负荷在稳态情况下的特性；
- c) 对非正常电压的承受能力；
- d) 配电网及微电网的特性，例如接地方式、等效电源短路阻抗、电压调节器、保护系统结构和自动控制方式等；
- e) 测量、信息交换、电压控制系统等及其要求；
- f) 系统允许的动态稳定限值及无功备用。

4.2.3.2 频率响应特性

并网型微电网运行在孤岛模式时，应具备负荷跟随能力。孤岛模式下应通过分布式能源和负荷管理手段来满足负荷需求，且分布式能源的容量应足够大以确保重要负荷的正常运行。

孤岛模式下，应至少有一个（或一组）可控的分布式能源来提供参考频率。孤岛模式下的变流器控制系统的响应特性应与并网模式相同。除了分布式能源的有功输出外，还可通过储能设备响应和切负荷等手段调节频率，将频率控制在允许的范围。

微电网运行在孤岛模式时应满足如下要求：

- a) 分布式能源输出功率和负荷功率之间的功率平衡；
- b) 频率测量和调节能力；
- c) 负荷跟随、负荷管理、切负荷；
- d) 负荷剧烈变动、分布式能源退出或其它内部故障时，维持系统暂态稳定的能力。

在低压条件下，应考虑 $Q(U)$ 和 $P(f)$ 不能实现解耦的情况。

4.2.4 并网型微电网的模式切换

4.2.4.1 基本要求

并网型微电网从并网模式切换到孤岛模式分为两种情况：计划孤岛切换和非计划孤岛切换。计划孤岛时微电网应能够实现无缝切换。当公用电网系统发生故障导致并网点电能质量超过限值，使微电网被动离网，称为非计划孤岛切换。微电网可具备黑启动能力，模式切换失败时可进行黑启动。

如果在开断的瞬间，有充足的工作在 U/f 模式的分布式能源处于并网状态，并有一个快速切负荷系统迅速地将负荷量与孤岛的发电容量相匹配，则微电网具有维持可接受的电压连续性的能力。否则，微电网将终止操作，并需要一个黑启动操作序列来重新启动。

4.2.4.2 并网模式切换到孤岛模式

在分布式能源能够满足微电网内重要负荷的供电要求条件下，并网型微电网可从公用电网断开并运行于孤岛模式。对于计划孤岛切换，切换时间和过渡过程需要与相关方面进行协调。

为避免系统出现严重的电压波动，微电网应配有足够容量的无功补偿装置。主要分布式能源应运行于 $Q(U)$ 模式为系统提供电压支撑。

为避免系统出现严重的频率波动，微电网应具备有功功率自动调节能力。主要分布式能源应运行于 $P(f)$ 模式为系统提供频率支撑。

4.2.4.3 孤岛模式切换到并网模式

孤岛模式下,微电网应通过同期继电器检测公用电网的电压幅值、频率和与微电网之间的相位差值。当从孤岛模式切换到并网模式时,应采用同步控制方法,使电压幅值和频率向期望方向调节。当公用电网和微电网之间的电压幅值、频率和相角的差值在允许范围内时,同期继电器可以闭合接口开关,完成微电网从孤岛模式到并网模式的切换。

当微电网不具备上文所要求的能力时,应等到下次满足同期条件时再进行同步控制。如果需要紧急同步,同步并网控制应切除连接的分布式能源,使微电网不再带电然后再闭合接口开关。当微电网用户可以接受同期条件之外闭合接口开关的影响,且取得相关电网调度许可,即使微电网不完全满足同步条件也可闭合接口开关。

4.3 独立型微电网

4.3.1 一般要求

当大量可再生能源接入后,独立型微电网应能保证一定水平的电能质量和可靠性。

4.3.2 独立型微电网的结构

独立型微电网仅包括分布式能源、负荷和其它的控制及监视设备,与公用电网没有任何电气连接。独立型微电网的架构应满足如下要求:

- a) 应确保系统运行的稳定性和安全性;
- b) 如有重要负荷应为其提供稳定的供电;
- c) 应尽可能提高系统运行的经济性。

4.3.3 电压响应特性

当独立型微电网的电压超过限值时,分布式能源应及时响应以确保系统可靠性。分布式能源应具备承受一定时间异常电压的能力。除非电压偏差超出允许范围,否则保护装置不应将微电网内的分布式能源切除。同时,电储能系统应能及时提供足够的无功功率以减少电压偏差。

4.3.4 频率响应特性

独立型微电网内应至少有一个可控的分布式能源为其提供频率支撑。当频率超出限值时,分布式能源应及时响应以确保电能质量以及保证供电可靠性。同时,电储能系统应及时提供充足的有功功率以减少系统的频率偏差。

5 微电网的控制

5.1 基本要求

微电网控制结构可具有多个层次。例如,微电网的主要控制系统是每一个单元的本地下垂控制,该控制可采用比例控制(P控制)。中央控制器是一个次级控制回路,该控制可采用积分控制(I控制)。每种控制模式是对局部测量的频率和电压做出反应。需要通过中央控制来达到协调和优化的目的,在重新同步之前还需要保证稳态精度。微电网通过接口开关接入公用电网。

在并网模式下,能通过监测、信息交换、控制来优化分布式能源的运行,并控制微电网和公用电网之间的潮流。

在孤岛模式下，应有足够的满足本标准相关规定的分布式能源对微电网电压、频率和相角的控制提供支持。当微电网重新接入公用电网时，应在一定的观测时间内对微电网和公用电网在接入点的状态进行监测，以检查是否满足同步条件。当所有这些条件都满足时，微电网才能重新并网。

注：工作于并网模式或孤岛模式下的并网型微电网是否具有黑启动能力取决于它对于公用电网的地位和作用。

在独立型微电网中，应考虑以下几点：

- 有功功率和无功功率必须保持平衡；
- 频率和电压应在允许的范围内进行调节；
- 能采用诸如负荷跟随、负荷管理和切负荷等技术措施；
- 应提供分布式能源的动态响应；
- 分布式能源宜有足够的有功、无功容量和快速响应特性；
- 独立型微电网自身应具备黑启动能力。

图1和图2分别给出了并网型微电网和独立型微电网的典型架构。

能量管理系统主要功能应包括气象预报、分布式能源发电预测、负荷预测、发电计划和调度等，同时可对数据进行管理，并显示运行状态信息。

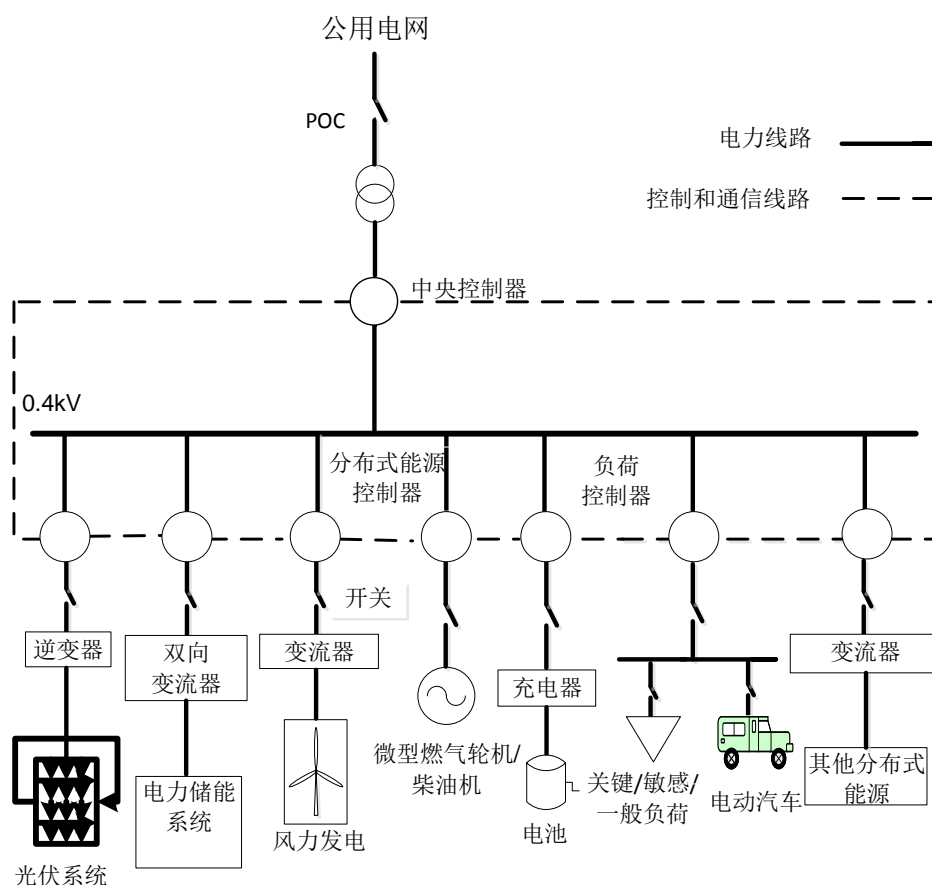


图1 并网型微电网的架构示例

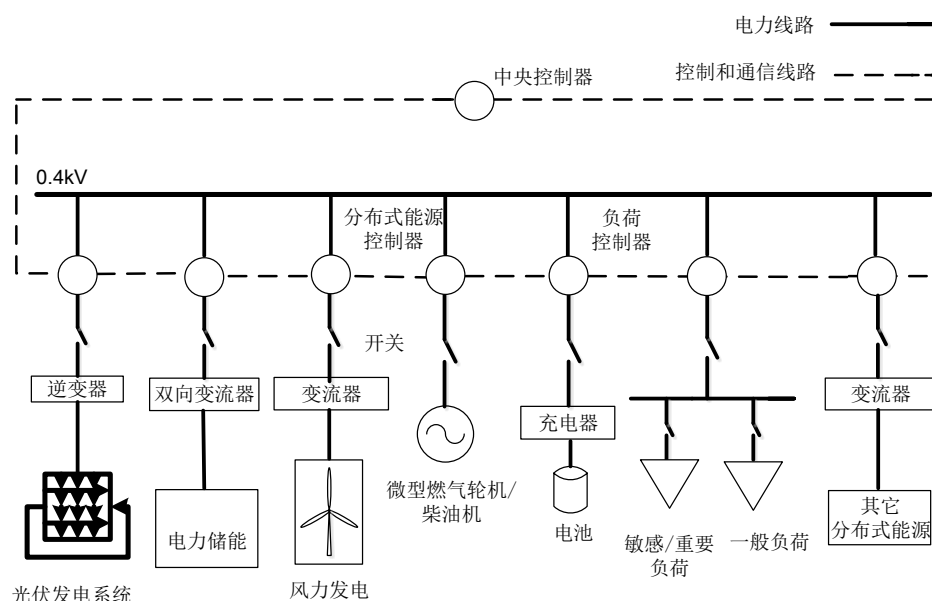


图2 独立型微电网的架构示例

5.2 并网型微电网的控制

5.2.1 并网模式的控制

5.2.1.1 有功功率控制和频率调节

微电网的频率应通过公用电网的有功功率来调节。

除非配电系统运营商对微电网有特殊要求，否则并网模式下的微电网不应参加频率调节。

在这种运行模式中，并网点的潮流是双向的，这意味着微电网可以向公用电网注入或从公用电网吸收电能。结合切负荷的能力，微电网也能够为公用电网提供辅助系统服务。

5.2.1.2 无功功率控制和电压调节

在并网模式下，并网点的功率因数可在一定范围内由公用电网和微电网调节，也能在指定时间内超出该范围。对于一个小容量的微电网， Q/U 的方法是可行的。微电网在孤岛模式下的功率因数则由负荷或功率因数补偿装置（如电容器组或有源滤波器）调节。微电网应具备无功功率调节功能。在某些情况下，需要通过无功补偿设备把公用电网的电压调节到正常范围内。功率因数应在允许范围内进行调节，具体参数可参照表E.1。当公用电网在稳态运行时，有多个无功功率控制方法为微电网提供静态电压支撑：

- 恒功率因数 λ ；
- 无功功率与有功功率的函数关系 $Q(P)$ ；
- 恒无功功率 Q_{fix} ；
- 无功功率与电压的函数关系 $Q(U)$ ；
- 无功功率同时与有功功率和电压的函数关系 $Q(P, U)$ 。

微电网应根据调度的需求运行于上述任一种模式，以便提供运行曲线或目标设定值，同时确保功率因数在所规定的范围内。

配电系统运营商能提供功率因数的特性曲线，该曲线（ λ -P）可定义为与有功功率的函数关系。配电系统运营商可要求它在固定功率因数下运行；在某些情况下还需要采取补偿措施。当公用电网电压处于不稳定状态，配电系统运营商应提供无功功率的特性曲线，该曲线被定义为与电压有关的函数关系。

分布式能源的无功功率必须是可调节的。它需要有在特定时间范围内调整无功功率输出的能力，并满足提供无功的频次要求。如果由配电系统运营商指定特性曲线，分布式能源应自动满足由该特性曲线计算得到的无功功率要求。

当配电系统运营商允许时，微电网可以辅助服务的方式参与并网点电压的调节。根据本标准，功率因数需在配电系统运营商提供的许可范围内调整。

微电网和公用电网的整合会对公用电网的电压产生影响。结合公用电网运行的需求，配电系统运营商可改变低压配电网中分布式能源的电压调整量。

为了满足公用电网的要求，微电网应参与中压电网的稳态电压控制。异步电机、变流器类型的分布式能源，尤其是永磁直驱风力发电机，应能通过控制无功功率参与中压并网点的电压调节。功率因数的范围与各种分布式能源的调节能力相关。

5.2.2 孤岛模式的控制

孤岛模式的运行控制策略应与孤岛模式的运行方式一致。

微电网在孤岛模式下可采用如下四种基本的控制策略：

- a) 集中控制。在此控制模式下，通过中央控制器和分布式的可控设备之间的主从控制结构，中央控制器向微电网整个系统发出指令；
- b) 分散控制。这种控制方式是通过各独立控制设备之间的相互通信来实现。该策略使用安装在重要位置的智能设备来检测状态条件并执行相关操作；
- c) 分层控制。集中控制与分散控制相结合的控制方法；
- d) 自主控制。这种控制可独立完成，不需要与其他设备通信。

在微电网的孤岛模式中，至少应有一个分布式能源采用U/f控制，以维持电压和频率，而其它的分布式能源应采用P/Q控制方式。分布式能源的电压控制器应与系统中的其他调节装置协调运行。这需要不同类型的控制，来给定各分布式能源、无功补偿设备及电压调节器的整定值，维持所需的电压分布特性。

5.3 独立型微电网的控制

独立型微电网和运行于孤岛模式下的并网型微电网，二者的稳态控制运行是不同的。

- a) 独立型微电网中储能容量占分布式能源容量的百分比应该远大于孤岛运行模式下储能容量占总分布式能源容量的百分比；
- b) 根据负荷侧的要求，独立型微电网可接受电能质量与孤岛模式下可接受电能质量是不同的；
- c) 独立型微电网一般根据负荷的要求运行于自给自足和独立的状态，而并网型微电网孤岛运行模式仅在有限的时间段内运行；
- d) 从控制的角度来看，即使二者有诸多共同点，它们的控制策略也不同；
- e) 需实时监测并网型微电网运行于孤岛模式下的电压和频率以便于重新并网。

独立型微电网中的分布式能源应具有频率调节的能力。根据图3，如果独立型微电网的频率超出调节范围，分布式能源不应调节有功功率。在规定的精度和时间内，分布式能源应根据频率变化尽可能快调整有功功率。一旦无法满足这些要求时，应保持该有功功率输出恒定。

在图3中，频率的阈值可根据负荷需求由独立型微电网提供。在 f_4 和 f_H 之间，当频率升高时应降低分布式能源的功率，其对频率响应的整体效果，宜遵循右半侧的下垂曲线。类似地，在 f_3 和 f_L 之间，当频率降低时应增加分布式能源的功率，也可调节或切除（甩负荷）可中断负荷，宜遵循左半侧的下垂曲线。

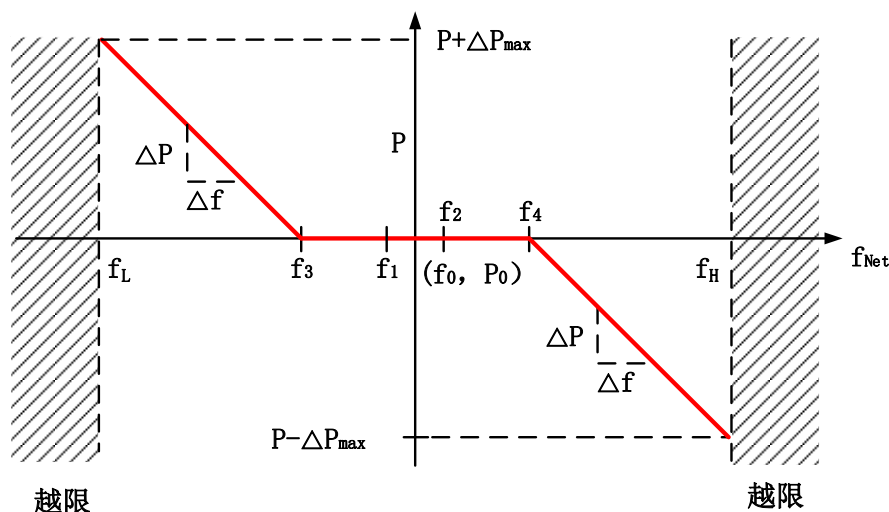


图3 独立型微电网的 P - f 控制

f_{Net} 是系统频率，表1给出了其它参数的值。

表1 范例：50Hz 下微电网频率响应的示例

参数	值	参数	值
f_0	50.0 Hz	f_4	50.5 Hz
f_1	49.95 Hz	f_L	47.0 Hz
f_2	50.05 Hz	f_H	53.0 Hz
f_3	49.5 Hz		

注：表1的示例值（参考文献[21]）是适用于独立型微电网的一个示例。

容量高于例如100kVA的分布式能源应根据调度指令来限制其有功出力。在正常运行状态下，分布式能源有功功率调节速率不应超过给定的变化率（例如每分钟最大有功输出的10%）。当频率满足 $f_{Net} < f_L$ 或者 $f_{Net} > f_H$ 时，分布式能源应从微电网断开。当微电网的频率满足 $f_3 \leq f_{Net} \leq f_4$ 时，不限制分布式能源的输出功率。当频率满足 $f_L \leq f_{Net} < f_3$ 时，分布式能源应在其容量范围内增加其输出功率，以弥补微电网频率下降。当频率满足 $f_4 < f_{Net} \leq f_H$ 时，如果频率上升分布式能源必须减少输出的有功功率。

由独立型微电网提供有功功率梯度和阶跃响应的最大时间设定值。微电网用户对阶跃响应时间的要求取决于其技术可行性。分布式能源具有快速响应特性（例如基于变流器的电储能），应在最大阶跃响应时间内做出反应。当反应较慢的分布式能源（例如燃气轮机、内燃机、水轮机）在技术上无法满足该要求时，应将其切除。

分布式能源有功功率的变化应满足独立型微电网安全和稳定运行的要求。

因为没有公用电网的支持，独立型微电网中应有高可靠性的一个或多个（或一组）分布式能源工作在U/f模式，以保持电压和频率的稳定性。同时，应有一个暂态稳定控制系统，以保证在临界稳定状态运行的独立型微电网的稳定性。

注：考虑到风力发电机和光伏阵列输出功率的波动性，它们不能工作在U/f模式。如选择一个储能装置，其容量应足够大。

6 通信与监测

6.1 一般要求

微电网中的分布式能源应具备与监测系统之间的数据通信能力。监测系统应能收集微电网中实时运行情况，同时并网型微电网应具备接收公用电网调度指令的能力。对于微电网，系统内的运行情况也应实时监测与记录。

当并网型微电网运行在并网模式时，微电网与公用电网调度部门之间的数据通信应包括遥测、遥感、远程控制和远程调节等，并满足相关通信规约和调度系统的要求。

6.2 微电网通信

6.2.1 一般要求

微电网通信系统应从配电网系统、微电网系统以及微电网系统内部各设备接收信息，并向设备发送信息。除此关键功能外，还应包括通信安全措施，以防止偶发性错误、电力系统设备故障、通信设备故障及人为故障等。

微电网内采用的不同通信协议应相互协调，为了连接不同设备，通信系统应兼容不同通信网络与通信协议。本章内容基于现有或即将发布的标准与应用需求，微电网的实际工程中宜采用被公认为智能电网领域核心标准的IEC 61850-3, IEC 61850-4, IEC 61850-5和IEC 61968-1协议。

6.2.2 并网型微电网与公用电网间通信

并网型微电网与公用电网间通信应满足下述要求：

- a) 微电网应与公用电网进行实时通信，包括电压、电流以及功率信息；
- b) 当公用电网需要微电网提供功率支撑时，微电网将从公用电网接收调度指令；
- c) 切换运行模式时，若是计划孤岛，微电网应向公用电网发送动作信号，公用电网应给予响应；若是非计划孤岛，微电网可不向公用电网发送信号。

6.2.3 微电网内部通信

微电网内部的通信与数据交互对微电网的安全、稳定、可靠运行至关重要。所以各分布式能源、重要负荷及中央控制器等之间应可以进行数据交换。

注：微电网系统中与电力储能系统的通信极其重要。

6.3 分布式能源的监测

微电网中分布式能源监测的主要内容包括：

- a) 分布式能源的电压、电流；
- b) 分布式能源的有功功率、无功功率；
- c) 微电网中电储能系统的荷电状态；
- d) 微电网内分布式能源的故障状态。

并网型微电网监测的主要内容还应包括：

- a) 并网点处的电压、电流；
- b) 微电网与公用电网间的有功和无功传输。

6.4 并网型微电网开关设备的监测

考虑继电保护、安全自动装置、自动化系统和其它服务需要，监测系统应满足相关电力通信要求。并网型微电网监测系统开关设备的内容应包括：

- a) 微电网中变压器分接头位置、断路器开关状态；
- b) 微电网并网点的主变压器设置及断路器开关状态；
- c) 分布式能源的开关状态。

6.5 独立型微电网开关设备监测

考虑继电保护、安全自动装置、自动化系统和其它服务需要，监测系统应满足电力通信要求。独立型微电网监测系统开关设备的内容应包括：

- a) 微电网中变压器分接头位置及断路器开关状态；
- b) 分布式能源开关状态。

7 储能系统

7.1 并网型微电网中的电力储能

7.1.1 并网模式下对电力储能的要求

- a) 并网模式下电力储能系统应采用 P/Q 控制模式。储能系统的功率设定值应保障公用电网的电能质量。在这种情况下，电力储能系统可保障微电网向公用电网平滑输出功率；
- b) 根据系统要求（或 EMS 指令），电力储能系统应向公用电网吸收或发出有功/无功，保证微电网内部及并网点潮流的稳定；
- c) 并网模式下，微电网的电压与频率由公用电网支撑，此时电力储能系统可停止充放电，尤其是在负荷平稳状态。

7.1.2 孤岛模式对电力储能的要求

- a) 当并网型微电网处于孤岛模式下，是否拥有黑启动能力可能不是必要的，但是电力储能系统对于黑启动过程中是十分重要的。如果系统无其它主要电源如微型燃气轮机或柴油发电机，容量最大的电力储能应采用 U/f 控制模式，对系统电压及频率做支撑；
- b) 当分布式能源输出功率不能满足负荷需求时，电力储能可以作为发电装置对系统进行有功和无功功率支撑；当分布式能源输出功率超过负荷需求时，电力储能系统可作为负荷对其进行充电。如果电力储能系统作为发电装置仍不能满足系统的负荷平衡，系统将根据负荷需求和电力储能装置的容量将不可避免地采取甩负荷措施，即使一些重要性和敏感性负荷也不能被供应。

7.1.3 模式切换时对电力储能的要求

- a) 当微电网从并网模式切换到孤岛模式时，暂态过程可能导致微电网系统不稳定。电力储能系统变流器和暂态稳定控制系统快速切换，以保证系统的稳定。应选择足够大的电力储能系统，保证微电网的稳定运行；
- b) 当微电网从孤岛向并网模式切换时，电力储能系统变流器应及时检测公用电网电压幅值、相角和频率，并调节变流器输出电压幅值、相角和频率，以满足同步要求；

- c) 快速精确的检测可以减少微电网模式切换对敏感负荷和分布式能源的影响。应通过控制电储能满足严格的同步并网条件且减少微电网的冲击电流，确保微电网和公用电网的稳定运行；
- d) 如果电力储能系统是孤岛模式下的主支撑电源，当微电网从并网模式切换到孤岛模式时，控制策略应从 P/Q 控制模式切换为 U/f 控制模式，并且系统应具备反孤岛检测能力；
- e) 电力储能系统的高/低电压穿越要求应满足 IEC/TS 62898-1 相关要求。

7.2 独立型微电网中的电储能系统

独立型微电网中，电储能容量设置完全不同于处于孤岛运行模式下的并网型微电网，其容量应远大于处于孤岛运行模式下的并网型微电网，与具体电力储能系统种类有关。最少有一种旋转电机如微型燃气轮机或柴油发电机应采用 U/f 控制。若旋转电机不能或其故障停机，当储能类型不止一种时，其中容量最大的电储能系统应采用 U/f 控制，保证旋转电机不能快速响应、停机或故障情况下系统仍然能稳定运行。在电力储能系统变流器中，最大容量的变流器应采用 U/f 控制模式，以建立和维持系统电压和频率。独立型微电网应具备黑启动的能力，其中电力储能可起主要作用。

当分布式能源输出功率不能满足负荷需求时，电力储能应保证系统内重要性和敏感性负荷的有功和无功功率支撑。

当分布式能源输出功率超过负荷需求时，可对电力储能系统进行充电。

7.3 电力储能管理

电力储能管理系统应包括：

- a) 动态地检测电力储能系统中各个元件以及电力储能系统整体的工作状态；
- b) 评估电力储能系统中各部分的输出容量，保证电力储能系统功率平衡，并给出各部分及整体的荷电状态；
- c) 防止电力储能系统过充电或过放电；
- d) 提高电力储能系统安全性和可靠性；
- e) 延长电力储能系统寿命；
- f) 提高电力储能系统运行效率。

8 微电网保护的原则

8.1 基本要求

并网型微电网和独立型微电网应配置继电保护以保证其安全运行。当并网型微电网从并网模式向孤岛模式切换时，微电网保护应计及可靠性、选择性、灵敏性和速动性的要求并相应地重新设置保护整定值。

8.2 并网型微电网的保护原则

并网型微电网发生短路时，公用电网和微电网内部的分布式能源都会提供短路电流，保护的配置应充分考虑不同时刻下的网架结构。

8.3 并网型微电网的重合闸和同期

重合闸前微电网应与公用电网同期。

同期主要是指微电网内部元件（主要是分布式能源）的电压幅值、电压相角和频率与公用电网的电压幅值、电压相角和频率相同或相近。

对于微电网中同步电机型的分布式能源，其并网的同期参数设置应予以足够重视。

对于微电网中的异步电机类型的分布式能源，在达到同步转速前可由原动机拖动趋近同步转速。

公用电网的重合闸装置应在分布式能源满足并网条件时合闸。如果分布式能源与公用电网的重合方案不协调，则应改变微电网系统结构或改造并网点处的断路器。比如更换重合闸装置或安装上级闭锁继电器。

如果是由于故障造成断路器跳闸而形成的孤岛，微电网不应重合该断路器。不论是计划孤岛还是非计划孤岛，有时在重合闸之前孤岛微电网应停止运行。如果各分布式能源重新合闸，公用电网和微电网都应重新研究分布式能源的连接方式，并评估重合闸行为是否会对微电网的电压和频率造成影响。

8.4 独立型微电网的保护原则

微电网提供的短路电流应由其具体配置和网络结构决定。固态逆变器或者变流器可能导致小短路电流下传统保护继电器不能正确动作，应考虑使用特定算法进行辅助。某些情况下，主保护应采用光纤电流差动保护，后备保护应采用方向性或非方向性过电流保护。在线路的分布式能源侧，应安装纵联差动保护和过电流保护。

9 微电网电能质量和电磁兼容

9.1 并网型微电网的电能质量

当微电网连接到公用电网时，微电网不应应对微电网外的其他用户造成不可接受的干扰。

应考虑干扰因素包括：

- a) 电压波动和闪变；
- b) 50 次及以下的谐波；
- c) 50 次以下的间谐波；
- d) 高于 2kHz 的电压畸变；
- e) 电压暂降和短时供电中断；
- f) 电压不平衡；
- g) 暂态过电压；
- h) 工频变化；
- i) 直流分量；
- j) 载波信号。

并网点处电能质量参数应符合 IEC/TS 62749 的规定。

除非另有规定，在并网和孤岛模式下，对 IPCs（厂内耦合点）的电能质量应有相同的要求。

9.2 独立型微电网的电能质量

独立型微电网的电能质量要求可和并网型微电网不同，但是其中一些涉及安全性的参数应和并网型微电网保持相同的水平。

9.3 微电网的电磁兼容

设计微电网时应考虑电磁辐射和其对多种电磁干扰现象的抵御能力。设计和运行微电网时应考虑相关电磁兼容标准（例如 IEC 61000 系列标准及特定的产品标准）。

10 微电网的维护和测试

10.1 基本要求

制定独立型微电网和并网型微电网的维护和测试计划之前，微电网运行维护人员应与配电系统运营商协调。

微电网运行维护人员应根据设备情况对微电网的设备定期进行再评估。

10.2 维护

微电网应满足如下维护要求：

- a) 微电网的运行和管理部门应制定维护计划；
- b) 微电网的运行维护人员应为专业人员；
- c) 微电网运行人员应定期为维修计划提供运行信息，信息应包括：保护装置的状态、设备接地状态、其它安全设备及分布式能源的状态。应定期维护微电网，并且所有信息应被记录。

10.3 测试

微电网中的所有设备应满足以下测试要求：

- a) 测试过程的执行应遵循合适的安全规程、步骤并具有防范措施；
- b) 测试环境应该是设备制造商指定的合格运行环境；
- c) 测试结果宜与配电系统运营商的要求相协调，并满足所有分布式能源的要求。

附录 A

(资料性附录)

业务用例 A (针对 IEC TS 62898-1 的补充)

名称：旨在提高电网可靠性、保证处于孤岛模式下全部或部分负荷电能供应的微电网。

A.1 概述

本用例基于 IEC SyCSmartEnergy/32/CD，旨在和 IEC/TS 62913-2-1：通用型智能电网规范要求- 第 2 章第 1 节：电网相关领域保持一致。

A.2 运行及其相关技术问题

A.2.1 用例分解

本案例可分解为包含六种场景的四部分：

——第一部分：孤岛前（场景一）

——第二部分：在以下任一种场景下开始进入孤岛模式：

- 微电网自身电源计划断电或电网向微电网计划断电前处于预孤岛状态（场景二）
- 电网出现故障时微电网自动切换为孤岛状态（场景三）
- 电网故障后为恢复负荷供电进入黑启动状态（场景四）

——第三部分：处于孤岛状态（场景五）

——第四部分：与电网重连（场景六）

场景二仅适用于当上游设备计划检修或电网即将发生故障或参数越界时电网向微电网计划断电的情况（发生可能对架空线路构成损害的暴风雨、由于光伏的接入引起的本地电压越界、输电线路拥挤等这类常见的状况）。

场景三和场景四适用于电网发生非计划断电的情况。这两种场景之间如何选择取决于微电网自身的技术特性：自动进入孤岛模式对于用户来说是更好的方式，因为他们不会被中断供电，但是这种模式在技术上实现起来较为复杂，并且需要更多的设备和投资。

孤岛前、孤岛中以及重连到电网，这个过程对于以下任何一个场景都是相同的。

A.2.2 各场景描述

a) 孤岛前（场景一）

当微电网处于并网状态时，在正常的运行条件下，微电网管理者为使电网发生电力中断时能够进入孤岛状态并评估处于孤岛状态的时间，需监测电网的运行状态和微电网中不同种类的发电设备、储能系统、可控负荷以及其他柔性设备。微电网管理者应实时通知中压/低压系统调度员微电网发生孤岛的可能性。对于分布式微电网，在发生电力中断时，中压/低压系统调度员应批准微电网进入孤岛模式。

微电网管理者也应配置不同种类的发电设备、储能系统、可控负荷以及其他柔性设备，使它们在必要进入孤岛模式时处于最佳运行状态，用以配合其它运行状态。例如，为保证能够进入孤岛模式，应保留一定比例的储能系统处于充电状态，这些被保留的储能系统不应应用于其他用途。微电网管理者既可以通过直接控制的方式来配置发电设备、储能系统或可控负荷，也可以通过某一系统管理者（分布式能源运营商或电力储能运营商）来控制。

孤岛状态下的内部资源配置和孤岛持续时间估计应纳入微电网的负荷预测和出力预测。

g) 准备进入孤岛模式—预孤岛状态（场景二）

预孤岛状态可由以下任一情况引发：

对于分布式微电网，中压/低压系统调度员在发生以下情况时应通知微电网管理者准备切换为预孤岛状态：

- 电网中某一操作将会导致微电网所在区域断电
 - 电网中由于天气原因或者约束条件而产生可预估的电网故障
- 中压/低压系统调度员应告知微电网管理者上述情况发生的时刻及其持续时间。

对于微电网，当私人网络运营商接收到以下信息之一时，应能够自主决定是否进入预孤岛状态：

- 中压/低压系统调度员告知电网中某一运营商，在设备所在区域将会发生断电；
- 中压/低压系统调度员或天气预报员告知由于天气原因电网预计会发生故障；
- 中压/低压系统调度员告知由于网架约束限制电网预计会发生故障；
- 私人网络运营商根据电力市场价格测算，在某段时间内孤岛模式下电价较低。

为与其他运行状态相配合，微电网运营商应通过配置不同种类的发电设备、储能系统、可控负荷以及其他柔性设备，达到在上述故障发生时微电网能够维持孤岛状态的目的。微电网管理者应告知中压/低压调度员微电网能够进入孤岛状态的可能性。

在（实际的或预估的）故障发生之前，微电网管理者可以控制不同种类的发电设备、储能系统、可控负荷以及其他柔性设备，通过物理方式使微电网与公用电网分离，与此同时调动相关电源切换为孤岛模式。

h) 自动进入孤岛状态（场景三）

在某一时刻，微电网管理者监测到公用电网发生非计划电力中断。在运行条件允许的条件下，微电网管理者应控制不同种类的发电设备、储能系统、可控负荷以及其他柔性设备切换微电网运行模式，通过物理方式使微电网与公用电网分离，与此同时调动相关设备将微电网切换为孤岛模式。

微电网管理者应告知中压/低压系统调度员微电网已处于孤岛运行状态以及该运行状态可能的持续时间。

i) 黑启动恢复状态（场景四）

在某一时刻，当公用电网发生非计划电力中断时，微电网能够自动进入孤岛状态并因此失去外部电源。微电网管理者应预估执行黑启动恢复供电的可能性，并将这种可能性告知中压/低压系统调度员。

如果有进行黑启动恢复供电的可能性，微电网管理者应控制不同种类的发电设备、储能系统、可控负荷以及其他柔性设备切换其运行模式，通过物理方式使微电网与公用电网分离，与此同时调动相关设备切换为孤岛模式，通过管控各种电力资源和其他柔性设备进行黑启动。

微电网管理者应评估孤岛运行状态持续时间，并将这一情况告知中压/低压系统调度员。

j) 维持孤岛状态（场景五）

一旦进入孤岛状态，微电网运营商应可以控制不同种类的发电设备、储能系统、可控负荷以及其他柔性设备，同时管控这些设备以在预定时间内维持微电网处于孤岛状态。如果在预定的时间内难以保证所有的负荷供电，微电网管理者将应通过考虑及不同负荷间的优先级优化调整负荷的供电时间。

微电网管理者会定期地预估微电网可维持孤岛状态的持续时间，并将这一情况告知中压/低压系统调度员。这个预估时间是结合微电网内部负荷预测和出力预测结果综合考虑得到的。

如果由于电源出力不足、负荷过量或柔性设备故障而使微电网难以维持孤岛状态，微电网管理者应保证微电网供电区域的安全，条件允许的情况下将微电网重连回电网。

k) 与电网重连（场景六）

当公用电网的供电水平恢复到正常状态时，中压/低压系统调度员应告知微电网管理者微电网可以重连回公用电网。微电网管理者通过控制不同种类的发电设备、储能系统、可控负荷以及其他柔性设备

进行稳定的重连操作，通过物理方式重连回公用电网。微电网管理者应告知中压/低压系统调度员此重连操作，并移交不同类型的发电设备、储能系统、可控负荷以及其他柔性设备的控制权。

附录 B

(资料性附录)

业务用例 B (针对 IEC TS 62898-1 的补充)

名称: 利用可再生能源为偏远地区供电

B.1 概述

本用例旨在给 IEC SyCSmartEnergy 在未来标准 (IEC/TS 62913-2-1: 通用型智能电网规范要求- 第 2 章第 1 节: 电网相关领域) 中提供新的发展方向。

B.2 使用范围

本用例表明, 微电网是综合应用可再生能源 (或分布式能源) 为偏远地区或海岛促进其电气化水平的解决方法之一。本用例适用于与电网弱连接的居民地区。本用例应用于孤岛微电网系统, 可改善偏远地区或孤立岛屿的电力水平。

B.3 目的

- a) 在大规模公用电网建成之前, 改善发展中地区的电力水平。
- b) 为岛屿或者某些难以与大规模公用电网有连接的地区提供电力支持。
- c) 为岛屿或者某些与大规模公用电网有连接但可靠性或电能质量较差的地区提供电力支持。

B.4 基本功能

黑启动、频率和电压调节、保证必要的电力供应, 保证供电可靠性和电能质量。

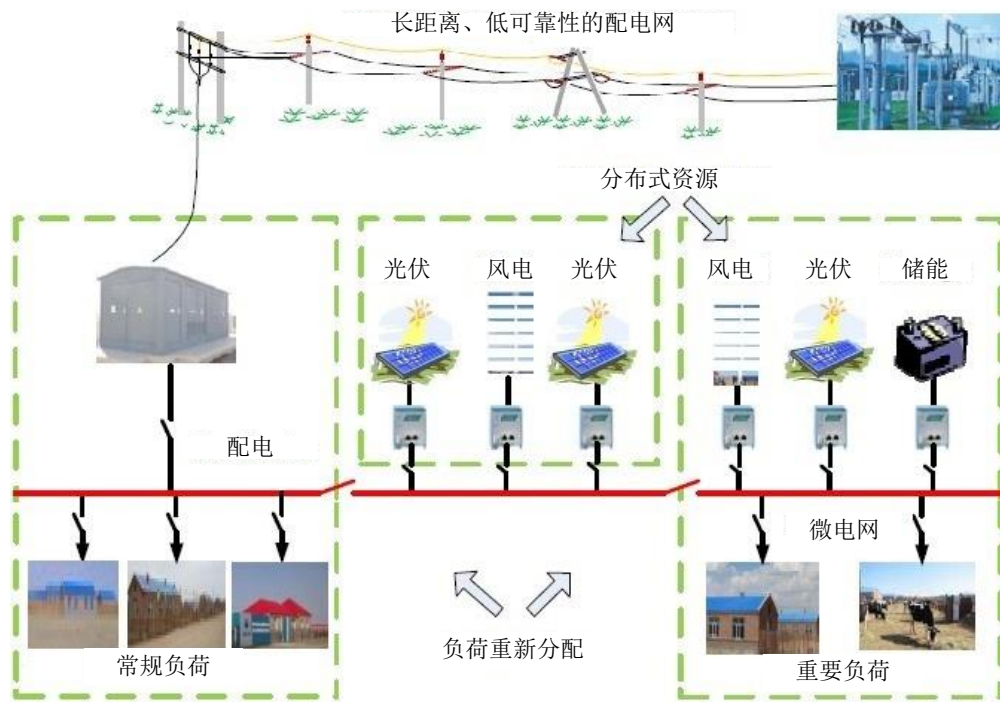
B.5 高级功能

甩负荷、负载控制、负荷和发电出力预测。

B.6 应用实例

下图所示为一个建于中国的此类型实际用例:

- a) 该地区远离现有的公共配电网系统
- b) 现有的公共配电网供电可靠性低、维护费用高
- c) 该地区的重要负荷需要高供电可靠性
- d) 该地区具有可使用的可再生能源



图B.1 一个为偏远地区供电的独立型微电网实际用例

附录 C

(资料性附录)

业务用例 C (针对 IEC TS 62898-1 的补充)

名称: 在并网模式下, 通过优化储能、可调度负荷和发电机等资源和对电网提供辅助服务等方式减少微电网用户能源成本。

C.1 概述

本用例旨在给 IEC SyCSmartEnergy 在未来标准 (IEC/TS 62913-2-1: 通用型智能电网规范要求- 第 2 章第 1 节: 电网相关领域) 中提供新的发展方向。

C.2 运行及其相关技术问题

本用例针对并网模式下的并网型微电网。

假设公用电网运营商和微电网运营商之间遵守电网的规范和协议, 可通过资源的优化为用户提供多种服务: 减少发电成本、增加本地电力消费 (自耗)、减少温室气体排放等。

为实现上述目标产生了一些运行上的问题, 这些问题对监管架构有很强的依赖性, 尤其在以下几个方面:

- a) 在微电网级和用户级上, 有没有可能有不同的能源计量和计费等级。
- b) 微电网是能量生产者还是能量消费者。

考虑到第二点, 以下内容将对优化策略产生影响:

- a) 情况 1a: 根据公用电网对电能的吸纳能力, 微电网运营商在有或无电能质量限制的情况下, 向电网出售过剩的可再生能源。在这种情况下, 微电网暂时被定义为发电机 (参照现有的商业模式)。在这种情况下, 优化过程需考虑电能的购买和销售成本。
- b) 情况 1b: 微电网运营商可以将过剩的可再生能源向电网输送, 但根据其注入量的大小给予其一定的惩罚 (新的商业模式)。
- c) 情况 2: 微电网运营商不能向电网出售过剩的可再生能源 (新的商业模式)。全部用户总体的负荷曲线应始终保持大于或等于零值, 永远不会产生负功率的情况。也就是说, 需维持消耗电能而不是生产电能的情况。在这种情况下, 为了防止向电网注入负功率, 还应更加深入的研究技术性和政策性的解决方案。

用户向公用电网注入负功率的惩罚制度 (阈值、持续时间、惩罚价格等)。

实时监控用户负荷曲线, 并且向用户发送信息或控制信号, 使用户能够按时调节或限制自身出力。

C.3 电网侧针对上述商业模式的要求

针对情况 1 和情况 2, 应配备双向计量电表。或者针对选项 2 配备有监测负功率功能的单向计量电表。当微电网向公用电网输送电能时, 为防止电网发生事故, 在并网点应配备可远程控制开断的断路器。

C.4 微电网侧针对上述商业模式的要求

微电网管理者应在其管辖的微电网中配备以下功率调节和能量管理系统:

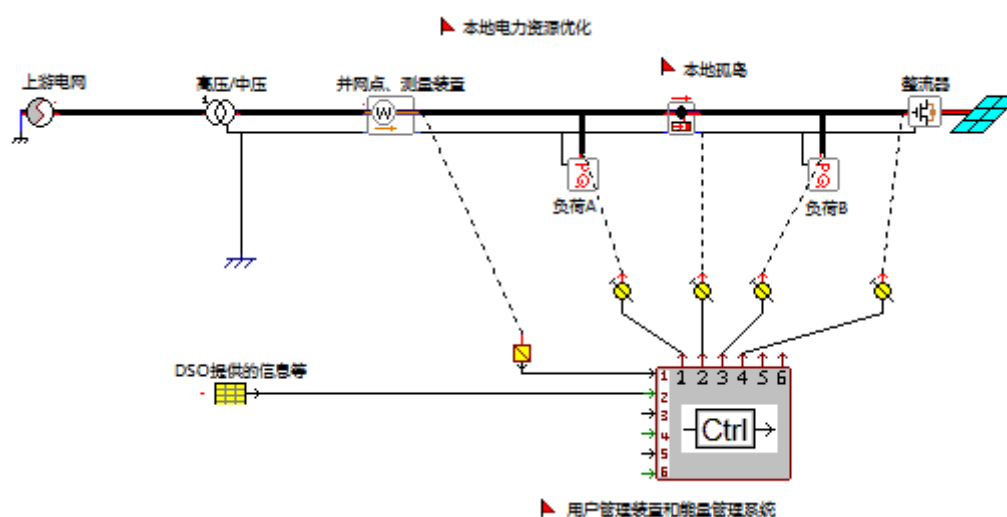
功率调节控制器。例如，针对情况1，它可以将注入并网点的功率控制在所设阈值的水平之下。针对情况2，它保证了并网点的功率非负。

本地孤岛模式下的部分或全部用户负载。

并网模式和孤岛模式的中性点接地的管理方式：应时刻保持中性点处于与大地相连接的状态。

微电网功率调节和能量管理系统应安装在下游的电表上。

下图为上述情况的简化示意（本图内容可能成为未来电力系统使用用例的一部分）。



图C.1 用户能量管理和与上游电网信息交换的原理方案

上图所示，用户安装的功率调节和能量管理系统（EMS）是微电网的基础设备。微电网运营商和配电系统运营商之间通过网络和特定的协议进行信息的交互。

附录 D

(资料性附录)

业务用例 D (针对 IEC TS 62898-1 的补充)

名称: 优化地区资源为电网防灾准备提供服务

D.1 概述

本用例旨在给 IEC SyCSmartEnergy 在未来标准 (IEC/TS 62913-2-1: 通用型智能电网规范要求- 第 2 章第 1 节: 电网相关领域) 中提供新的发展方向。

D.2 使用范围

社区微电网为社区中重要设施例如医院、警察局、食品商店、药店、应急避难所、消防站、银行、社区电话充电中心和社区交流中心提供供电服务。这类微电网也通常被称作“城镇中心”或“绿洲”微电网。当面临诸如暴风雨、大风、火灾或恐怖行动等紧急情况时, 往往优先使用该类微电网向多种不同类型的用户供电。

D.3 目的

- a) 提供电力系统辅助服务, 例如频率调节、电压控制
- b) 保证社会或社区的供电稳定性和持续性
- c) 减少用户的生命财产损失
- d) 灾后重启电力系统 (增强黑启动能力、帮助本地风电机组启动和高压直流线路连接等)
- e) 恢复与公用电网的连接

本用例表明, 微电网或分布式能源是进行电网系统服务的解决方案之一。

D.4 基本功能

黑启动、无功控制、频率和电压调节、自动投切开关。

D.5 高级功能

电能分配优先级管理、作为虚拟电厂 (例如多个可控设施) 响应电网事件 (例如提供辅助服务或甩负荷)。

附 录 E
(资料性附录)

各分布式能源并网标准关于功率因数的要求

表E.1 各分布式能源并网标准关于功率因数的要求

分布式能源容量	功率因数	标准
30kW 以上	超前 0.9~滞后 0.9 内可调	CSA Std. C22.3-9: 2007
30kW 以下	超前 0.9~滞后 0.9 内某固定值	
3.68kVA < 视在功率 < 13.8kVA	超前 0.95~滞后 0.95 内可调	VDE-AR-N 4105
视在功率 ≤ 3.68kVA	超前 0.95~滞后 0.95 内某固定值	
所有分布式能源	超前 0.95~滞后 0.95 内可调	BDEW:2008
通过 10kV 并网的同步发电机类型分布式能源	超前 0.95~滞后 0.95 内可调	Q/GDW480:2010
通过 10kV 并网的异步发电机和变流器类型分布式能源	超前 0.98~滞后 0.98 内可调	
通过 380V 电等级别并网	超前 0.98~滞后 0.98 内某固定值	

参考文献

- [1] GB/T 13539.2 低压熔断器 第2部分：专职人员使用的熔断器的补充要求（主要用于工业的熔断器）标准化熔断器系统示例A至I（GB/T 13539.2-2008， IEC 60269-2：2006）
- [2] GB/T 13539.3 低压熔断器 第3部分：非熟练人员使用的熔断器的补充要求（主要用于家用和类似用途的熔断器）标准化熔断器系统示例A至F（GB 13539.3-2008， IEC 60269-3：2006）
- [3] GB/T 13539.4 低压熔断器 第4部分：半导体设备保护用熔断体的补充要求（GB/T 13539.4-2009， IEC 60269-4：2006）
- [4] GB 14048.2-2008 低压开关设备和控制设备 第2部分：断路器（IEC 60947-2：2006）
- [5] GB 14048.3 低压开关设备和控制设备 第3部分：开关、隔离器、隔离开关以及熔断器组合电器（GB 14048.3-2008， IEC 60947-3：2005）
- [6] GB/T 16895（所有部分） 低压电气装置（IEC 60364所有部分） GB/T 17626.7 电磁兼容 试验和测量技术 供电系统及所连设备谐波、谐间波的测量和测量仪器导则（GB/T 17626.7-2008， IEC 61000-4-7：2008）
- [7] GB/T 17626.30-2012 电磁兼容 试验和测量技术 电能质量测量方法（IEC 61000-4-7：2008）
- [8] GB/T 18039.3 电磁兼容 环境 公用低压供电系统低频传导骚扰及信号传输的兼容水平（GB/T 18039.3-2003， IEC 61000-2-2：1990）
- [9] GB/T 18039.4-2003 电磁兼容 环境 工厂低频传导骚扰的兼容水平（GB/T 18039.4-2003， IEC 61000-2-4：1994）
- [10] GB/T 2900.57-2008 电工术语 发电、输电及配电运行（IEC 60050-604：1987）
- [11] DL/T 860-3 变电站通信网络和系统 第3部分 一般要求（IEC 61850-3）
- [12] DL/T 860-4 变电站通信网络和系统 第4部分 系统和项目管理（IEC 61850-4）
- [13] DL/T 860-5 变电站通信网络和系统 第5部分 功能的通信要求和装置模型（IEC 61850-5）
- [14] Q/GDW 480-2010 分布式电源接入电网技术规定
- [15] IEC 61936-1-2014 交流1kV以上电力设施 第1部分：通则
- [16] IEC/TS 62749 供电系统电能质量—公用供电系统电能质量特征
- [17] IEC/TS 62898-1 微电网规划导则
- [18] IEC/TS 62898-3-1 微电网保护技术要求
- [19] BDEW-2008 德国中压并网标准
- [20] CSA Std. C22.3-9：2007 分布式电源与供电系统互连规范
- [21] VDE-AR-N 4105 分布式发电系统低压并网的接入规则及技术要求