|  |  |
| --- | --- |
| ICS | 27.160 |
| CCS | |  | | --- | |  |   F 12 |

团体标准

T/CPIA XXXX.1—202X

光伏直驱电器控制器 第1部分：通用要求

Photovoltaic direct-driven appliance controllers Part 1 – General requirements

征求意见稿

2022 - XX - XX发布

2022 - XX - XX实施

中国光伏行业协会  发布

目次

[前言 II](#_Toc95724106)

[1 范围 4](#_Toc95724107)

[2 规范性引用文件 4](#_Toc95724108)

[3 术语和定义 4](#_Toc95724109)

[4 光伏直驱电器控制器拓扑图 5](#_Toc95724110)

[5 光伏直驱电器控制器的总体要求 5](#_Toc95724111)

[5.1 测试条件 5](#_Toc95724112)

[5.2 额定输入电压/功率 5](#_Toc95724113)

[5.3 启动参数 5](#_Toc95724114)

[5.4 变流单元之间协同合作 5](#_Toc95724115)

[6 接口和对应的变流单元的要求 6](#_Toc95724116)

[6.1 光伏接口和光伏侧DC/DC变流单元 6](#_Toc95724117)

[6.2 电网接口和电网侧AC/DC变流单元 6](#_Toc95724118)

[6.3 标题 6](#_Toc95724119)

[6.4 变频负载接口以及相应的变频驱动单元 6](#_Toc95724120)

[6.5 直流负载接口 6](#_Toc95724121)

[6.6 通讯接口 6](#_Toc95724122)

[6.7 其他能源接口（可选） 6](#_Toc95724123)

[7 光伏直驱电器控制器的功能和性能要求 6](#_Toc95724124)

[7.1 光伏直驱电器控制器测试图 7](#_Toc95724125)

[7.2 并网性能要求 7](#_Toc95724126)

[7.3 模式在线切换 7](#_Toc95724127)

[7.4 并网AC/DC变流单元的功率因数调节功能 8](#_Toc95724128)

[7.5 直流电压母线的动态响应 8](#_Toc95724129)

[7.6 发电、用电模式间动态切换 8](#_Toc95724130)

[7.7 电压动态瞬变范围 8](#_Toc95724131)

[7.8 电压瞬变恢复时间 8](#_Toc95724132)

[7.9 逆功率控制 8](#_Toc95724133)

[7.10 PVDDA充放电性能 9](#_Toc95724134)

[7.11 综合能源利用效率（并网） 10](#_Toc95724135)

[7.12 综合能源利用率（离网） 10](#_Toc95724136)

[7.13 电网恒（限）功率控制 10](#_Toc95724137)

[7.14 综合能源利用效率（并网） 11](#_Toc95724138)

[8 信号处理中心要求 11](#_Toc95724139)

1. 前言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件由××××提出。

本文件由中国光伏行业协会标准化技术委员会归口。

本文件起草单位：珠海格力电器股份有限公司。

本文件主要起草人：

光伏直驱电器控制器 第1部分 通用要求

* 1. 范围

本文件规定了典型的光伏直驱电器控制器的通用要求，它包括一个并网双向AC/DC功率换流单元，一个用于光伏阵列的MPPT,一个储能电池的充电/放电控制器，一个空调的可变频的驱动器。其他的非典型控制器，可参考本标准。

本文件适用于光伏直驱电器控制器，其各个接口以及功率变换单元。本标准规定的光伏直驱电器控制器适用于直流电压不高于1500V和交流电压不高于1000V的系统。

* 1. 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；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 20046 光伏(PV)系统 电网接口特性

IEC TS 61836 光伏能源系统 – 术语、定义和符号（Solar photovoltaic energy systems - Terms, definitions and symbols）

* 1. 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

光伏直驱 PV direct-driven

对于一个光伏直驱电器控制器，光伏系统产生的电能可以直接用于负载，电网可以连接，但不是必需的。

光伏直驱电器控制器 PVDDA controller

光伏直驱电器控制器是一个用于转换和管理在源侧（例如光伏阵列、电网、储能电池等）与电器负载侧（例如空调，冰箱，水泵等）之间功率流动的设备。

并网非馈网状态 grid-connected but not supplying

与电网连接但不向电网发电的状态伏。

并网馈网状态 connected and supplying

与电网连接并同时向电网发电的状态。

离网状态 off-grid

与电网断开连接或不接入电网

过压 overvoltage

电网的电压高于额定值的状态

欠压 under voltage

电网的电压低于额定值的状态

过频 over frequency

电网的频率高于额定值的状态

欠频 under frequency

电网的频率高于额定值的状态

正常工作电压 Normal working voltage

电网的电压和频率处于额定值范围内

* 1. 光伏直驱电器控制器拓扑图

光伏直驱电器控制器拓扑图如图1所示。



图1 光伏直驱电器控制器（图中红框内）拓扑图

* 1. 光伏直驱电器控制器的总体要求
     1. 测试条件

试验场所需满足以下环境条件：

a) 温度为15 ℃到40 ℃；

b) 相对湿度不超过75 %且不少于5 %；

c) 大气压值在75 kPa到106 kPa之间；

d) 没有结霜、凝露、渗水、淋雨、日照等现象。

* + 1. 额定输入电压/功率

在5.1规定的参考试验条件下运行时，PVDDA的交流输入端口测得的电压和功率，不应超过额定输入的10%；

在5.1规定的参考试验条件下运行时，PVDDA的直流输入端口测得的电压和功率，不应超过直流端口宣称的输入工作电压和输入功率限值范围。

* + 1. 启动参数

在厂家说明书中规定的输入电气参数范围下，PVDDA应能正常启动。

* + 1. 变流单元之间协同合作

每个变流单元应该具有在不同的工作模式下，与其他变流单元协同合作以维持系统正常工作的能力。而且他们需要执行各自功能来保持系统处于一种稳定可靠的状态。每个系统所有可能出现的工作模式详见本系列标准的第2部分IEC TS xx，变流单元应协同合作，以保证在每一种工作模式下都能正常工作。

* 1. 接口和对应的变流单元的要求
     1. 光伏接口和光伏侧DC/DC变流单元

光伏接口的参数（电压，电流和功率）应该与系统适配。MPPT可以作为集成的功能。它需要与电网侧AC/DC变流单元以及储能侧DC/DC变流单元协同合作来使直流母线处于一个稳定的状态。同时，它需要具备在响应瞬时冲击时调整它的电压和电流的能力。

* + 1. 电网接口和电网侧AC/DC变流单元

除非有特别的条款说明，电网接口参数应符合IEC 61727的要求。电网侧AC/DC变流单元是一个双向变流单元。可以通过控制使它在有电能反馈给电网的状态和不允许多余电能反馈给电网的状态下都能正常工作。它需要能够与光伏侧DC/DC变流单元以及储能侧DC/DC变流单元合作来保持直流电压母线处于一个稳定的状态。同时，它也需要具备在响应瞬时冲击时调整它的电压和电流的能力。

* + 1. 标题

储能接口参数（电压，电流和功率）应该与储能电池适配，而且它需要包含通信接口来交互实时的能源信息。

DC/DC变流单元应该能监测储能的实时信息，并将其传递给信号处理中心。另一方面，它可以执行信号处理中心的命令来控制储能的充/放电。同时，它需要能够与光伏侧DC/DC变流单元以及电网侧AC/DC变流单元协同合作来保持直流母线电压处于一个稳定的状态。而且它需要具备在响应瞬时冲击时调整它的电压和电流的能力。

* + 1. 变频负载接口以及相应的变频驱动单元

变频负载侧接口的参数(电压，频率，电流和功率)应该与变频负载侧适配。

变频驱动单元可以被信号处理中心控制来快速响应变频负载的需求变化。变频驱动单元(VFD)的输出范围要求应该在产品的说明书中有规定。变频控制器的输出点电能质量，诸如电压不平衡度、谐波电流也应规定在说明书中。

变频负载接口输出的频率范围：0.1 Hz～400 Hz。

* + 1. 直流负载接口

这是一个可选的直流负载接口。当直流负载连接到该接口时，它的额定电气参数应该与直流负载接口适配。负载接口电压额定值建议从750 V、400 V、220 V、110 V选取：

在5.1规定的试验条件下运行时，PVDDA控制器的直流端口测得的电压，不应超过额定值的-20 %～+5 %。

* + 1. 通讯接口

PVDDA控制器应至少具有一个与储能通讯的接口和一个与电网通讯的接口。

* + 1. 其他能源接口（可选）

PVDDA控制器应具有一个开放接口，可外接多种能源。

变频驱动单元可以被信号处理中心控制来快速响应变频负载的需求变化。变频驱动单元(VFD)的输出范围要求应该在产品的说明书中有规定。变频控制器的输出点电能质量，诸如电压不平衡度、谐波电流也应规定在说明书中。

变频负载接口输出的频率范围：0.1 Hz～400 Hz。

* 1. 光伏直驱电器控制器的功能和性能要求
     1. 光伏直驱电器控制器测试图

光伏直驱电器控制器测试图如图2所示。



图2 光伏直驱电器控制器测试平台系统

* + 1. 并网性能要求

PVDDA并网性能要求除以下条款外，应符合GB/T 20046的要求。

GB/T 20046中5.2过欠压和过欠频试验被7.3模式切换试验替代。

* + 1. 模式在线切换

当异常状态在电网上出现时，与之相连的PVDDA应作出响应。该响应能保证空调和其他负载在电网电压幅值或频率波动时正常工作。它需要切换模式，从并网且馈网模式切换到并网但非馈网模式,而不是在这种情形下简单地断开与电网的连接。相关的异常电网状态是指，电压和频率偏差高于或低于本条款规定值。

当PVDDA与电网连接的接口电压超出本条款所允许的限值时，PVDDA应停止向电网配电系统送电。此要求适用于多相系统中的任何一相。本条款所指的电网电压是指当地电网的标称电压。

PVDDA应能检测到异常电压、频率并做出反应。电压数值为方均根值并且在电网接口处测量，切换时间应符合本条款中的规定

具体要求如下表1所示：

表1 光伏直驱电器控制器模式在线切换要求

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 电压（在电网端连接） | 切换时间a | 频率（在电网端连接） | 切换时间 |
| 50%≤V＜85% | 2.0 s | f＜f标称 - 0.5Hz | 0.2 s |
| 85%≤V≤110% | 持续运行 | f标称 - 0.5Hz≤f≤f标称 + 0.5Hz | 持续运行 |
| 110%＜V＜135% | 2.0 s | f标称 + 0.5Hz＜f | 0.2 s |
| 135%≤V | 0.05 s | — | — |
| a切换时间是指异常状态发生至光伏直驱电器控制器停止向电网线路发、用电的时间。 光伏直驱电器控制器控制电路应切实保持与电网的连接，而不是简单的断开与电网的连接。 | | | |

延时的目的是为了避免因短时扰动造成的过多模式切换。如果在要求的最大切换时间内电压恢复到正常的电网持续运行状态，无需停止送电。如果在指定的切换时间内电压和频率恢复到正常的电网持续运行状态，无需停止送电。

* + 1. 并网AC/DC变流单元的功率因数调节功能

PVDDA控制器功率因数应可调，调节范围为-0.8～+0.8，PVDDA功率因数默认为0.98。如果当地电网要求光伏直驱电器控制器工作在固定的功率因数模式和固定的无功功率模式下，光伏直驱电器控制器应具有这个功能，该功能默认处于禁用状态。

* + 1. 直流电压母线的动态响应

PVDDA具有三个功率输入源，在从光伏阵列供电模式、储能供电模式和电网供电模式这三种供电模式之间相互切换时,为不对负载侧造成影响，我们应当对三个功率源之间切换时影响直流母线电压的波动做出限制。以下是电源间切换可能会对直流母线电压造成波动的几种典型的情况：

1. 光伏发电系统100%提供给负载能量切换为公共电网供电100%提供给负载能量
2. 公共电网供电100%提供给负载能量切换为光伏发电系统100%提供给负载能量
3. 光伏发电系统100%提供给负载能量切换为储能系统供电100%提供给负载能量
4. 储能系统供电100%提供给负载能量切换为光伏发电系统100%提供给负载能量
5. 储能系统供电100%提供给负载能量切换为公共电网供电100%提供给负载能量
6. 公共电网供电100%提供给负载能量切换为储能系统供电100%提供给负载能量

在以上不同功率源之间切换时PVDDA应能提供相对稳定的直流母线电压，保证负载可以正常工作。在过渡期间，直流母线电压波动不应该超过典型值的±30%，且过渡时间不应该超过200ms。

注：直流母线电压的恢复时间是指直流母线电压的90%（在切换前）重新恢复90%（在切换后）。或直流母线的110%（在切换前）重新恢复到110%（在切换后）。

* + 1. 发电、用电模式间动态切换

PVDDA控制器在纯发电与纯用电模式之间切换时的动态切换时间最长不应超过10ms。

* + 1. 电压动态瞬变范围

在阻性负载（平衡负载）条件下，负载从0%上升至100%或从100%下降至0%突变时，PVDDA输出电压瞬变值应小于控制值的10%。

* + 1. 电压瞬变恢复时间

在阻性负载（平衡负载）条件下，负载从0%上升至100%或从100%下降至0%突变时，PVDDA输出电压恢复到下一个稳态的时间应≤40ms。

* + 1. 逆功率控制

电网侧AC/DC变流单元应该具备有逆功率控制功能。

按表2进行测试，将光伏模拟电源输出功率设置为50%额定功率，接入光伏直驱电器控制器光伏输入端口，储能电池模拟器输出功率设置为50%额定功率，接入光伏直驱电器控制器储能输入端口，负载设置为10%额定功率，待电网侧功率稳定后，使用功率分析仪记录至少60s光伏直驱电器控制器并网位置的功率，结果应符合试验要求中的规定；同样需要将负载功率调节为25%，50%，75%功率以及空载进行测试，试验结果应符合试验要求中的规定。

表2 光伏直驱电器控制器逆功率控制测试

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 负载功率 | 电网功率 | 限值 |
| 0% | — | ≤2% |
| 10% | — | ≤2% |
| 25% | — | ≤2% |

表2 光伏直驱电器控制器逆功率控制测试（续）

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 负载功率 | 电网功率 | 限值 |
| 50% | — | ≤2% |
| 75% | — | ≤2% |

* + 1. PVDDA充放电性能
       1. 光伏组件给蓄电池充电效率

光伏组件通过PVDDA控制器给储能充电的最大转换效率η1不低于96%。

* + - 1. 电网给蓄电池充电效率

电网通过PVDDA控制器给储能充电的最大转换效率η2不低于92%。

* + - 1. 光伏给电网供电效率

光伏组件通过PVDDA控制器给电网供电的最大转换效率η3不低于97%。

* + - 1. 稳压精度

PVDDA控制器在稳态状态下工作时，对储能充电输出端口的电压的稳压精度应不低于±2%。

* + - 1. 稳流精度

PVDDA控制器在稳态状态下工作时，对储能充电输出端口的电流的稳流精度应不低于±5%。

* + - 1. 限压功能

PVDDA控制器在对储能充电时，当控制器处于稳流充电状态并且电池电压最高的单体电压达到规定值时，充电电流应自动减小，使最高单体电池电压应不超过储能电池组规定的限压值，充电电压自动调整范围应满足电池充电要求。

* + - 1. 限流功能

充电开始阶段，应根据电池的需要采取必要的限流措施，避免冲击电流对电池及PVDDA控制器的损害。

对电池充电时，当PVDDA控制器处于稳压充电并且充电电流达到规定值时，充电电压应自动减小，使最高单体电池电压应不超过储能电池规定的限压值，充电电压自动调整范围应满足电池充电需求。

* + - 1. 充放电切换时间

PVDDA控制器给储能充电时，储能状态由90%额定功率充电状态切换到90%额定功率放电状态与90%额定功率放电状态转换为90%额定功率充电状态所需时间的均值不小于100ms。

* + - 1. 光伏直驱利用效率

PVDDA控制器工作在光伏直接给电器供电时的供电效率应不小于98%。

* + 1. 综合能源利用效率（并网）

当系统连接到电网时，储能只是作为一个辅助的能源。所以，只需考虑光伏阵列和电网的能源利用率。当处于表3中规定的每个工作状态下，每个能源在总功率中占有一定比例，且会产生一个能源利用率。

表3 并网混合能源利用率

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 光伏阵列功率 | 电网功率 | 能源利用率 |
| 0 | 100% | η1 |
| 25% | 75% | η2 |
| 50% | 50% | η3 |
| 75% | 25% | η4 |
| 100% | 0 | η5 |

所以，并网混合能源利用率的平均值为ηa

ηa=（η1+η2+η3+η4+η5）/5

* + 1. 综合能源利用率（离网）

当系统处于离网状态时，只需考虑光伏阵列和储能电池的能源占比。当处于表4规定的每个状态时，每个能源会占有一定比例且会有一个能源效率。

表4 离网混合能源利用率

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 光伏阵列功率 | 储能功率 | 能源利用率 |
| 0% | 100% | η1 |
| 25% | 75% | η2 |
| 50% | 50% | η3 |
| 75% | 25% | η4 |
| 100% | 0% | η5 |

所以，离网混合能源利用率平均值为ηb

ηb=（η1+η2+η3+η4+η5）/5

* + 1. 电网恒（限）功率控制

在防逆流等特殊状态条件下可以启用这个功能。

如果一个光伏直驱电器控制器具有该功能，当地市电网可以工作在对光伏系统的恒（限）功率控制状态下。光伏直驱电器控制器开启电网恒（限）功率控制功能后，将从电网获取固定能量的功率，且可以通过设定的阈值进行调节。

按如下表5进行测试。首先将光伏直驱电器控制器电网恒（限）功率控制设定阈值为25%，调节负载功率从0%开始至100%，当负载端口侧的功率稳定后，电网侧的实际用电功率应与预设值之间的偏差应不超过±2%。光伏直驱电器控制器电网恒（限）功率控制的阈值设定为50%及75%，也应该被测试。

表5 电网恒（限）功率控制测试

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 负载功率 | 电网预设功率25% | | 电网预设功率50% | | 电网预设功率75% | |
| 实测功率 | 百分比（%） | 实测功率 | 百分比（%） | 实测功率 | 百分比（%） |
| 0% | — | — | — | — | — | — |
| 10% | — | — | — | — | — | — |

表5 电网恒（限）功率控制测试（续）

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 负载功率 | 电网预设功率25% | | 电网预设功率50% | | 电网预设功率75% | |
| 实测功率 | 百分比（%） | 实测功率 | 百分比（%） | 实测功率 | 百分比（%） |
| 20% | — | — | — | — | — | — |
| 30% | — | — | — | — | — | — |
| 40% | — | — | — | — | — | — |
| 50% | — | — | — | — | — | — |
| 60% | — | — | — | — | — | — |
| 70% | — | — | — | — | — | — |
| 80% | — | — | — | — | — | — |
| 90% | — | — | — | — | — | — |
| 100% | — | — | — | — | — | — |

* + 1. 综合能源利用效率（并网）

当系统连接到电网时，储能只是作为一个辅助的能源。所以，只需考虑光伏阵列和电网的能源利用率。当处于表3中规定的每个工作状态下，每个能源在总功率中占有一定比例，且会产生一个能源利用率。

* 1. 信号处理中心要求

信号处理中心应该具备监测、转换通信协议、数据计算和信号控制功能。

这些变流单元应该可以协同合作来执行下面3种供能模式：

a. 空调优先模式

在这种模式下，空调的运行具有最高的优先级。控制策略的关键点是保证空调能够平滑地运行，从而可以给用户一个凉爽舒适的环境。

b. 调节电网功率/峰谷经济运行

在这种模式下，光伏直驱电器控制器会与电网通信且监测电网的状态。结合电网电压波形的峰值和谷值，且考虑峰谷电价，光伏直驱电器控制器确定是否反馈功率给电网或消耗电网功率。这种功能模式下执行的是节能或经济性原则。

c. 恒功率运行

在这种模式下，光伏系统可以通过控制系统内部的功率流向与电网进行固定功率的交互。在这种情形下，将有利于发电厂和电力配电网络。同时，它将会减少分布式能源的波动对电网的冲击。它也将有利于电网将电力分配给用户。

