

光伏系统非最大功率点跟踪的提升 及其逆变器的创新技术

The improvement of the non-maximum power point tracking and the innovative technology of the inverter

叶云燕

摘要: 本文从光伏系统改善非工作最大功率点跟踪的新举措和对逆变器创新技术方案应用的两个方面对提升系统最大功率点跟踪机制和发电量及效能作分析研讨。

关键词: 非最大功率点, 跟踪, 分布式, 发电量与效能, 逆变器创新

Abstract: this article from the maximum power point of pv systems to improve non-working tracking new measures and innovative technology solutions of inverter application two aspects to improve the system of maximum power point tracking mechanism and the capacity and efficiency analysis for discussion.

Keywords: non-maximum power point, tracking, Distributed, generation and efficiency, inverter innovation

0 前言

由于太阳能电池利用率不仅与其内部特性有关, 还受到天气、季节、温度、照度、云遮、下雨和下雪等因素的影响, 在不同的时段会具有不同的 I-V 特性。因此光伏逆变器必须具备应对策略, 实时调整太阳能电池的工作点, 使之始终工作在最大功率点附近 (见图 1 所示), 这一过程就称之为最大功率点跟踪 MPPT。

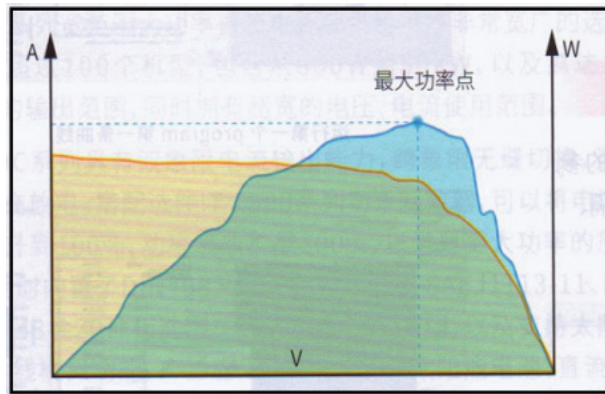


图 1 所示为光伏系统最大功率点示意图

光伏系统并非始终工作在最大功率点。通常情况下, 考虑到投资收益的最大化, 总是希望光伏系统始终保持在最大功率点工作。然而在电网调度要求、功率因数限制、功率限制、电压超限等诸多因素的影响下光伏系统并非始

终工作在最大功率点。这是为什么呐?

1 光伏系统始终工作在“非最大功率点”的状态解析

* 光伏阵列基本架构的局限性 - 阴影遮挡 (见图 2 左半部) 如今实际光伏阵列由串联在一起的光伏模块通过并联构成。每串光伏模块的最大电压必须低于逆变器的最大输入电压额定值。图 2 为实际具有集中式最大功率点跟踪 (CMPPT) 系统功能的标准并网配置 (又称为集中式 MPPT 技术并网的 PV 系统) 与其中一个组阵列 2 的两个电池板被遮蔽示意图 (见图 2 左半)。在这种安装方式中, 多组串联的 PV 系统电池板并联并向连接电网的集中式逆变器输入。电池板本身由串联的电池构成。集中式逆变器的主要功能是将直流电转变为交流电 (DC/AC), 但同时还配有一个最大功率点跟踪控制系统, 它可通过一种最大功率点跟踪算法随时调节 PV 系统电池板阵列的输入阻抗, 获得最大电能。

实际上图 2 中光伏模块通过多个电池串相互连接而成, 每个电池串被称为一个“组阵列”。每个组阵列由一个旁路二极管来保护, 以免一个或多个电池被遮蔽或损坏时导致整个电池串因为过热而受到损坏。这些串联或并联的电池组列能够使电池板产生相对较高的电压或电流。由此理论

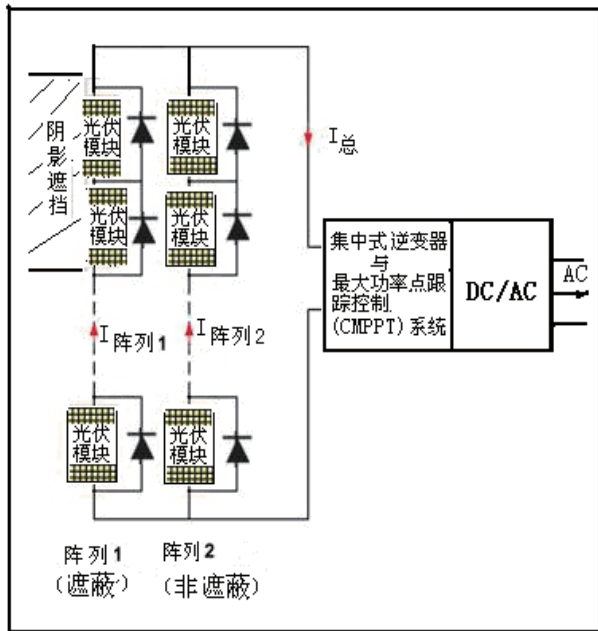


图2 左半部为光伏阵列基本架构的局限性示意

上似乎可以认为太阳能模块产生的功率即电流 (I) 与电压 (V) 的乘积是最大功率点, 却在实际上为“非最大功率”。虽则应用最大功率点跟踪 (MPPT) 电子形式的跟踪技术 (即它利用算法和控制电路来搜索这个最大功率点), 使转换器电路可以从光伏电池模块中获取最大功率。但实际上, 该集中式 MPPT 无法设置直流电压, 因此无法令两个组列的输出功率都达到最大。这又是为什么呐?

* 过压降载 (交流侧) 光伏发电系统并入电网, 若该地区电网消纳能力有限, 或线路损失太大, 会导电网电压拾升。根据 NBT_32004 的光伏逆变器国家标准, 当电网

电压在正常范围 (187V ~ 242V) 时, 逆变器方可正常并网运行。但当电网电压高于设定的限值时 (设定限值要考虑安全规范, 也要结合负载、相关保护器件的耐压值), 为了保证光伏系统继续发电, 而不是直接脱网, 需通过限制逆变器的输出功率来达到目的, 在这种状态下, 逆变器实时跟踪组件的功率曲线, 并选取“能够保证电压不超限”的功率点来输出, 进而系统将工作在“非最大功率点”的状态。

* 防逆流装置的不足 目前, 还有很多地方, 由于不同的原因, 导致光伏发电只能自发自用, 余电不允许送入电网。此时, 电网公司要求光伏并网光伏系统安装“防逆流”装置。以单相为例 (见图3所示):

通过 CT 实时监测用电情况, 反馈给逆变器, 一旦光伏发电不能全部被负载消耗掉, 逆变器为了保证“不给电网送电”, 也需要限制自身的功率输出。这种状态, 是“非最大功率工作状态”。

上述这些光伏系统原因是引发“非最大功率点”的挑战。虽则目前市场上光伏系统一般都安装了太阳能最大功率跟踪系统, 但很多安装太阳能光伏系统的用户已经意识到部分或间歇性的遮蔽也都会导致系统造成“失配”, 而发电量的大幅下跌, 即其中太阳能某一阵列受损将直接影响到其输出, 造成能源浪费。于是如何消除“失配”, 提高光伏发电系统最大功率跟踪问题已经成为制造厂商与用户迫切解决的热点问题。

2 应对“非最大功率点”挑战的应对举措

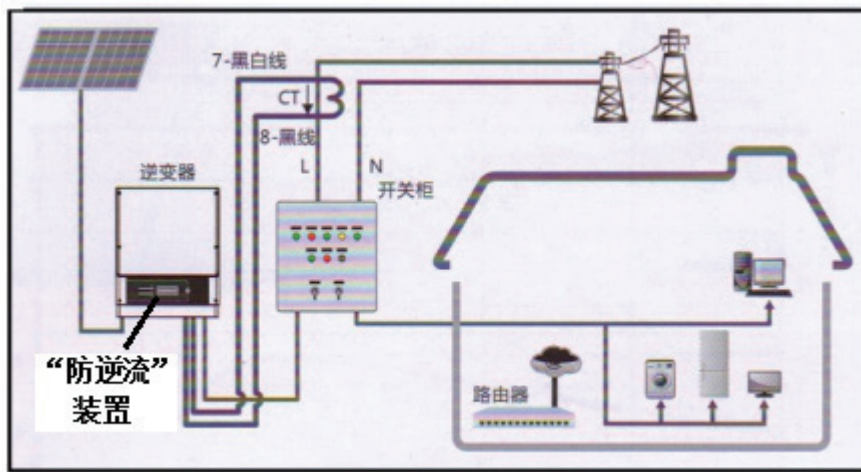


图3 为单相防逆流示意图

* 新型分布式太阳能最大功率跟踪 (DMPPT) 系统应用, 并在太阳其能路灯系统中的获得应用。

为什么要用新型分布式太阳能最大功率跟踪 (DMPPT) 系统。为此先述集中式光伏最大功率点跟踪 (CMPPT) 系统主要的缺陷。CMPPT 系统的电池板被遮蔽阴影现象是在住宅、商业或者公共事业中应用的 PV 系统电池板阵列常遇到的问题。在存在局部阴影的情况下, 电池板不匹配将成为最大的问题, 因为参数不统一, 局部阴影将导致阵列的不同电池板具有多个最大功率点。采用集中式 MPPT 时, 可能会导致更多的不均匀损失, 会产生一条具有多个峰值的 V-P 电气曲线, 即出现高直流电压点与低直流电压点。高直流电压点时的最大功率点跟踪使未遮蔽组阵列的输出功率达到最大; 而低直流电压点时的最大功率点跟踪将使遮蔽组阵列的输出功率达到最大, 其旁路二极管绕过遮蔽电池板, 则该组阵列的未遮蔽电池板将提供全量电流。从而造成最大功率点跟踪系统可能得到错误信息停止在局部最大点处, 并稳定在具有 V-P 特征的次优点上, 会导致集中最大功率点跟踪 (MPPT) 配置的额外损失。据估算, 光伏阵列因被遮蔽少量面积会导致 25% 到 50% 的功率损失。

面对这挑战的应对是采用太阳能分布式能最大功率跟踪 (DMPPT) 系统的方案, 该方案的特点是采用并联方式, 每组太阳能电池板独立工作, 分别对蓄电池充电, 由此解决应最大限度消除或降低因被遮蔽少量面积而导致系统功率额外损失的问题。从而导出基于分布式太阳能最大功率跟踪 (DMPPT) 技术的新技术芯片 IV0300 型应用方案。

在此太阳能路灯系统中, 每组太阳能电池阵列中独立工作, 互不影响, 从而大大提高了光伏系统整体转换效率。其中基于分布式太阳能最大功率跟踪 (DMPPT) 技术的 IV0300 型太阳能充放电控制芯片是一典为例。实际上 IV0300 型应用特征是一款自动充电控制芯片, 适用于一节到四节太阳能电池给两节到四节镍氢电池或者单节锂电池充电, 能承受 1.5A 的峰值输入电流。

*IV0300 型应用特征

为当太阳光达到一定照度时, 当 IV0300 芯片使能端 (EN) 收到一高电平或太阳能电池板上电压大于 1/3 充电截止电压时, 其 DMPPT 组件将自动启动, 开始对蓄电池充电, 其架构见图 3 所示。IV0300 设有过充保护和充电结束指示引脚, 有效防止蓄电池过充而影响到其使用寿命。

它的主要特性: 有过充保护与充电完成结束指示和 CVT 恒电压算法及大大有利于太阳能转换效率的提高。IV0300 芯片有如下引脚功能: ISIN- 太阳能输入; CSMP- 采样电容; VSD- 关断电压调整输入; Vref- 参考输出; VOC- 过充保护; CHEND- 充电结束指示; BOUT- 电池输出; LX- 与电感连接; BGND- 电路地; EN- 使能端。

新设计的太阳能路灯采用了基于 (DMPPT) 技术的 IV0300 型芯片, 其系统架构见图 3 系所示。

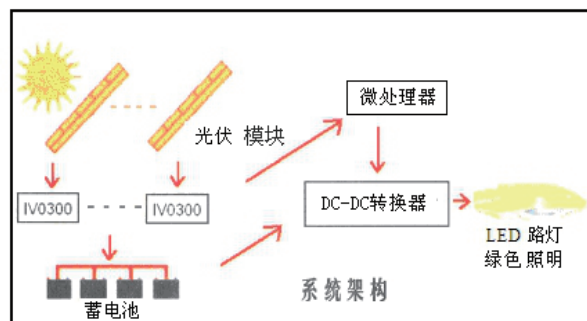


图 3 所示为基于 (DMPPT) 技术的 IV0300 型芯片系统架构图

从图 3 所知, 此分布式太阳能最大功率跟踪 (DMPPT) 应用于太阳能路灯系统系统包括 6 大部分: 光伏模块组件 (太阳能电池板)、分布式太阳能最大功率跟踪 (DMPPT) IV0300 型芯片、蓄电池 (1000AH)、微处理器 (MPU)、DC-DC 直流电源转换、LED 路灯 (30W ~ 50W)。在此系统中太阳能给蓄电池充电通过分布式最大功率跟踪 (DMPPT) 技术进行控制, 即采用并联方式, 每组太阳能电池板独立工作, 分别对蓄电池充电。蓄电池通过直流电压转换芯片, 得到满足路灯点亮所需电压和微处理器工作电压。微处理器控制路灯的开启关闭和电池的选择。采用的是光控开, 定时关。当夜幕降临时, 微处理器通过检测光强启动 LED 自动点亮, 点亮一定时间后, 其内部定时器控制 LED 自动关闭, 有效做到节能降耗。点亮时间一般设定为 6 ~ 10 小时, 这受区域限制。一般南方地区设定为 6 ~ 8 小时, 北方地区设定为 8 ~ 10 小时。此系统设定的为 10 小时, 该系统采用的是大容量蓄电池小功耗照明, 一次充满后, 可以连续工作 7 天, 且避免了在使用过程中造成蓄电池过放电而损坏其使用寿命。另外由于使用了 IV0300, 整个系统在晚上关闭前, 即光强较弱时, 还能工作, 继续充电。

* 应用系统的优点: 平均每年可多生产 10% ~ 12%

的电；分布式的直流总线降低了传输电力损耗；兼容不同厂商的控制器到同一阵列中；太阳能电池板可以混合使用不同的角度；可靠性高，大大降低了维护成本；方便测试每组太阳能电池板上电压，以便了解和预测整个系统的性能。

3 光伏系统 MPPT 追踪效能离不开逆变器的创新及新技术

应该说过压降载、防逆流、直流超配限载、阴影遮挡等几个方面原因使光伏系统工作在非最大功率点，并对系统的发电量造成影响。为保证电网稳定，或满足负载需求，也引导出其光伏逆变器规格的重要性对 MPPT 追踪效能是切切相关的理念。这是为什么呐？虽说逆变器只占光伏系统成本的 5 ~ 10%，却掌控了 100% 的发电量。它的重要性是毫无疑问的，见图 4 所示。

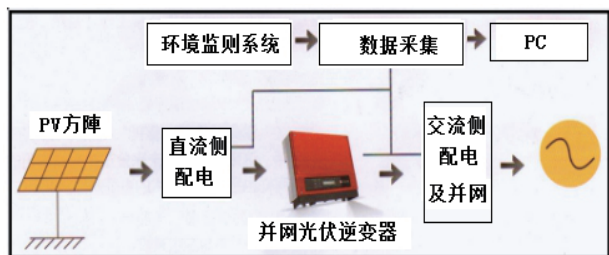


图 4 所示为逆变器对掌控发电量重要性的示意图

除此之外，逆变器的参数及特性，也关乎系统设计、安装及全生命周期的运维。因而，早已提出“逆变器是光伏系统的关键先生”这一观点。从而光伏逆变器需要内建 MPPT 机制，实时地追踪太阳能电池最大输出功率。于是重新认识逆变器就提到议事日程上了。但并非逆变器的常规参数，而是重点关注逆变器与对光伏应用产生深远影响的功能创新及新技术。

* 逆变器对光伏应用产生深远影响的创新及新技术

与常规参数相比较，逆变器创新及新技术正在解决光伏制造商面对的新问题，其图 5 所示为逆变器创新及新技术开启了一个时代示架构意图。

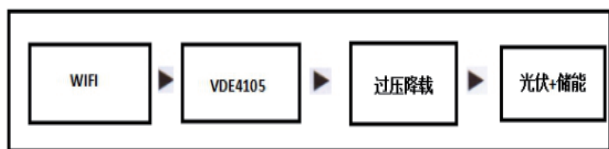


图 5 所示为逆变器创新及新技术开启了一个时代示架构意图

对图 5 的解析：

关于 WIFI 逆变器+WIFI，真正意义上开启了中小型分布式实时监控和运维理念的时代。中小型分布式光伏，与低成本且高效实时监控和运维之间，只差“一个 WIFI 的距离”。这不仅是逆变器创新的解决方案，同时对国内组串式逆变器品牌进军国际市场也具有深远的影响。随后的发展中，智能运维才更多的为人们更加深入的认识。当然，随着户用市场的普及，GPRS 监控方案已经越来越多取代 WIFI。

关于 VDE 4105 它不仅意味着分布式光伏发电接受电网调度的开始，同时也极大促进了光伏+储能应用的发展，在此之后，“组串式”逆变器基本都集成了有功功率可调的接口功能。其 VDE-AR-N 4105 是德国新的分布式发电系统低压并网标准，取代原低压并网指令 VDEW。VDE-AR-N 4105 适用于所有与低压电网连接的发电站，发电站的新建、运营、增容、改造，都必须考虑该 VDE 指令要求。而分布发电站主要包括：水力发电站、光伏电站、热电联产电站（CHP）、风力电站、内燃机、燃料电池等。故 VDE-AR-N 4105 更新了分布式发电系统的低压并网的接入规则并提出了新的技术要求。

关于过压降载 光伏系统并网，总是面临着全球普遍的“电网电压过高”的问题。最好的解决方案是电网改造(包括变压器和传输线路)，不过，这显然需要一个相对漫长的过程，部分地区和项目可接受。调整逆变器的输出电压范围。然而，逆变器的电压不能无限制的调高，否则会影响负载的寿命，甚至损坏。为此提供了“过压降载”的解决方案，一方面防止电压过高，另一方面让光伏系统持续工作。

关于光伏+储能 逆变器集成。储能功能，目前在国内外等地已经取得了极其广泛的应用，这毫无疑问是未来分布式光伏应用的主流形式，它不仅关乎电网稳定，同样也是微电网技术的重要基础。

* 逆变器拓扑结构的创新

从逆变器创新角度来分析，仅由上述技术与理念还不够，故接下来看两个逆变器的结构图，会发现：其实，逆变器也并没有那么复杂。值此以常规逆变器拓扑结构与新型离并网一体的逆变器拓扑结构作说明。

常规逆变器拓扑结构其逆变器核心的是“升压电路+逆变电路”，光伏逆变器大都会在逆变电路之前，配置升压

电路,这是依据光伏组件的工作特性,提高逆变器的适应性,保证业主的投资收益。而新型离并网一体的逆变器拓扑结构,见图5所示。

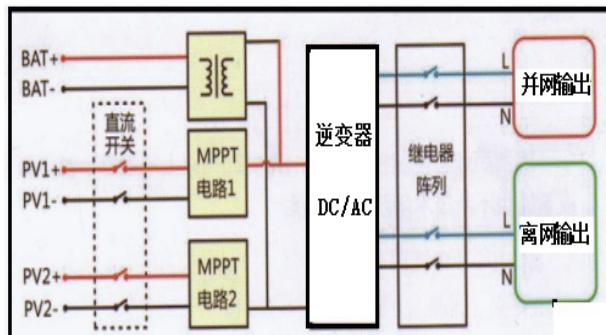


图5 所示为新型离并网一体的逆变器拓扑结构示意图

从图5结构看起来有些复杂,实际上,根据我们对并网光伏系统的理解,尤其是“电网要求的主动防孤岛”功能,如果让我们的光伏系统可以在离并网状况下都能正常工作,那么这台“离并网一体”的双向储能逆变器,它能输出,必须有“并网输出”+“离网输出”两个口。

而逆变器分为微逆 & 功率优化器 (250W ~ 500W)、

组串式逆变器 (1000W ~ 100kVA)、集中式 & 集散式 (500kVA ~ 2500kVA) 等多种。逆变器的每种技术路线没有绝对的好坏之分,事实上,它们只是适用于不同领域。值得说明的是,目前户用、工商业分布式光伏电站,都采用“组串式逆变器”为主。

4 后话

* 应该说上述分析的光伏系统非最大功率点跟踪的提升及其逆变器的创新技术只是多种应用方案中的典例。这在实际中使光伏系统获得了较好的收效,它是保证系统正常工作的必要手段。这也从另一层面上说明,光伏系统工作的复杂性和多样性。由此光伏人能更好了解不同的光伏应用场景。

* 为更好的理解逆变器在光伏应用及创新中的重要性,必须更新新规、功率密度、监控 & 运维智能化及无功补偿等新理念,它有助于对逆变器重新认识。其中监控 & 运维智能化,它是提到高效智能监控和运维,几乎80%以上的数据,都来源于高度智能且不断技术创新的逆变器。

上接154页

蓝色的线是比值差满足准确级0.1的互感器,而红色只能符合0.5级,但是这两个互感器,客户更愿意使用哪个呢,按道理,0.1肯定比0.5好,但是0.5级的线性度几乎为0,软件工程师只要做个系数变化,互感器就能工作在几乎没有误差的情况下,而0.1级的互感器,想要误差更小,必须进行多点的补偿。从这个极限的情况来看,线性度是不是也很重要。

最后说一致性,一致性在国标里依然没有定义,但是一致性在现代的环境中应该是一个极其重要的参数,何为一致性,一致性就是互感器与互感器之间的相似程度。越相似,互感器之间的误差就越小,互感器的通配程度就越高,软件工程师的工作量就越小。

现在我们可以这么说,互感器起到的作用就是一个优良的传感器,它的作用就是传递信号,把一次侧的电压或者电流信号传递给二次侧,在补偿技术不发达的昨天,我们要求准确级以减少后面的补偿难度,但在今天补偿技术

很发达,你的准确级差一点,甚至线性度差一点,但是我的补偿技术完全可以将其补回来。那大家肯定要说,那互感器不是很简单,随便做做,反正连准确级都不要了。不是这样的,你一个互感器补偿回来了,假如你100台1000台互感器呢,如果每个互感器之间误差很大,工程师岂不是每台都需要补偿,这样还不要累死,所以说这就涉及到互感器的一致性,保证互感器的一致性,工程师只要补偿一个互感器数据,其余都通配。这样就极大减轻了互感器补偿的工作量。

当然这个目前来说还不能够完全做到,因为现在的磁芯材料还不够稳定,一致性还不能完全满足要求,但是这应该是互感器发展的一个发现,就是一致性。

总而言之,今天给大家解释了互感器性能容易模糊的几个参数,有部分内容有点前瞻,但谁能保证我的前瞻是错误的呢。