

基于产品生命周期(PLM)技术的太阳能和风轮机系统设计新趋势

Design New Trend of Solar and Wind Energy Engineer System Based on PLM Technology

吴康

中图分类号: TN86 文献标识码: A 文章编号: 1606-7517(2014)05-6-126

0 前言

包括太阳能和风轮机设计在内均属发电公用工程,它是用于可替代能源项目设备的设计和制造软件。由此未来的发电资产必须是智能型高效发电资产,这样才能满足日益增加的全球电力需求。从先进设备的设计和制造,到环保型发电厂和发电资产的工程和建造,整个行业均需要进行创新。如今不少著名制造商开发了产品生命周期 (PLM) 软件与技术解决方案,为太阳能和风轮机设计等发电行业的公共事业工程提供了支持。该行业主要的业主/运营商以及设备制造商均利用产品生命周期 (PLM) 平台,实现协同、创新和信息管理。为此其生命周期技术与软件管理解决方案,可以作为设计思想帮助实施知识型的太阳能和风轮机等公用电力工程的设计与构建及维护。

值此本文将对基于产品生命周期 (PLM) 软件与技术的太阳能和风轮机系统设计在内的新能源信息的相关理念、特征与应用作研讨,并以总线型风电场系统与用隔离技术将太阳能光伏发电系统整合于智能电网系统为典例作分析说明。

1 产品生命周期管理 (PLM) 的理念

产品生命周期管理 (PLM) 可以定义为一种信息战略:它通过整合各个系统来构建一个统一的数据架构。也可以将 PLM 看作为一种企业战略:它使全球化的企业可以像一个团队那样进行产品设计、生产、支持和淘汰,并在这一过程中总结学习到的最佳实践和教训。PLM 既是信息战略,也是企业战略,而归根结底它还是一种变革性的业务战略。我们将它视为一种全面的手段,它允许在整个企业内访问一个通用的产品信息和流程存储库,并在此基础上进行创新。

PLM 软件能够使企业以最低成本高效地管理一个产品的全生命周期 - 从创意、设计和制造一直到服务和报废。计算机辅助设计 (CAD), 计算机辅助制造 (CAM), 计算机辅助工程 (CAE), 产品数据管理 (PDM) 及数据化制造贯穿于 PLM 的全过程。

PLM 与其它企业软件解决方案迥然不同,因为 PLM 通过可重复的过程提高了企业最重要的收入。通过提供以数字化方式创建、验证和管理详细产品与过程数据所需的应用深度和广度,PLM 为持续创新提供了强有力的支持。

可替代能源,预计全球能源需求将在未来 20 年增加 50%。由于全球对能源资源的需求越来越大,需要找到更多可持续的能源来源。而当今的可替代能源解决方案包括:集成化软件解决方案,用复合材料风机的设计、齿轮箱的机械设计、发电塔的设计和装配以及制造规划;有限元分析 (FEA) 工具,包括直接生成网格并填充,疲劳分析、工作负载、极限负载以及安装;一个单一的基本工程项目信息源,包括计算机辅助设计 (CAD) 文件、过程、排程表、资源、成本以及供应商管理;数字化制造解决方案,用以解决装配规划、机器人学、加工、以及工厂设计和后勤学科从过程创建到执行的挑战;一个与监测控制和数据采集 (SCADA) 相连接的维护、维修和大修系统,用于提供终生资产信息管理,包括配置、维修历史和位置信息,以便提供预测性维护和及时维护。

2 数字化制造是太阳能和风轮机等能源设备的设计和制造在内的主要加工手段

数字化制造范畴

数字化制造是利用仿真工具、三维 (3D) 可视化工具、

分析工具以及各种协同工具组成的集成化计算机系统，同时创建产品定义和制造流程定义的过程。数字化制造是由各种制造方案演化而来的，比如面向制造的设计 (DFM)、计算机集成制造 (CIM)、柔性制造、精益制造、以及对产品和流程设计协同要求更高的其它制造方案。如果没有一套综合的数字化制造策略，那么 PLM 的很多长期利益都是无法实现的。数字化制造是 PLM 与各种车间应用程序及设备实现集成的一个关键点，使设计部门和生产部门之间能够交换产品信息。这种信息对称机制，使制造企业实现了缩短产品投放市场时间和批量化生产的目标；同时，通过减少代价高昂的下游变更，还能实现节约成本的目标。通过数字化制造系统，制造工程师可以在一个虚拟的环境中创建某个制造流程的完整定义，包括：加工、装配线、加工中心、设施布局、人机工程学、资源。在制造产品之前，出于重用现有知识和优化流程的考虑，可以对产品的生产流程进行仿真。同时，数字化制造还可将实际生产作业反馈回来的资料融入产品设计流程中，使企业在整个策划阶段都能利用车间相关状况的实际资料。

数字化制造被广泛应用于太阳能和风轮机设计在内主要加工手段。设备制造商 (OEM) 可以对整个制造流程（工装、机加工、装配排序以及工厂布局等）进行数字化设计；同时，设计人员还可以进行下一个项目的设计工作。正是有了这种数字化设计，制造工程师如果在零件的可制造性方面碰到了一些限制因素，就可以立即反馈给设计师。制造工程师与设计师之间的这种协同，形成了对产品和流程设计的一套完整的视图。其数字化制造的优势在于可以帮助制造企业提高制造规划和生产流程两个方面的生产力。

3 基于产品生命周期 (PLM) 技术的设计思想在太阳能和风轮机系统构建中的应用典例

3.1 总线型风电场系统方案

当今绿色能源，随风而至。全球风电装机容量正以每年 18% 的速度递增。开发生产安全、增长稳定、适应气候变化的新能源是应对能源危机的首要措施，随着中国风电产业步入高速发展，则基于产品生命周期 (PLM) 技术与软件的总线型风电场系统脱颖而出，见图 1 外型结构组成图。

从图 1 可知为总线型风电场系统基本结构由发电机转子、发电机定子、变桨系统、偏航电机、叶片、风速仪、风向标、塔筒、轮壳及底座等组成。

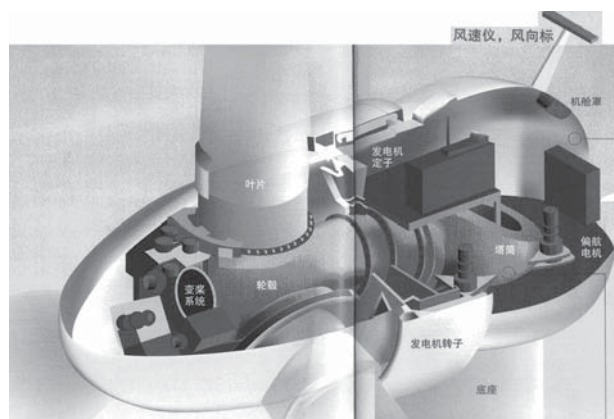


图 1 总线型风电场系统外型结构图

基于 PLC 技术的总线型风机系统整体结构特征及产品选择

应该说当今基于 PLC 技术的产品制造厂商为数不少，而能适用于总线型风电场系统的并不多。值此仅以 OMRON（欧姆龙）公司产品为例在风机系统方案中选择作说明。

对于电量监测领域可选用 KM50—E 系列小型电量计；系统应用了具有高分辨率、大容量的备像数据功能，实现了对现场 PLC 的灵活的数据访问并用来辅助设备的运行；选用 CSI 系列与 CJ2 系列可广泛应用于各种领域的高性价比的 PLC，使其具有完美的网络通信功能和极高的可靠性、可维护性给用户提供了一个非常好的选择，适用于机舱控制和主控制器；在生产现场配备微机，以便利监控机械和装置的运行状态智能化功能有助于进行测量和计数，可选用 Smartt slice I/O 型产品；具有卓越的电磁抗干扰性能优越的耐环境性能，选用接近开关的使用场合：桨叶到位、风机转速、检修门开闭。

总线型风电场解决方案

总线型风电场解决方案有二类合成。其一是，可采用 PROFIBUS、DeviceNet、CANOpen 这三种总线之一来实施。现场总线的主站和从站端子模块可以使智能子系统的连接高度灵活，如可以把变流器或变桨控制器连接到任意现场总线组合中；方案其二是以太网 (Ethernet)/IP。Ethernet/IP 是一种用于实现工业自动化的实时以太网现场总线，具有拓扑结构灵活、操作简便的特点。凭借其高速通信速度和用户数据传输率，Ethernet 具有快速控制技术以及实时风场网络监控等基本特征。由此有二类合成的总线型风电场方案构建框图见图 2 所示。它是基于 PROFIBUS 总线与 Ethernet/IP 合成选用 PLC 技术的不同产品所构成的风机系

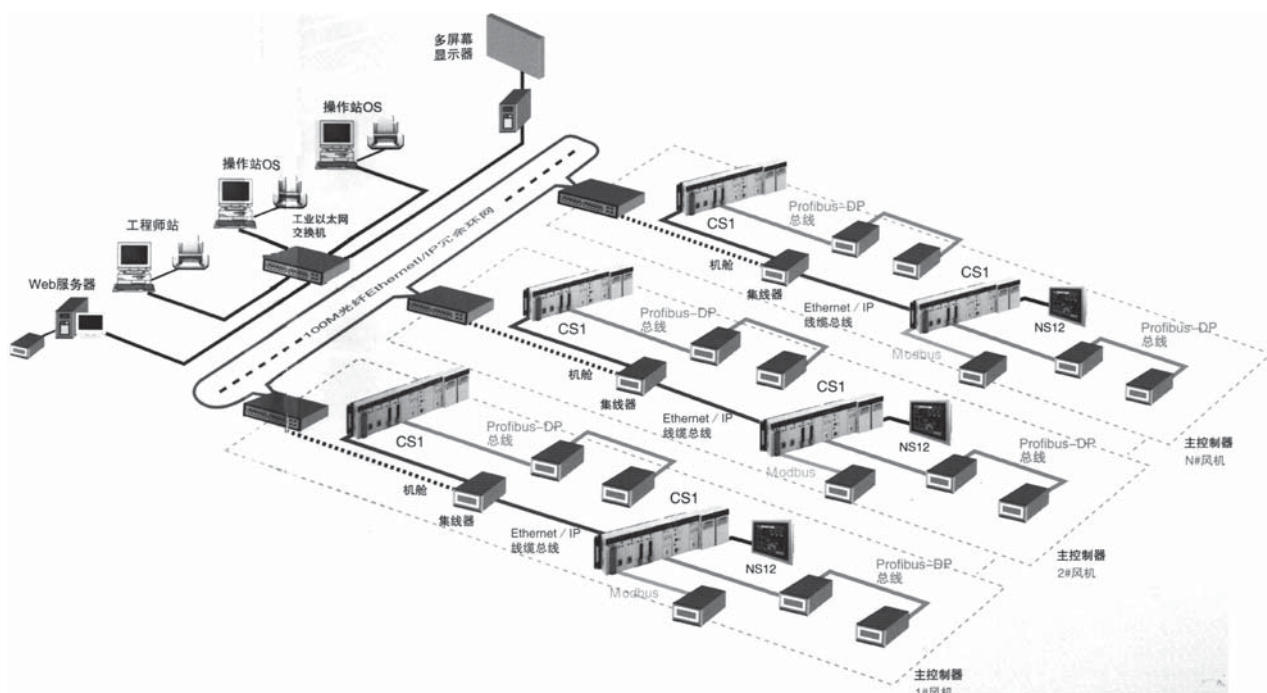


图2 基于总线型风电场构建方案示意图

统，其优势在于：

- PLC 性能卓越，技术性能领先

21 世纪的 PLC 产品，CS1/CJ2 系列性能卓越，CPU 采用 32 位 RISC（精简指令系统）芯片，实现了工业控制领域最领先的执行性能（如基本指令处理速度 $0.02\mu s$ 为业界最高速、本地 I/O 点数最大达 5120 点、模拟量 I/O 最大达 15360 点），同时还提供了指令执行与外围服务并行的处理模式，可以实现整体平衡的高速性能，使过程时间和精度最优化。

CS1/CJ2 系列 PLC 具有多种可用于风电行业过程控制的特殊功能和指令，使得无需进行复杂的梯形图编程即可简单地完成网络数据交换，回路调节编程等，满足高精度控制的要求，如数据链接表功能、协议功能、双精度浮点指令、带有自整定的 PID 指令、高精度逼近指令 ARP 等。CS1/CJ2 系列 PLC 完全金属底板支持、无需任何编程即可支持灵活的网络结构（Ethernet/IP 网、DeviceNet、Profibus、Modbus 等）。

- 优异的无缝网络通讯

其控制网络可与信息系统无缝连接，可进行三阶层（信息层的工业以太网 Ethernet、控制层的 Controller Link、设备层的 Profibus、DeviceNet、Modbus 等）和串口协议方式

等网络间高速、高可靠、透明通信，具有良好的开放性和先进性。

此方案选择了各风机的主控制器 PLC 站之间 100Mbps Ethernet/IP 光纤冗余环网，网络高速性和可靠性得到保证。风机内的主控机 PLC 和机舱 PLC 之间选择了 100Mbps Ethernet/IP 线缆型工业现场总线网，并完全符合 IEC61158 国际标准，能自由高效的进行 PLC 和 PLC 之间的数据共享。

- 通过协议功能构筑多厂商环境系统

它提供了一种“多协议生成器”属协议功能，可与任何开放协议的串行通信设备进行通讯，从而方便地构筑多厂商环境系统。

由于风电行业控制系统是一个典型的多厂商产品组成的系统，各厂商不同设备、仪表间通讯协议多种多样，故该协议功能可以兼容所有的开放通信协议格式，使多种通讯协议间的互连互通成为可能。真正意义上实现了控制系统的开放性，使得客户对控制设备、仪表等的选型余地得以大幅度拓展。

- 基于 PLC 的回路控制和模糊控制

根据风电行业用户的实际需要，推出了基于 PLC 的回路控制系统，该系统由回路控制单元、模糊控制单元、过

程 I/O 单元等结构单元构成，通过前馈、反馈、模糊等控制算法，使 PLC 不仅仅进行简单的顺序控制，在对连续量回路调节与控制方面也能够有卓越的性能，达到原本只能用昂贵的 DCS 系统才能达到的控制效果。

风机系统的典型应用

由于变桨距风力发电机的优越性显得更加突出：既能提高风力机运行的可靠性，又能保证高的风能利用系数和不断优化的输出功率曲线。随着风电机组功率等级的增加，采用变桨距技术已是大势所趋。

采用 OMRON 公司产的 CJIM 系列 PLC 作为大型风力发电机变桨距系统的控制器，已经在在变桨距风力机上作了成功应用，见图 3 所示。

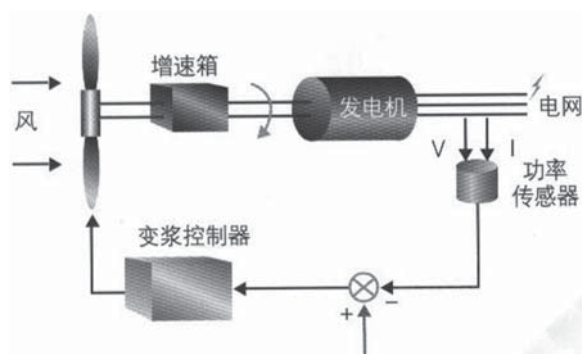


图 3 风机系统的典型应用的变桨距风力机示意图

采用这种 PLC 控制系统可以使风力机安全运行，在出现停机故障时可以迅速顺桨停机；运行时满足功率最优的原则，在额定风速之下时桨距角保持在 3° 不变，在高风速时能够根据输出功率调整桨距角的位置，使输出功率维持在 550kW 左右，在高风速阵风时，功率波动不超过额定功率的 10%，满足设计要求。

变桨距调速是现代风力发电机主要的调速方式之一，如图 3 所示为变桨距风力发电机的简图，调速装置通过增大桨距角的方式减小由于风速增大使叶舵转速加快的趋势。当风速增大时，变桨距液斥缸动作，推动叶片向桨距角增大的方向转动使叶片吸收的风能减少，维持风轮运转在额定转速范围内。当风速减小时，实行相反操作，实现风轮吸收的功率能基本保持恒定。

3.2 应用隔离技术将太阳能光伏发电系统整合于智能电网

隔离式 Δ 调制器 AD7401A1 的应用 隔离式 Δ 调制器

调制器 AD7401A1 是一款二阶 Δ 调制器，片上的数字隔离采用 ADI 公司的 iCoupler[®] #174；技术能将模拟输入信号转换为高速 1 位数据流。该 AD7401A 采用 5V 电源供电，差分输入信号范围为 $\pm 200\text{mV}$ （满量程 $\pm 320\text{mV}$ ）。模拟调制器对输入信号连续采样，因而无需外部的采样保持电路。输入信息包含在数据率为 10MHz 输出流中，通过适当的数字滤波器重构原始信息。串行 I/O 可采用 5V 或 3V 电源供电 (VDD2)。

图 4 显示的是应用隔离式 Δ 调制器 AD7401A1 将光伏发电系统整合于智能电网构建示意图。图 4 中有一对太阳能 PV 逆变器，它们接到与电网相连的电源总线，可以单独地进行测量和开关。每个太阳能电池板均连接到其 DC/DC 升压电路，然后连接到 DC/AC 逆变器。使用时，储能电池的连接和开关均受控制。它们接到与电网相连的电源总线，可以单独地进行测量和开关。

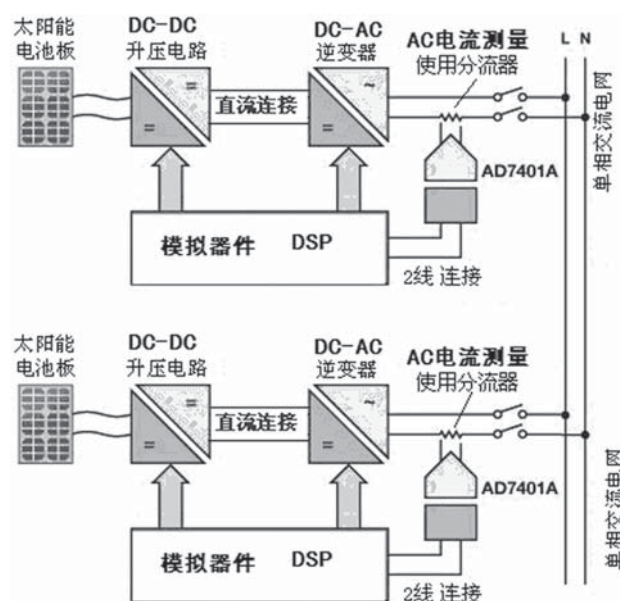


图 4 应用隔离式 Δ 调制器 AD7401A1 将光伏发电系统整合于智能电网构建示意图

数字信号处理器负责控制该过程

AD7401A 隔离式 ADC 测量约为 25A 的交流输出电流。太阳能 PV 逆变器系统可能在输出端连接有隔离变压器，也可能没有。如果为节省成本而省略该变压器，太阳能 PV 逆变器还必须测量输出电流的任何直流成分。该“直流注入”存在与否及其幅度是一个关键问题，因为如果注入电网的直流电流过多，则可能导致其路径上的所有变压器发生饱和。该值必须限

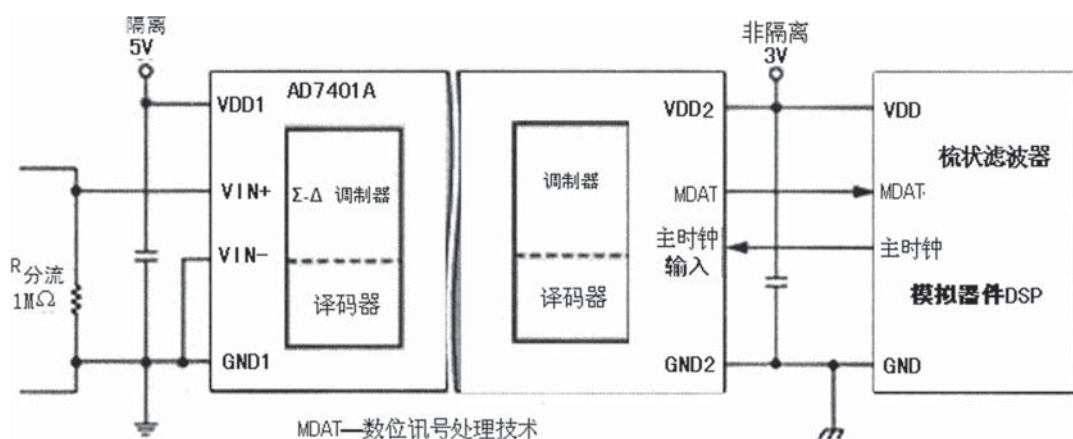


图 5 隔离式 AD7401A ADC 对分流电阻 (R 分流) 上的电压进行连续采样示意图

制在很低的微安范围内；因此，AD7401A 必须测量 25A 左右的交流电流和毫安范围内的低直流电流。AD7401A iCoupler 隔离式 - 调制器 ADC 对分流电阻 (R 分流) 上的电压进行连续采样，如图 5 所示。其输出为 1 位数据流，该数据流会被隔离并直接馈入 DSP，如图 4 所示。输出流中 1 的密度代表输入幅度，可利用 DSP 中实现的数字滤波器来重构。

太阳能 PV 逆变器系统中需要隔离，主要原因是交流电网上的高电压。即使是在单相系统中，交流电压也可能高达 380V。AD7401A 的隔离能力能够处理高达 561V 的双极性电压，因此非常适合该应用。采用 AD7401A 的主要优势之一是其小型封装允许 ADC 非常靠近实际的交流分流电阻，而 DSP 可能相距较远，甚至可能位于系统的其它电路板上。这可以提高测量和控制系统中的数据精度和可靠性。ADC 输出数据通过单个位流以串行方式发送至 DSP，其中时钟速率为 16 MHz 并由 DSP 提供。

这个系统可以测量高达 25 A 的交流电流和较低微安范围内的直流注入。实践这表明整个温度范围内分流电阻上的失调电流范围为 $\pm 20\text{mA}$ 。因此，该模块可以利用单个解决方案测量低至 20mA 的直流注入以及 25A (或以上) 的系统电流。电流变压器及其它类型的测量系统可能需要两个器件，一个用于测量较大的交流电流 (25A 左右)，一个用于测量较小的直流电流 (300mA 左右)。这是显示 iCoupler 技术如何降低智能电网整合成本的一个例子。

为将分流电阻上的功率损耗 (以及因自热效应而导致的热误差) 降至最小，其电阻值必须尽可能小，典型值为 $1\text{m}\Omega$ 。- 型转换器的极高分辨率使得可将分流电阻损耗保持在与传统磁换能器解决方案同等水平，同时提高精

度并降低失调。

隔离式栅极驱动器

对于给定太阳能输入，太阳能 PV 逆变器的效率越高，其每年发电量就越多，因而太阳能电厂的投资回报率也就越高。由于其成本较低，目前趋势是使用无变压器型电气系统来馈入公用电网。由于逆变器的效率水平相当高，因此需要更加注意其测量和控制电子设备的内部隔离，即逆变器 MOSFET 和 / 或栅极驱动器的电源部分和低压电路之间需要进行隔离。图 6 所示为太阳能 PV 逆变器隔离式 DC/AC H 桥电路的构成示意图。对于当今的新型 SiC 型 JFETS，该电路的直流链路电压范围为 300V 至 1000V。H 桥的电流输出波形由电感和电容进行滤波。输出继电器将经过滤波的输出以受控方式连接到电网。在高压环境中，需要使用栅极驱动器来驱动 MOSFET 的栅极和源极——太

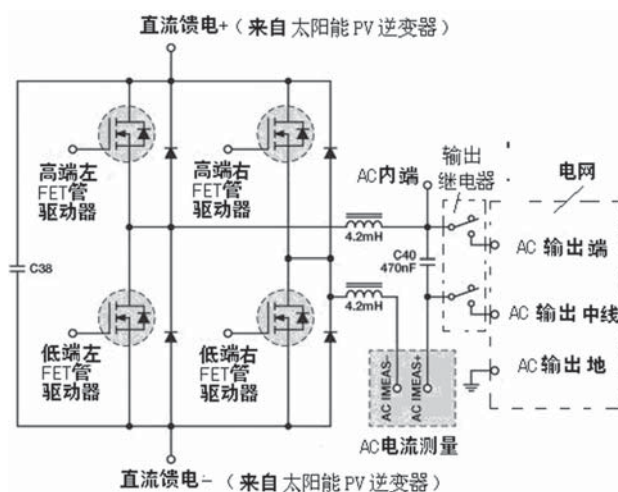


图 6 太阳能 PV 逆变器隔离式 DC/AC H 桥电路的构成示意图

阳能 PV 逆变器中又一个需要隔离的场合。

应该说, ADI 公司的隔离式 ADC 能够利用单个解决方案测量大电流和直流注入电流, 有助于构建高效而紧凑的智能电网整合电路。其 ADI 公司的隔离式栅极驱动器具有良好的共模瞬变抗扰度特性, 有助于确保这些新型 PV 逆变器系统的安全性和可靠性。

4 后话

上述 PLC 技术的总线型风机系统与用电流隔离是实施

智能电网来整合大量太阳能光伏逆变器, 均是基于产品生命周期 (PLM) 技术与软件的太阳能和风轮机设计应用典例。PLM 其本质在某种意义上说就是应用数字化制造技术来设计与构建太阳能和风轮机系统。当今, 典型的有 Siemens (西门子) PLM Software 提供的产品生命周期管理 (PLM) 解决方案, 用以改善能源设备的设计和制造, 包括按单工程、按单装配、按单配制以及与这些资产相关的长期支持过程。为能源设备或公共发电基本工程项目的设计和制造提供了一个全球协同平台。