电力监控

智能风电场实时网络系统

德国倍福自动化有限公司基于 PC 的控制技术具有良好的开放性和灵活性，可为广大风电客户提供全面、优质的风力发电机和风电场电力监控解决方案。

文 | 德国倍福自动化有限公司

随着近年来风力发电装机容量的不断提升，风力发电占所在电网的比例也随之持续增加。众所周知，风能具有高度的随机波动性与间歇性，所以大规模的风电接入会对电力供需平衡、电力系统安全以及电能质量带来诸多严峻的挑战。因此，国家电网提出了风电场接入电网的技术规定，由此产生了电网友好型风机和风电场的概念：风机具有有功、无功调节和低电压穿越能力，确保电网发生波动时风机不解列；风电场拥有风功率预测系统，能够完成风电场 48 h 内的短期功率预测和 15 min ～ 4 h 的超短期功率预测；集中优化配置有功功率和无功功率控制系统，实现风机的远程调节控制。

基于以上几点，不少整机制造商提出了智能风电场的概念，通过风电场网络能够远程集中监控风机和风电场的运行，并能实时对功率进行控制。德国倍福自动化有限公司系列产品包括工业 PC、I/O、现场总线组件和 TwinCAT 自动化软件，高性能的 PC 和功能齐全的端子模块，可为广大风电客户提供全面、优质的风力发电机和风电场电力监控解决方案。

风电场的电力监控实时网络

该方案是基于倍福系列产品的风力发电机组和风电场的调度实时网络方案。如图 1，该方案基于倍福的工业 PC、电力测量端子模块、带光纤接口的 EtherCAT 耦合器和实时的 EtherCAT 技术。倍福工业 PC 上运行专用的能量管理平台，具有强大的风电场电力监控功能，该平台提供与电网调度接口，集中实时控制风电场的电压、功率等，保证风电场与接入地区电网相互协调运行，实现高效的风电场运行和管理。EtherCAT 光电转换耦合器模块把能量管理平台与风电场内的风机连接到一起，组成风电场电力监控实时网络，可在风电场网络中实现小于 1 ms 的实时控制任务。专用的电力测量端子模块配合特有的低电压穿越控制模块，监控风场电网公共接入点和单台风机并网侧的电网状况（电压、频率、有功及无功等）。

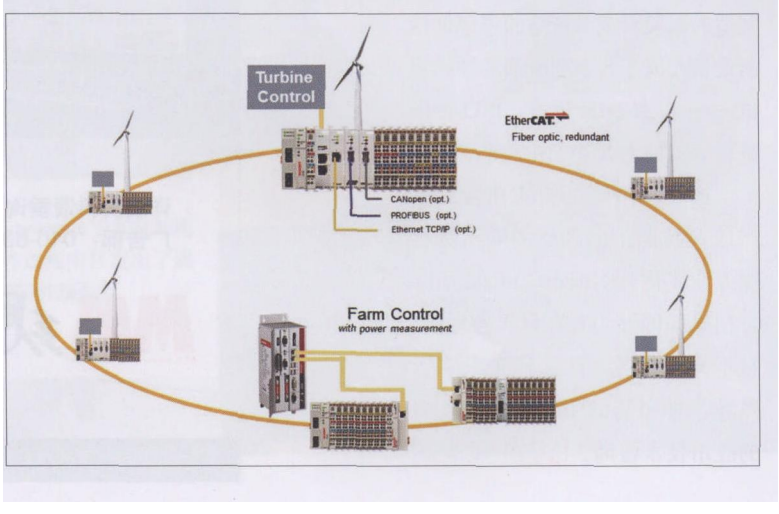

图 1 风电场电力监控实时网络

1. 单台风力发电机组的电力监控

该方案采用了倍福嵌入式工业 PC CX5020 控制器作为单台风机的主控制器，主控制程序基于 TwinCAT 软件，运用倍福自主开发完善、高效、成熟的风电专用功能库，集成先进的控制算法，很好地协调控制风机各部件和子系统的运行。根据当前的风况和风电场能量管理平台的控制指令，控制风机的输出电压、频率和功率等，保证风机的稳定运行。

控制器自带的以太网接口可连接到交换机模块 EL6601，可以通过 ADS、OPC、Modbus TCP 等通信协议与风电场的 SCADA 系统进行数据交换。通过 EtherCAT 网桥模块 EL6692 和扩展模块 EK1110 接入风电场实时控制网络，与能量管理平台进行通信，满足对整个风电场实时控制的需要。EK1501 作为单台风机与风电场 EtherCAT 实时网络的接入点。

EL3413 模块可直接监测单台风机并网侧的 690 VAC 电压、电流、频率、有功、无功、发电量，以及 21 次以内的谐波等。风机主控系统通过采集的电力数据监测风机运行状况，相关的数据可通过风场网络传送到风电场中控室的能量管理平台和 SCADA 系统。

2. 风电场公共接入点电力监测

如图 2，具有 XFC 超采样技术的电力测量模块 EL3773 对风电场电网公共接入点进行监控。倍福工业 PC 上运行的能量管理平台通过 EtherCAT 耦合器接入到风电场实时网络，采集公共接入点处和每台风机并网侧的电网状况，通过平台里专用的控制程序统一调控整个风电场的电压、频率、有功和无功等。

通信架构：风场实时网络为环网方式，使用单模光纤通过 EtherCAT 总线和相应的耦合器 EK1501 把风场的风机连接成通信环网。风场中的每台风机的主控制器 CX5020 可通过以太网交换机模块 EL6601 接入风场网络，并使用 EtherCAT 网桥模块 EL6692 实现与能量管理平台的实时通信。

EtherCAT 为系统的实时性能和拓扑的灵活性树立了新标准，分布于 100 个节点的 1000 个开关量刷新时间仅为 30 μs。同时，它还明显降低了现场总线成本。采用 XFC（极速控制）技术后，利用时间戳可获得小于 100 ns 的时间分辨率。

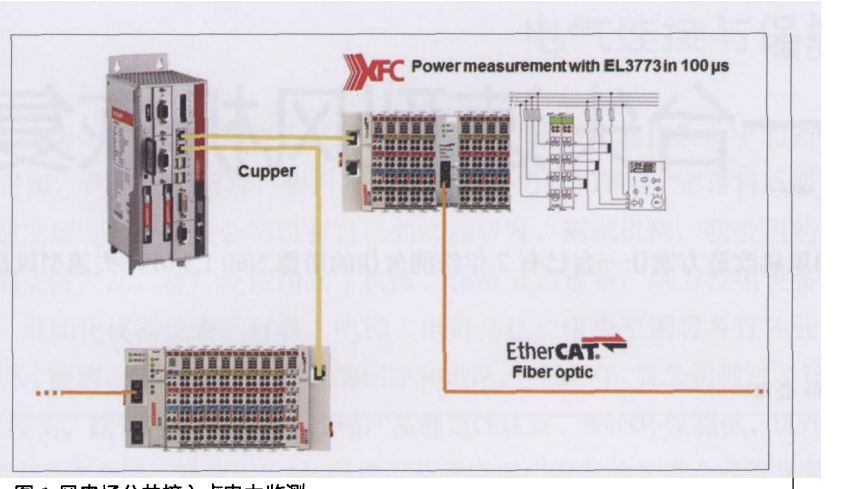

图 2 风电场公共接入点电力监测

关键设备：CX50x0 系列是符合标准 DIN 导轨安装方式、无风扇、宽温型的嵌入式控制器，CX50x0 采用 Intel Atom 低功耗处理器，CPU 主频可达 1.6 G。带有 2 个独立的 kM 以太网端口和四个 USB 2.0 接口，可以通过 DVI 接口与倍福控制面板或标准 DVI 显示器相连。根据需要，也可添加一个串口（RS232/RS422/RS485）或具有主站或从站功能的现场总线接口。位于盖板后面并可从外部拆装的可互换的 CF 卡作为引导和存储介质。CX5000 系列还内置了一个 1 s UPS，可确保在 CF 卡上安全备份持久性应用数据。

EK1501 /EK1521 是带光纤接口的 EhterCAT 耦合器和接口模块，具有 EtherCAT 的光电转换和耦合功能。使用带单模的光纤接口的耦合器和接口模块，可以实现 EhterCAT 光纤线缆冗余系统，最远的距离可达 20 km。

EL3413 专为风电机组设计，用于单台风力发电机的电力监测，不需要电压互感器可直接接入 690 VAC。检测电流信号的通道是相互隔离的，可以与各种通用的电流互感器进行连接。该电力测量模块能对电压、电流、频率、有功、无功、功因以及发电量，上至 21 次谐波等相关指标进行监测。

超采样电力测量模块 EL3773 采用倍福 XFC 技术，6 个通道可同时以 100 μs 的精度进行采样，基于采样所得的电流电压，客户可以计算出真有效值及实现复杂的自定义算法；支持分布式时钟。

EL6692 用于不同主站的 EtherCAT 网段之间的数据交换，同时它还可以同步各个网段的分布式时钟。EL6601 为以太网交换机模块，用于将以太网设备与 EtherCAT 端子模块网络进行分布式连接，交换机端子模块可安装在 EtherCAT 网段中的任意位置，无需进行任何配置。

倍福风电功能库为风机主控开发带来极大的便利

风电功能库集合倍福多年风电主控系统开发的经验，以模块化的形式组成，且源代码完全开放，帮助技术人员深入理解风机的控制。使用这些功能库，能够显著缩短主控制程序的开发时间，也可对现有程序的主控制架构、控制代码和逻辑进行优化。MM