

从样机到批量生产：Multibrid M5000 海上风力发电机组

## PC 控制应用于海上风电场

→ Multibrid GmbH 从不会为陆上风电场而费心：5 MW 的 M5000 风力机从一开始就是专为海上风电应用而设计的。Multibrid 通过与 Beckhoff 紧密合作，为批量化生产 M5000 提供了一个集成平台的控制方案。





#### M5000 规格

额定功率:	5 MW
风轮直径:	116 m
风轮速度:	4.5 – 14.8 rpm
最大叶片速度:	90 m/s
海上轮毂高度:	90 m (样机 102 m)
机头重量/扫风面积:	< 30 kg/m <sup>2</sup>

早在 2004 年，Multibrid 就开发了样机，虽然在三年之后才正式投入了批量生产。2007 年中旬，Multibrid 开始在位于德国不来梅港的工厂安装风轮直径为 16 米、轮毂高 90 米的 Multibrid M5000。

当项目经理 Bernd Zickert 于 2005 年加盟该公司时，他就发现了这样一个很常见的技术现状：用于风力机的控制和自动化系统并不是基于一个集成的平台。硬件组件来自四个不同的制造商，这意味着 Multibrid 工程师必须熟悉不同的系统。组件和数据采集的协调也是个问题。

对于 Multibrid 样机，这种内部差异很有意义，因为它可以显示出设计的弹性，并为最终决定批量生产奠定基础。为此，公司必须试验各种选项。两年前，他们完成了 M5000 的首次现场试验。试验表明方案基本可行。Multibrid 所面临的另一个挑战是，必须为批量生产和海上风电场运行做好准备。

通过对风力机所承受各种环境影响的模拟仿实现样机的试验，包括各种可能的故障和故障场景。“针对仿真，我们为所有系统接口创建了一个精确的模型。” Bernd Zickert 说道。“我们能够进行深度开发来提升系统性能。”开发的重点主要集中在系统生产、安装、运行及维修方面的可行性。2008 年，Multibrid 打算建造 13 个系统，其中 6 个计划用于 Alpha Ventus 海上风电场。Alpha Ventus 是德国首座海上风电场。它是一个具有开创性意义的合作项目，E.ON Climate & Renewables、EWE 和 Vattenfall Europe New Energy 都有参与该项目。

### 低磨损技术降低系统故障

Multibrid 的设计显示出他们的雄心壮志。与其它大部分风力机制造商不同，Multibrid 使用的是永磁同步发电机。大部分的电力供应商使用的都是同步发电机，而风电行业更倾向于使用异步（感应）发电机。Multibrid 决定使用一个带环设计的多极同步发电机，这表示，它以成熟的技术为基础，同时还具有磨损极低的优点。这一点特别是对海上风电场运行来说是个极大的优点，在海上风电场中，服务、维护及维修比陆上更加困难，特别是在天气很恶劣的时候。任何不容易出现故障的设备或性能特点都会让风力机更为可靠。

### 重量轻，便于建造和安装

为了便于运输并确保安全和快速安装，M5000 的一个重要设计 requirements 是减少机舱和风轮的重量。Multibrid 在风轮和发电机之间放置了一个减速比为 10:1 的单级减速机。发电机通过一个四象限逆变器连接至电网，通过该逆变器，可以实现变速运行。同时，它满足电网调度员为高级风力机所规定的要求。采用这一设计方案后，Multibrid 将风轮、轮毂和机舱的总重量减少到约 310 吨。

尽管 Multibrid 风力机的额定功率较高，但其外形却极为紧凑：机舱尺寸仅为 7 米高、10 米长，与其它同类产品相比，该系统更加小巧、轻便。这样可带来很多优点：用三角架基础支撑的管状钢塔可给定不同的尺寸。机舱可在陆地上预装配，然后在海上作为成套设备安装。



德国不来梅港的生产车间直接坐落于港口，方便船只运输

海上风电场运行的重要要求就是机舱的密封性：空气处理系统从环境空气中分离出盐和水粒子，在机舱内生成正压，避免具有侵蚀性的海洋大气进入，保护易受损的控制元件受到侵蚀。

#### 集成的控制平台使系统管理更加简单

自动控制系统的改造工作由 Bernd Zickert 实施，他们的团队负责对系统进行简化。控制器数量从 5 台减少为 2 台。除了塔筒中的主控计算机之外，还有一台轮毂中的计算机，用于提供冗余功能，并防止通过滑环连接数据传输的丢失。

整个硬件平台都由 Beckhoff 组件替换，建立了一个集成的控制系统，提供协调、简单的处理、连接和数据流。系统处理 500 多个数字量和模拟量信号。这在维修和维护时特别有好处：维修技师仅需熟悉一个运行操作指导系统即可，这样可大大减少培训和调试成本。



## Multibrid

Multibrid 成立于 2000 年。公司主要开发和建造 M5000 海上风力发电机。他们与供应商合作，有一支专家团队负责不断开发重要的系统组件，提升 Multibrid 技术。通过挂靠 Prokon Nord 公司，Multibrid 能够利用他们在风电场工程建设中长期积累的经验。

工程规划公司 Prokon Nord 很早前就已进军海上风力发电领域，在北海和诺曼底海岸设计了三个风电场，在后两者中共安装了 181 个风力机，每个风力机的功率为 5 MW。Prokon 的介入对 Multibrid 的帮助很大：由于市场的巨大需求，新的开发项目在经济上是可行的。法国能源公司 Areva 于 2007 年 9 月购买了 Multibrid 51% 的股份，他们的介入为 Multibrid 提供了可靠的财力支持。公司能够将好的理念实施到良好的商务活动中。同时，Multibrid 的生产正在进行中。



### M5000 控制系统的控制结构

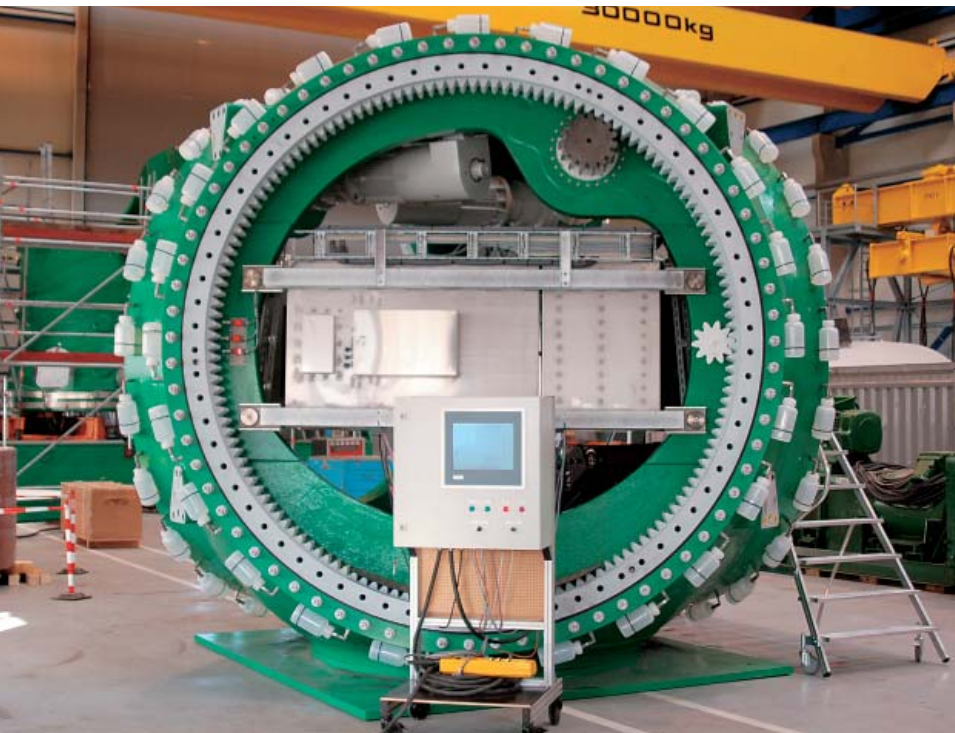
- | 主控计算机：CX1020 嵌入式 PC，Windows XP 操作系统
- | 轮毂计算机：CX9000 嵌入式 PC，Windows CE 操作系统
- | 自动控制软件：TwinCAT PLC

#### HMI

- | 嵌入式控制面板 CP6832

#### I/O

- | 总线系统：EtherCAT（PROFIBUS，带 EtherCAT 模块）
- | I/O 系统：总线模块 / EtherCAT 模块
- | I/O 模块：
  - 各种数字量 / 模拟量 I/O
  - 电力测量模块
  - 继电器模块
  - SSI 角度测量模块
  - 增量编码器接口模块
  - 串口通讯模块



M5000 试验台主要用于减少功能试验和调试时间，优化操作步骤和控制过程



## 开放式系统理念便于深度开发

为了减少可能的组件故障所带来的影响，传感器、执行器和辅助系统均使用冗余设计。这特别适用于空气处理、油品供应与液压系统以及轮毂和冷却系统的电池充电器。

基于 PC 的控制技术可确保系统的开放性。Multibrid 工程师 Zickert 认为这是一个特别有意义的性能特点，因为它为自动化控制系统的深度开发提供了广阔的空间。“毕竟，我们所处的是一个具有高度动态性的领域，科学技术的发展日新月异。”第三方设备可通过相应接口轻松集成到系统中。系统的开放性还将能够集成新功能的 I/O 模块。

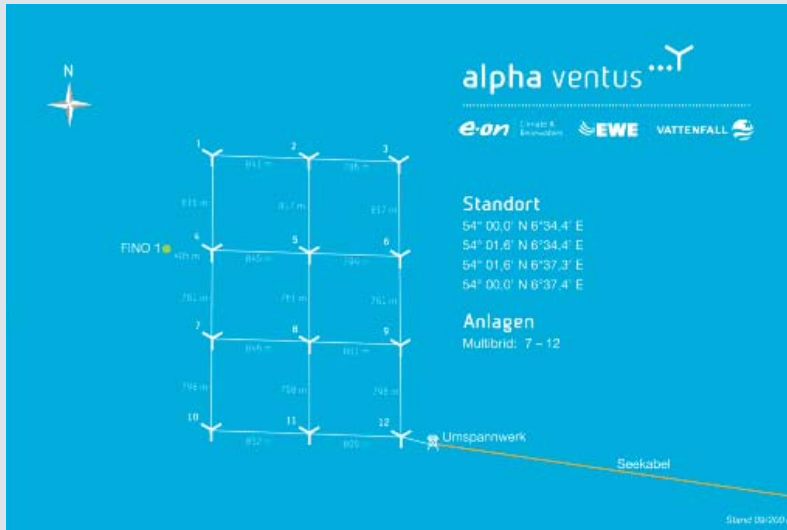
基于 Windows 标准操作系统的 Beckhoff TwinCAT 控制软件，简化了操作指导工作，确保与常规的用户界面兼容。这对由 SCADA 系统提供的数据流和信息的可视化也产生了积极影响。控制系统支持现场的安全访问，而在控制中心也可由多名用户同时进行访问。可对参数进行修改，以满足具体的应用要求。系统的故障分析能力得到很大提升。系统可通过因特网协议经由光缆实时监控。

一个集成的 ORACLE 数据库系统可以在离线状态下（例如，在系统通讯出现故障时）将需要传输给控制中心的文件保存 50 天之久。存储能力取决于所使用的闪存卡大小。系统存储所有与风电场管理相关的数据，包括运行数据（10 分钟均值、跟踪、计数器）、错误日志分析、功率曲线、生产、无功功率、内部能耗及运行模式等数据。

## 全面的仿真为质量提供保障

由 Multibrid 团队与 ISET（德国卡塞尔大学的太阳能供电研究院）密切合作开发的仿真软件质量尤为重要。该软件通过 TwinCAT 可实现系统状态和数据交换的实时仿真。Beckhoff 负责提供相应的硬件，并参与到 SCADA 系统的开发工作中。

试验台用于初步检查理论假设、方案的合理性，也可用于员工和客户培训。此外，Multibrid 将其发展为一个高效的质量保证工具：所有的系统控制组件都映射在试验台上。系统能够仿真所有的执行器和传感器以及与风力机控制设备之间的通讯。这样，控制系统与其它系统的功能能够在安装前完全得到检验。与其在恶劣的海上条件下还要安装带未经验证功能的组件，不如在交付前就保证组件和子系统的质量。这对实施更新和改造措施也非常有益，不再需要像测试版那样进行现场试验，但可在安装时进行大量的功能试验。



## Alpha Ventus: 德国首座海上风电场

Alpha Ventus 海上风电场是一个具有开创性意义的合作项目，E.ON Climate & Renewables、EWE 和 Vattenfall Europe New Energy 共同参与了该项目。该风电场座落在北海（距波尔库姆岛（Borkum）北部 45 公里，水深 30 米（98.4 英尺））。Alpha Ventus 是德国首座真正意义上的海上风电场。Alpha Ventus 研发项目的设计、建造、运行和并网对未来海上风电场的商业化运营具有重大意义。在 2008 年的项目进度规划中，他们要为风电场南部安装六台 Multibrid M5000 风力机，建造海上风电站。风电场有望于 2008 年秋并网，并计划于 2009 年夏在风电场南部再安装六台不同型号的风力机。

风力机各组件机舱、风轮叶片、塔筒组件及地基结构等预先独立在陆上安装，最终在海上装配成为一台完整的风力发电机组。

12 台风力机分布在 4 平方公里的（1.5 平方英里）区域内。这些风力机组成一个矩形，分为四个平行的行，每行有三台风力机。在该网格状结构中，风力机之间的距离约为 800 米（约 0.5 英里）。Multibrid M5000 风力机使用三角架固定。此处的水深大约为 30 米（98.4 英尺）。安装面积达 255 m<sup>2</sup> 的三角形支架需要 56 人。一台风力机重量约 1000 吨，相当于 200 头成年大象或 22 节火车车厢的重量。扫风面积约为一个半足球场的面积。在风轮最大转速下，叶尖以每小时 300 公里（186 mph）的速度划过空气。

该风电场所处的位置平均风速为 10 米 / 秒，相当于蒲福风力等级 5 级（19 - 24 mph 或 39 km/h）。设计人员预计风电场每年能够持续满负荷运行 3800 小时。与陆上风电场相比：地理位置优越的陆上风电场：平均风速约为 5 米 / 秒，电场每年能够持续满负荷运行约 2200-2500 小时。

### Alpha Ventus 主要数据

- | 风力机数量：12 台
- | 总功率：60 MW
- | 每年预计发电量：  
约 220 GWh (= 可满足 50,000 户三口之家的电力消耗需求)

