

建立弹性电力系统

通过先进通信技术实现现场供电可靠性

关于我们

巴斯勒电气是励磁系统、电压调节器、发电机组控制、保护继电器、和定制变压器。

巴斯勒还通过其 E2 电力系统子公司提供交钥匙工程服务。

我们的产品可以控制和管理发电，通常应用于发电厂、变电站、水电站、农业设施、机场、炼油厂、电信设施、工厂、海洋和许多其他发电相关领域。

自 1942 年创立以来，我们的产品已遍布全球超过 145 个国家。

关键使命型业务依靠持续的电力供应来维持正常运营

任何电力中断都会给消费者带来巨大的损失，并可能造成危险局面。当不得不断电时，关键使命型业务依靠可靠的现场电源，自动消除延迟和操作错误。

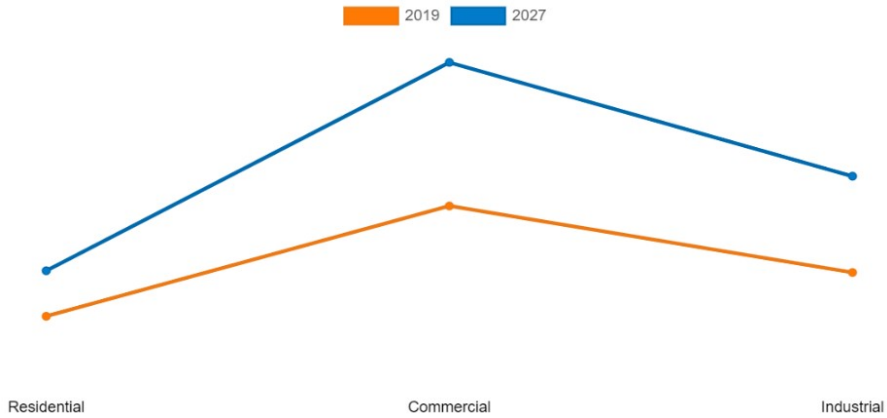
最近的许多全球性事件提高了消费者对电力安全的关注。在过去几年中，美国西海岸和澳大利亚多个沿海地区的森林火灾事件导致了大停电。在美国和加勒比海登陆的大风暴和飓风已经摧毁了输电和配电基础设施，造成长时间的被迫停电。在2021年2月的北美冬季风暴中，德克萨斯州异常寒冷的结冰天气导致了大范围停电，让许多居民取暖、饮水和食物的基本需求得不到满足。在美国的一些地区，化石燃料发电厂已经被停止使用，但是没有被替换上同等容量的其他发电设备。风能和太阳能等分布式能源的数量有所增加，但它们是间歇性的，没有对应的电池储存系统来进行电力储备。所有这些情况都促使工业和商业用电用户认真考虑投资电力安全，以确保业务活动平稳进行。

在美国和加勒比海登陆的大风暴和飓风已经摧毁了输电和配电基础设施，造成长时间的被迫停电。



飓风“玛丽亚”过后，波多黎各的输电塔被毁

虽然多种方式的分布式能源（DERs）出现在商业、工业、学校、政府和军事设施的现场电力系统中，但是由往复内燃机（RICE）驱动的发电机（通常称为发电机组）仍作为装机发电设备的非常重要组成部分。这在很大程度上是由于它们拥有作为备用发电的独特优点，比如每千瓦装机成本低、功率密度高、对系统干扰作出快速响应，以及这是众所周知的成熟技术。



按行业划分的柴油发电机预计需求

持续和稳定电力供应的需求不断增加

2020年6月16日，彭博新闻社发表了一篇文章，预测到2027年，全球柴油发电机市场份额将达371亿美元，年复合增长率为9.8%。这一趋势归因于对持续和稳定电力供应的需求不断增加，以及工业化和城市化的快速发展。2019年，大型柴油发电机(>375 kVA)占全球柴油发电机市场的份额近60%。由于采矿、医疗保健、商业中心、制造业和数据中心等大型行业的需求增加，预计这一趋势将持续下去。(Allied Market Research, 2020) 这些高度敏感的行业严重依赖于稳固的电力系统来维持正常运营。任何一次停电可能导致重大的收入损失，面临危险境遇，甚至危及人们的生命安全。

在公用电力中断的情况下，可靠的现场电源尤为重要，同样重要的是确保电源和工厂电力平衡得到有效控制。NFPA110对关键业务的一个关键要求是，针对生命安全相关的电力负载需求，在公用电力中断后10秒内备用发电机必须投入供电。为了一直满足这一要求，发电设备在很大程度上依赖于自动化控制系统。在设计此类系统的体系结构时，可以采用多种方法，需要考虑运行顺序、发电机管理、负载管理、自动化程度和其他因素。控制方式可以是集中式、分布式，也可以两者兼得。

集中式控制更为传统，基于客户机-服务器体系结构，通常与可编程逻辑控制器(PLC)编程相关联。PLC控制器通常是客户端通过网络向多个服务器设备发送指令和请求数据。从操作的角度来看，这一既定的联网方法似乎非常容易理解。PLC控制器非常灵活，程序员可以创建逻辑来定制系统，以满足现场的特殊需求。但是PLC也有其弱点。它们引入了单点故障，如果主PLC控制器发生故障，整个系统就会发生故障。

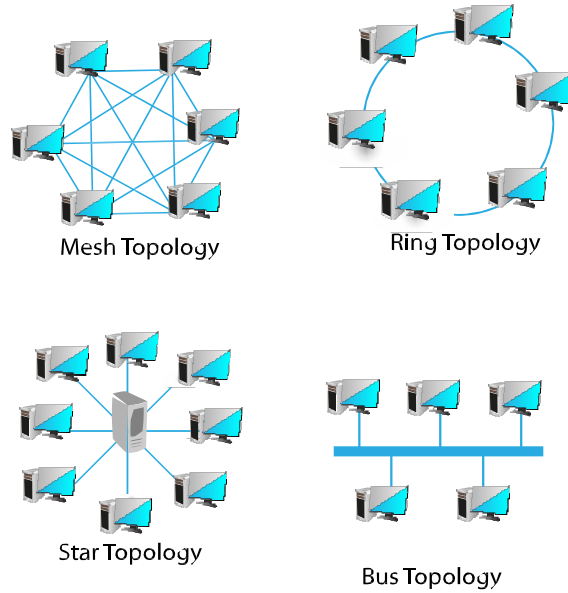
其次，网络中的一个集中式节点造成了一个瓶颈，所有的网络流量都必须通过这个瓶颈进行传输。最后，编写PLC逻辑是一项专业技能，通常由专家执行。由于专家们有自己的个性化编程风格，很难将知识从一个PLC程序员转移到另一个PLC程序员，而且随着PLC程序员退休，整个行业出现断层。这种发展趋势给年轻的现场技工带来了重大挑战。

在公用电力中断的情况下，可靠的现场电源尤为重要，同样重要的是确保电源和工厂电力平衡设备得到有效控制。

集中控制的替代方法是分布式控制。现代发电机组控制器采用了这种结构，包括点对点网络，允许不同的控制器根据情况指挥操作。点对点网络允许多种拓扑，包括网格型、环型和星型。

Network Topologies

现代发电机组控制器采用了点对点网络，允许不同的控制器根据情况指挥操作。

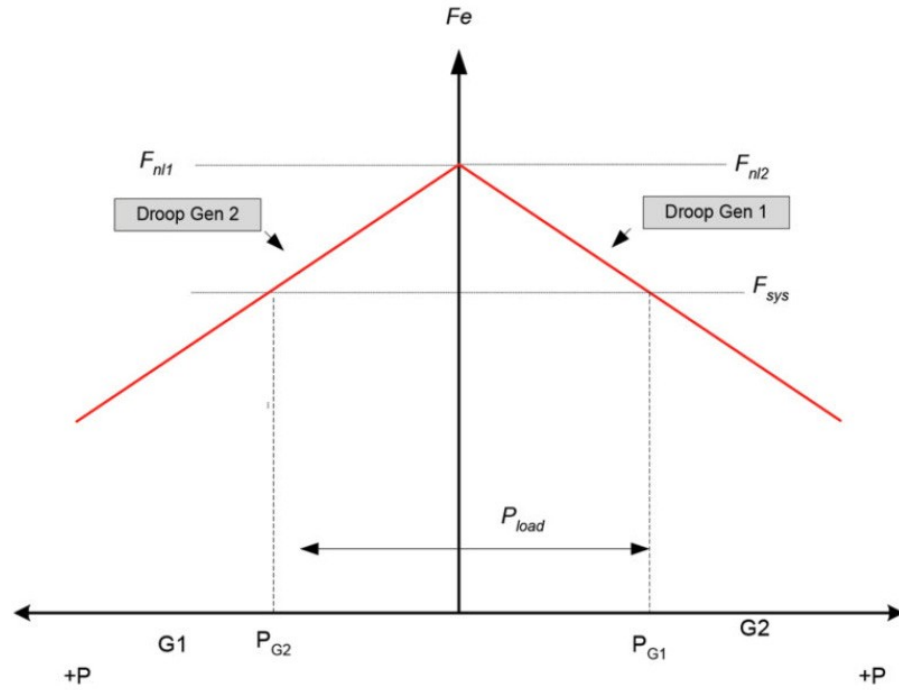


发电机组间通信网络是所有先进自动化系统级控制的支柱

发电机组、断路器和工厂电力平衡设备上的控制器直接相互通信，以协调其决策。这种技术的优点无数。发电机组间通信提供了一种简单有效的媒介，以支持负载分配、无功功率分配、发电机管理、负载管理、并联、系统级协调以及与外部系统的通信。

在过去，运行人员完全依赖发电机组的转速降和电压降特性来控制负荷（kW）和无功功率（kvar）的分配。在调试期间，将调整调差设置，以优化负载和无功功率分配。当每台机器上的功率从空载（NL）增加到满载（FL）时，发电机频率将降低。同样，当每台机器上的无功从空载增加到满载时，电压也会降低。因此，不可能在每台机器的负载曲线中保持一致的电压和频率。

强大的发电机组间通信网络是确保客户在停电期间发电设备可用的关键。



(图示 3) 当使用调差进行负荷分配时，发电机频率从 NL 降到 FL

随着先进的比例-积分-微分 (PID) 控制器在发电机组控制器中的引入，网络负载分配在维持系统频率的同时允许多台机器之间进行负载分配，从而解决了这一问题。控制器能够相互通信，以确定网络上有多少负载、多少台机器在线，并在机器之间按比例分配，提供有功功率。无功功率以类似的方式进行分配。由于频率和电压保持一致，电能质量得以保证。

除了使有功功率和无功功率分配更容易和更可靠外，先进的发电机组控制器网络允许发电机组根据其分配的优先级进行调度。发电机的优先顺序可以最大限度地提高燃油效率、优化服务间隔、减少排放等。以这种个性化方式实现发电调度自动化对于没有人力日常管理备用发电机组的客户非常有价值。这类客户的精力应放在他们的业务运营，而不是发电机操作。他们需要确保他们的发电设备在停电期间可用。强大的发电机组间通信网络是满足这一需求的关键因素。最终用户能够保持适量的发电机投入运行，而获得的足够的备用容量来维持电力系统稳定，同时避免过量的发电机组投入运行而造成的不必要的浪费。发电机随着负荷增加和减少自动循环在线和离线，从而优化发电调度。发电调度自动化可以消除人为错误获得更加稳定的效果。

发电机组间通信网络的完整性是建立可靠电力系统的重要环节

尽管发电机组、工厂电力平衡设备和控制系统的质量可能较高，但发电机组间通信网络的完整性是创建可靠电力系统的关键环节。如果一台控制器的通信中断，由该控制器控制的发电机组将不再参与负荷分担。如果电网上的其余发电机组不能承载负荷，这可能会导致严重的问题。可能引起过载情况，整个系统可能会很快被殃及。减轻这种风险的一种方法是为每个控制器提供一条冗余的网络通讯线路，以便在主线路发生故障时，自动切换到冗余线路。这种级别冗余允许在发生通信故障时，实现无扰动切换，继续合理分配有功与无功。

另一种降低风险方法是设置通信丢失启动调差投入。这将迫使机器在脱离负荷分配网络后投入调差，这样网络上的其余机器就不会出现过载。一旦通信失败的机器恢复到网络上，它们就可以像以前一样参与网络负荷分配。

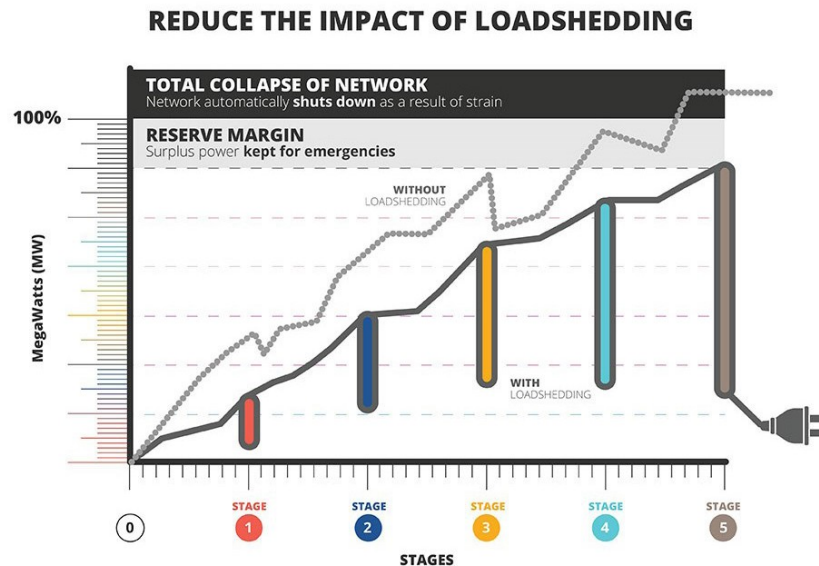
通常，在停电后，一条负荷母线会断电，需要快速将多台发电机并联，以满足NFPA110 10秒启动的规定。然而，如果多台发电机断路器同时合闸在母线上，则可能非同步合闸，这会对人员安全构成重大威胁，并造成发电机灾难性损坏。为了避免这种情况，多台发电机组控制器通过发电机组间通讯网络相互通信，并相互仲裁，以确定哪个发电机组首先合闸到死母线上。一旦母线带电，其他发电机组在他们的断路器合闸之前将与其同步。

在10秒内启动多台发电机为与生命安全相关的负荷供电的另一种方法是，在启动励磁之前同步发电机。这种快速使发电机在线的方法也被称为励磁前合闸、死区并联和启动同步。可编程逻辑使集成商能够灵活地优化启动过程，以实现各种功能，如关闭特定的PID控制器，并在多台机器上同时启动励磁。一旦所有发电机同步并准备好带载，发电机管理系统根据指定的优先级，根据需求控制发电机的调度。这一级别的自动控制通过发电机组间通信网络实现。

虽然控制发电机调度很重要，但在某些应用中，对负荷进行优先排序和控制也同样重要，特别是在装机容量并不总是足以支撑所有负荷的情况下。这种情况可能在发电机组停机期间出现。在这种情况下，必须根据可用发电容量的大小对负荷进行优先排序和控制。

当负载量超过可用发电量时，较低优先级的负载将退出，这样较高优先级的负载就不会受到影响。

随着更多发电容量可用，较低优先级的负载将恢复，重新投入。发电机组间通信网络可检测可用发电量与负荷的关系，并做出优化决策。这确保了发电机不会过载，并且高优先级负载不会中断运行。



约翰内斯堡实施的减载。当备用容量较低时，需要实施更积极的减载。负载从最低优先级（阶段1）减至最高优先级（阶段5）

可编程逻辑使集成商能够灵活地优化发电机组启动过程。

控制局域网络总线（CAN 总线）与以太网

发电机组间通信可以通过多种设备实现。最常见的两种是控制局域网络总线（CAN 总线）和以太网通信。CAN 总线在多个行业有广泛的应用，特别是汽车行业。它在发电机组工业中广泛应用于发动机 ECU 与控制器之间的通信。CAN 层包括一条双线主干线，其中一个设备形成总线的每一端，所有其他设备在短截线上与主母线并联。为了使 CAN 网络正常工作，必须将 120 欧姆电阻器与主干线的每一端并联连接。接线相当简单，每个设备只需要连接到 CAN 高压线和 CAN 低压线。屏蔽线贯穿每对双绞线的整个长度，并在一端终止。由于 CAN 通信易受电磁干扰（EMI）的影响，因此需要屏蔽线。来自附近交流线路和其他来源的噪声信号可能会导致通信干扰和设备运行错误。CAN 总线网络通常以低于 1 Mbps 的速度传输数据。

以太网电缆通常由 8 根小铜线组成，用 RJ45 连接器端接。安装人员必须确保导线在连接器中以正确的方向端接。以太网传输数据的速度远高于 CAN 总线，最高可达 100 mbps。

现代以太网使用交换连接，允许点对点网络体系结构，从而摆脱了总线拓扑结构。总线拓扑结构即一根电缆由网络上的所有设备共享。在以太网中，可以通过结合具有环管理功能的网络交换机来构建拓扑环，从而增加网络冗余。在环形网络中，每个设备连接到另外两个设备。因此，如果通信网络中出现单点故障，发电机组间的通信将不间断地继续进行。

随着物联网（IOT）被纳入智能楼宇管理系统（BMS），发电机组和工厂电力平衡数据通常被传输到单独的 BMS 网络。发电机组控制器上的以太网通信对于向 BMS 传输电力系统数据至关重要。此外，多个外部设备和系统（如 SCADA 和 PLC）通过以太网接口与发电机组控制器配合工作。

以太网传输数据的速度远高于 CAN 总线，最高可达 100 Mbps。

租赁电源和军事设施的特殊考虑

如用于大型活动和军事设施中的租赁电源这类便携式电源，要求发电机组频繁地从一个地点移动到另一个地点。这些应用要求多台机器能够快速轻松地设置和断开连接。在这种操作中，操作员通常从库存中随机选择一个发电机组，并将其安装在现有的在用发电机组中。安装需要即插即用。为了做到这点，通信设置不能是静态的。

为了解决这个问题，在先进的发电机组和电源管理控制器中实现了 Internet 协议（IP）地址、子网掩码和默认网关的自动配置。可以使用 DHCP 服务器来实现多个控制器的自动配置，或者如果没有可用的 DHCP 服务器，控制器可以在指定范围内获得 IP 地址。此功能可节省调试时间，并使多台发电机组的并机设置更加简单。

总之，发电机组在关键型任务地点的可靠运行是维持业务连续性的关键。没有电力就没有商业！强大的通信网络对现代发电机组的运行至关重要，没有通信网络，现场电力系统将无法正常运行。所使用的通信基础设施类型、数据传输速度、网络拓扑结构和易设置性是决定网络可靠性的关键因素。除了需要在需要时提供电力外，有效的发电机组间通信网络还具有诸如发电机智能管理、负荷管理、系统控制以及与外部系统通信等辅助优势。

需了解更多产品信息，请访问 <https://www.basler.com/Product/DGC-2020HD-Digital-Genset-Controller>，下载应用说明：《用冗余以太网通信提高现场供电可靠性》。
也可以发送电子邮件至 usatechsupport@basler.com 或致电 618. 654. 2341 与巴斯勒代表交流。

参考文献：

[1] M. Gallucci, "Rebuilding Puerto Rico's Power Grid: The Inside Story," IEEE Spectrum, p. 1, 2018.

[2] R. D. a. E. Prasad, "Diesel Generator Market," Allied Market Research, 2020.

[3] M. Rycroft, "Parallel operation of standby and primary generator sets," EE Publishers, p. 1, 12 June 2017.

[4] O. I. O. O. M. J. Zhang, "Solving the fair electric load shedding problem in developing," Autonomous Agents and Multi Agent Systems, 2019

作者介绍

Denny Raymond 是巴斯勒电气的资深应用工程师，拥有超过 15 年的电力系统经验。**Denny** 为发电机组系统提供控制和电压调节解决方案。



12570 Route 143 • Highland, Illinois 62249-1074 USA
Tel +1 618.654.2341
email: info@basler.com

No. 59 Heshun Road Loufeng District (N),
Suzhou Industrial Park, 215122, Suzhou,
P.R.China
Tel +86.512.8227.2888
e-mail: chinainfo@basler.com

