

并联发电机组 系统与设计

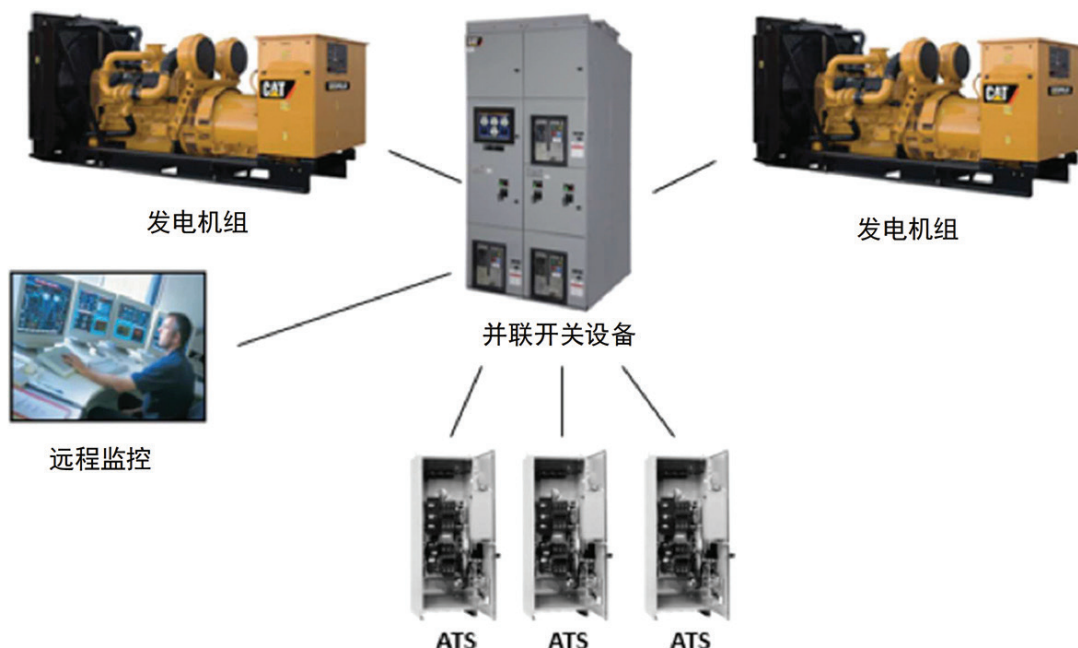
Don Dentino

卡特彼勒公司产品定义高级战略顾问

引言

并联发电机组的技术随着时间的推移而不断发展。曾经需要离散同步组件并且面板遍布感应盘保护继电器和模拟仪表的流程，现在能够以更少和更具成本效益的基于微处理器的组件执行。这不仅有助于降低开关设备的相对成本和占地面积，而且还改善了传统应急电力系统 (EPS) 各种元件之间的连接和通信。

典型的EPS组件



随着时间的推移，发电机组本身已经发展出自己的基于微处理器的控制系统。发动机和发电机上的控制装置集成有助于增加发电机组的功能，从而允许增加整个套件的功率密度 (kW/sq. ft.) 并且更好地与 EPS 平衡集成。



在本文档中，我们将回顾发电机组并联解决方案中的可用选项，这些解决方案是通过集成技术的可用性实现的。我们将概述各种方法的特性和优点及利弊，我们将讨论一般指导原则，包括何时应用各种并行技术。由此，我们将不同的技术与设计标准相匹配，从最基本的并联配置到更复杂的配置。

当今的发电机组并行解决方案

发电机组的并联既是一门艺术，也是一门科学。每个 EPS 设备都与各个客户的电力需求以及参与其开发的设计工程师一样独特。也许更重要的是，所采用的科学受到项目预算限制的影响。所有这些因素都导致了并联发电机组中使用的策略的演变。以下页面包含用于描述这些策略的三个高级别类别。虽然制造商使用的术语可能有所不同，但您会发现所提供的解决方案符合三个主要类别之一。涉及任何方法组合的混合解决方案也在不断努力实施，以具有创造性和成本效益的方式满足客户需求。

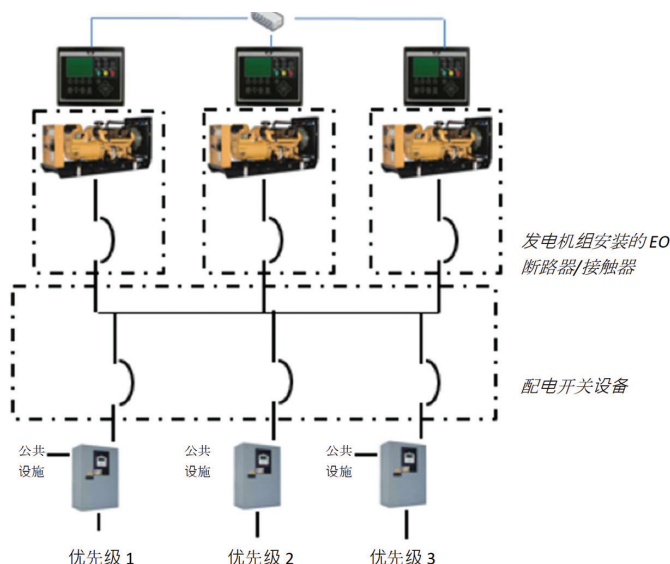
发电机组并联控制

发电机组并联控制是指位于封装发电机组上的基于微处理器的专用同步和并联控制。在这种情况下，同步控制操作与更基本的发电机组控制功能组合成单个发电机组控制器。事实证明，当需要基本系统功能时，这种并联方法是一种简单而经济的解决方案。这些并联解决方案通常限于标准并联配置，并且通常与发电机安装的断路器或另一个断开装置（即接触器）配对，以与发电机实现电连接。这些多功能控制设备将包括传统并联控制系统中预期的基本功能：死区总线仲裁、手动/自动同步、实际 (kW) 和无功 (kVAR) 负载分配以及负载卸载/负载添加功能。更先进的控制系统还将包括基于负载需求（“负载感应/负载需求”）自动地使发电机组在公共电气总线上接通和断开的功能。

在不采用额外的主控制能力的情况下，系统通常局限于隔离的公共总线应用（多单元岛模式/待机应急或主要功率配置）或单个发电机与市电并行的情况。由于在现场应用系统的成本和复杂性，需要复杂操作顺序的应用不太适合发电机组并联解决方案。

典型的发电机组并联应用通常仅限于低压应用 (<600V)，因为存在与在较高电压下为组件安装控制系统相关的问题。中压应用可能使用类似的控制和设计，但远程安装在更多仅限控制的配置中，本文档后面将对此进行介绍。在低压应用中，发电机组的输出连接到配电开关设备/配电盘，如图 1 中的示例单线所示。在该示例系统中，配备有发电机组并联控制器的三个发电机组通过安装在发电机组上的电动断路器连接到主（公共）电气总线。虽然可以使用连接/断开总线的其他方法，但是必须使开关装置的速度足以用于同步功能（即，5 周期闭合/断开），以防止异相并联。此外，该切换功能可以在发电机本身或在配电开关设备处执行。典型装置还包括从公共总线馈电并由发电机组所装控制器的输出控制的自动转换开关。更先进的控制系统将允许通过转换开关优先卸掉和重新添加下游负载，无论是否有单独的主控制设备辅助（如图 1 所示）。

图 1
Cat® EMCP 4.4 板载并联系统的单线示例，采用发电机组安装的电动断路器，具有优先卸载/添加功能。



优点

这种类型的系统主要好处是硬件成本。将同步功能与发电机组控制本身相结合，已经证明可以降低系统的前期成本。此外，该方法通常用于降低配电开关设备的成本和占地面积，因为同步控制不占用开关设备中的空间。简而言之，封装式并联系统已被证明可提供具有价格竞争力的解决方案。

发电机组并联系统的特点是复杂性低，具有预定义的操作和能力，学习和操作相对简单。它们还为给定应用提供一致的设计，因为其不依赖于其他技术中的可变性，例如可编程逻辑控制 (PLC) 系统，这些系统需要通过系统集成商区分的编程和逻辑。当作为基于工厂的发电机组解决方案的一部分时，这些系统通常提供短提前期，这提供了作为发电机组工厂装配和测试过程一部分的附加优点。

缺点

使发电机组并联系统具有吸引力的一些相同特性成为了该技术的缺点。控制设备的预定义操作限制了系统的功能设置和灵活性。相比之下，并联开关系统中常用的 PLC 技术可以提高设计灵活性。在应用发电机组并联解决方案时，必须注意确保该技术的功能符合预期应用的要求。包括系统操作顺序以及任何现场集成要求。

通过添加系统主控装置可以克服与这些系统的灵活性相关的一些限制。无论这些控制装置是采用壁挂式还是独立式控制面板，通常都能提供额外的系统级监控和控制，从而扩展了发电机组安装控制装置的功能。

随着发电机组并联设备附加功能的增加，现场集成和设置变得更加复杂。可能需要进一步设置、接线和测试以验证安装，并且应在评估应用此类系统的总成本时加以考虑。

仅并联控制

中压和高压发电机组等应用中存在这样的系统，其中优选保持并联控制器与发电机组以及配电开关设备分离。对于这些类型的应用，可以使用仅并联控制的解决方案。在该策略中，同步控制装置安装在壁挂式控制面板或独立式机柜中，并且可以包括类似于发电机组解决方案中使用的专用控制器、PLC 控制系统或两种技术的某种组合。

这些解决方案与发电机组并联控制非常相似，往往包括预定义的并联配置，其中发电机组直接连接到配电开关设备/配电盘，并控制下游自动转换开关或配电断路器。但是，当采用 PLC 时，这些系统可以变得非常灵活，并且包括诸如市电并行的高级解决方案。

虽然并非所有控制装置或发电机组制造商都可以提供这些系统，但它们通常被视为应用发电机组并联控制时的主控级控制平台，并且通常包括用于更高级的触摸屏 HMI 的选项，作为操作员访问系统的界面。此外，这些解决方案还可选择配备市电并行功能或冗余 PLC 配置，以满足更高级别的行业规范。

优点

与发电机组并联解决方案类似，仅包含控制装置的解决方案通常配备标准组件，并提供预定义的操作顺序，与集成并联开关设备解决方案相比，可缩短交付周期。但是，可以在此平台中更轻松地开发定制设计，提供更复杂的解决方案，具有更多功能组和灵活性，以满足更广泛的应用需求。

仅包含控制装置的解决方案也被证明是一种出色的改造解决方案。它们使客户能够将先进的控制和监控功能应用于传统的发电机组控制、不同的发电机组制造商和现有的开关设备。

基于他们提供标准系统控制或更复杂的操作的能力，仅包含控制装置的解决方案的产品成本对于发电机组解决方案具有价格竞争力，或者对更复杂的替代品有着显著的成本优势。

缺点

为了具有成本竞争力，已经开发出标准的仅包含控制装置的解决方案，以满足发电机组替代方案提供的类似系统控制功能，并且通常限制其定制水平。与基于 PLC 系统控制的集成并联开关设备相比，其冗余水平也往往受到限制。此外，仅包含控制装置的解决方案可能不配备并联开关设备解决方案中提供的公用级保护继电器设备。与发电机组并联解决方案一样，应该认识到开关设备仍然是系统正常运行所必需的，在设计仅包含控制装置的系统时必须考虑到这一点。此外，这些控制装置和配电开关设备之间的互连主要在现场完成，不是在制造设施的受控环境中完成。必须在项目周期的早期阶段确定电气系统集成责任，并考虑已安装系统的总体成本。

并联开关设备

在配电开关设备的构造内集成并联控制是一种传统的并联策略，多年来一直服务于全球市场。多年来，控制系统已经从使用离散同步和保护设备发展为更加简化的解决方案，具有多功能控制器、PLC 和彩色触摸屏操作界面。请参见图 2 中的示例。具有“玻璃和金属”模拟仪表、并联摆动面板、离散控制装置和辅助“冰块”继电器的开关设备已经过精简，同时仍然提供最复杂操作环境所需的可靠性和可操作性。这种改进使得功能更多，组件更少，并联开关设备系列所占用的面积缩小，减少了客户在 EPS 操作领域的投资。



图 2

Cat 并联开关设备、集成控制装置和带有彩色触摸屏操作界面的开关设备。

优点

集成并联开关设备解决方案为客户的 EPS 提供了最大的好处。虽然成本溢价通常被认为比更多成本优势替代品更重要，但并联开关设备仍然是功能最丰富的选项。

首先，并联控制器完全集成在开关设备/配电盘内，并在工厂更可控的环境中进行集成和功能测试。与其他方法相比，这可以限制现场条件可能使这项工作和调试过程复杂化的现场集成量。根据给定的应用要求，控制器可以集成采用金属封闭、金属包覆、电弧保护甚至耐电弧的开关设备。

集成的并联开关设备可最大限度地提高定制能力。解决方案范围从最简单的多单元岛模式应用到最复杂的多用途并行配置。冗余自动化控制器、控制网络和保护继电器配置的选项可用于最高级别的系统可靠性。可以开发先进复杂的操作顺序，以提高整体系统可靠性和易操作性。这种并联策略为满足传统工程规范中的参考提供了最大的机会，并为设计人员提供了最大系统灵活性。

用于控制和监控的可定制系统 HMI 解决方案还可用于区分并联开关设备。在这种环境中，解决方案可以为用户提供整个设施的集成视图和操作。可以提供选项以使用户能够获得各种 HMI 体验，包括查看位于整个客户设施中的各种组件 (UPS、ATS、发电机组、负载组等) 的数据，以及与客户的建筑管理系统 (BMS) 集成。功能齐全的系统还包括系统级日志记录、趋势和内置最先进故障警报的报告。

缺点

无论是从实际还是认知上看，并联开关设备解决方案的成本都较高，已成为使用该策略的最大障碍。虽然在比较替代方法的成本时，现场集成并联控制和配电开关设备的成本影响经常被忽略，但是功能丰富的并联开关设备策略越来越多地被视为并联发电机组的成本优势方法。

总结

当并联发电机组时，可以使用各种解决方案和策略。本文件中讨论的三种一般方法具有各自的优点和缺点，在开发应急电源系统时应加以考虑。发电机组并联方案已被证明是为预先配置的解决方案提供标准并联功能的经济有效的方法。仅包含控制装置的产品基于发电机组产品中的标准功能，提供进一步的系统级灵活性，同时是发电机组并联改造的绝佳替代品。集成的并联开关设备可在设计和集成所有现场关键电源组件时提供最大的灵活性。

结论

在能够提供所有可用技术平衡视图的解决方案提供商的帮助下，可以开发应急电源系统，以优化设计解决方案并最有效地满足现场要求。

切记，没有“一刀切”的解决方案。必须根据功能需求、设计复杂性和项目预算来评估每个现场应用。在这方面，发电机组和应急电源系统设计的并联既是一门艺术，也是一门科学。

卡特彼勒，全球实干家的强大伙伴

LCXE1365-00 2018 年6月

© 2019 Caterpillar。保留所有权利。CAT、CATERPILLAR、LET'S DO THE WORK 及其相应的徽标、“Caterpillar Yellow”、“Power Edge”和“Cat Modern Hex”商业外观以及本文所使用的企业 and 产品标识是 Caterpillar 的商标，未经许可，不得使用。

