

如今，在工业化国家中，几乎所有人每天早上——睁开眼就要用电。电能主要由中央电网供给。电动闹钟响起，人们打开灯，为自己冲一杯咖啡，看着电视或听着收音机...电力影响着现代生活的方方面面。因此，美国国家工程院 (NAE) 认定电气化是上个世纪以来最伟大的工程成就。想象一下如果没电会如何，这意味着没有电视，没有收音机，也没有电灯。然而，全世界有 12 亿人正处于这种情况。据世界银行报道，至今仍有 12 亿人用不上电，28 亿人仍依靠木材和煤炭等固体燃料来做饭和取暖。

理念：区域能源系统

美国德克萨斯农工大学的 Robert S. Balog 教授和他的学生们启动了一个研究项目，他们的研究目的是能让世界上非工业化地区的人们用上电。他们齐心协力，希望能够改变世界。他们目前正在研究基于可再生能源的混合配电网这一概念。“区域电力能源系统” (LAPES) 是这一概念的核心，该系统使用多样化的负载、可再生能源和储能技术。LAPES 其实是一个辅助供电系统，与中央电网一起供电共存。如果需要，它可以连接到中央电网，但也可以作为独立系统运行。因此，没有统一电网的发展中国家可以使用该系统进行供电。

为什么选择 LAPES ?

Balog 教授说：“COP21 巴黎气候变化协议中达成了国际性的共识——社会目前主要依赖化石燃料，但是我们需要彻底转向环境友好型能源体系。” “人们期望 LAPES 成为未来的社区规模电力系统，而且可以比完全部署的未来智能电网更快实现。” 在发展中国家，LAPES 的建造和连接标准没有那么严格的法规规定。在工业化国家，当过时的电力基础设施需要更新时，也会产生电力“孤岛”。在维修工程中，无需切断整个电网。

采用 LAPES 的混合配电系统

与中央电网相反，LAPES 提供直流电 (DC) 而非交流电 (AC)，使得复杂性大大降低。它之所以被视为“微电网”，就是因为它具有单独的组件，是一种独立且相当紧凑的电网。市场研究和咨询机构 Navigant Research 2015 年度报告显示，到 2024 年，微电网每年发电收益预计将达到 14 亿美元。产生这一可观效益前景的主要原因是，微电网不仅能够增加可再生能源在整体能源供应中的比重，促进经济优化，这些系统还能提升电网抗断电能力。如果这些直流微电网在适当的接入点集成到现有的交流电网中，就会使之成为一个全新的混合供电系统。然而，这种微电网在广泛应用之前还需要进行全面的理论可行性研究。 >>



智能电网 —

一种具有能源产生、能源消费控制和能量储存多种综合功能的智能电网。智能电网的目标是实现能源供需的最佳平衡。



以太阳能作为创新型混合电力系统的基础

光明的 前途

在这个世界上，并不是所有人都能 24 小时用上电。这正是德克萨斯农工大学的学生开发混合配电系统概念的原因，这种系统可以为发展中国家提供可靠供电。dSPACE 工具为这一创新解决方案的研究提供了大力支持。

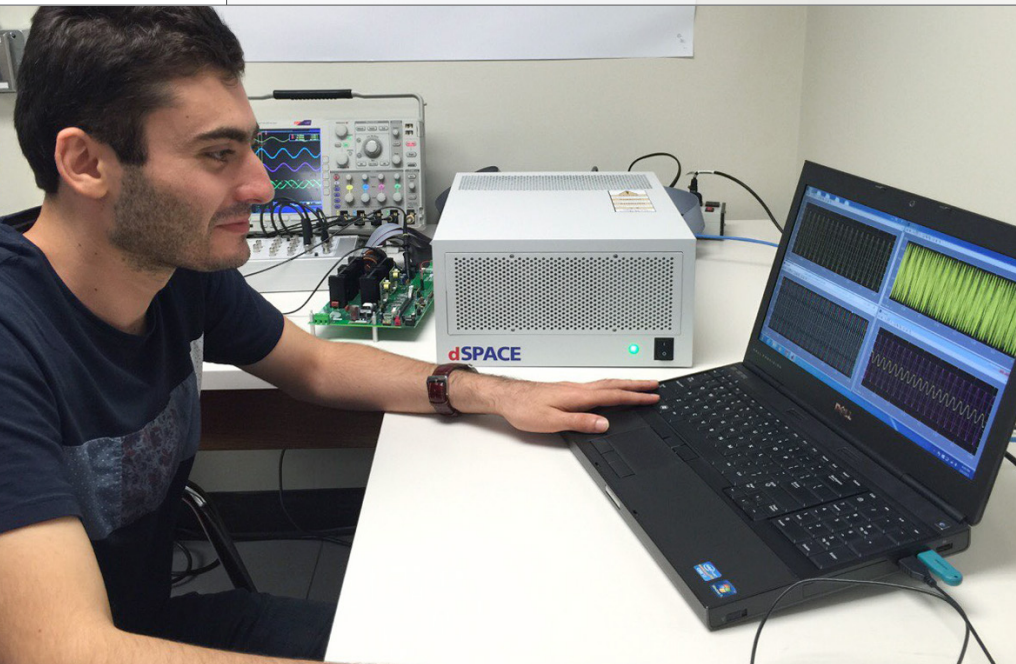


图 1：德克萨斯农工大学的一名学生在对未来混合供电系统进行仿真。

电能转换的重要性

该团队目前正在研究电能转换中基本的工程基础和科学基础。他们的研究领域包括：

- 太阳能转换为电能（光伏）
- 采用替代能源（包括燃料电池、光伏等）的经济高效型逆变系统
- 使用寿命至少达 40 年的可靠电力电子装置

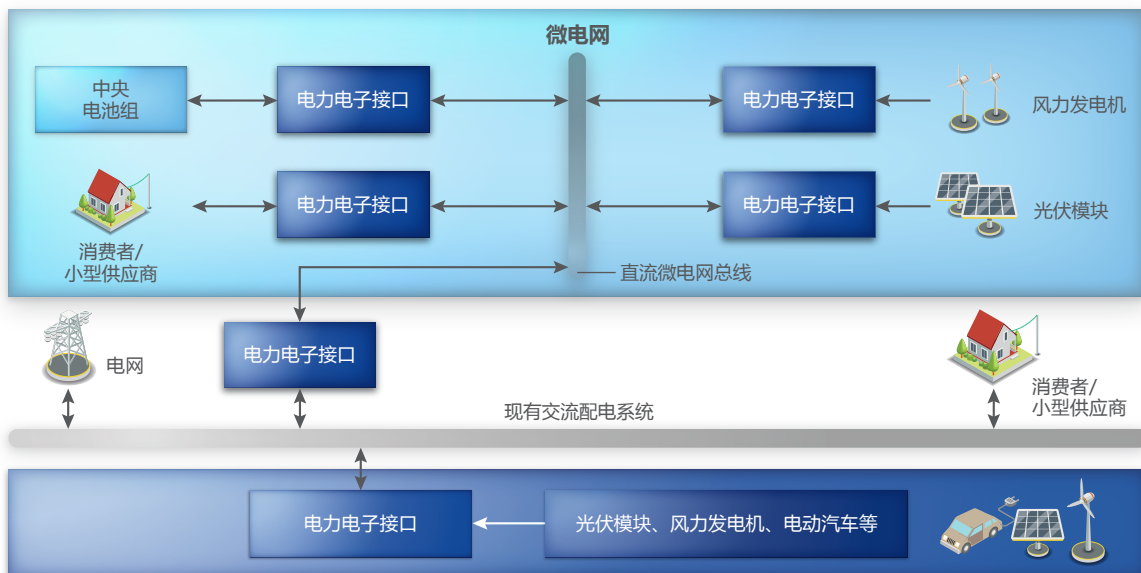
- 分布式直流电源系统，侧重于局部/分布式控制
- 自整定级联式电感滤波器
- 电池管理、健康度管理
- 非线性控制技术，如模型预测控制
- 电气安全，如电弧故障检测

该团队的研究重点是光伏系统，其可将光能直接转化为电能。Balog 博士说：“我们的目标是将光伏能源从替代能源中分离出来，使其归入主流能源资源，并在技术和经济上都能实现可持续发展。” “我们的目标是成为此领域国际公认的顶尖研究中心。”

模型预测控制

“模型预测控制” (MPC) 是 LAPES 项目中的一个基本部分。该团队基于各种因素（如阳光）通过模型来预测系统未来的行为。然后所得结果用来继续开发供电系统。该团队重点研究三个主要领域：光伏能源转换、直流微电网控制和多源混合能源系统控制。学生们的目标是开发一种创新型混合配电系统，这种系统可将基于可再生能源的直流微电网集成到现有的交流电网中（图 2）。

图 2：学生们希望开发一种混合配电系统，在此系统中，直流微电网与中央交流电网并存，并可根据需要与交流电网连接。





“我们的目标不是仅仅在实验室里使用一种辅助工具，而是找到合适的工具。因此我们决定采用 dSPACE 的开发系统。”

Robert S. Balog 教授（博士），德克萨斯农工大学再生能源与高级电力电子研究实验室主任。目前他在德克萨斯农工大学卡达尔分校任教。

使用 HIL 系统进行实时仿真

经过仔细评估，Balog 教授和他的学生决定采用基于 dSPACE 产品的工具链进行必要的测试和研究。此工具链的一个组成部分是硬件在环 (HIL) 系统，其位于配有 DS1007 PPC Processor Board 的 SPACE Expansion Box 中。由于该板卡具有高性能处理能力，该团队可以仿真供电系统的真实环境条件，并可实时运行各种场景。模型预测控制的算法通过 dSPACE 软件 Real-Time Interface (RTI) 在测试硬件上实施。HIL 系统帮助识别供电系统对基本条件（如天气）

发生变化时的反应。此外，开发的算法还可以在不同的应用中快速验证。Balog 介绍说：“通过使用 dSPACE 系统，我们能够探寻实际硬件的多种动态交互。”“因此，让我们能够更全面地了解系统与子系统的交互情况。”系统正在逐渐从最初的版本发展为可在真实条件下实施的系统。因此，该团队只需一小段时间即可对计划中的混合供电系统进行完整仿真，省去了测试硬件的设计和生 产，大大节省了成本。■

感谢德克萨斯农工大学的大力支持

结束语

德克萨斯农工大学的学生们希望他们的微电网项目能够很快为发展中国家提供可靠的电力系统。同时，他们也希望帮助可再生能源（特别是光伏）成为一种创新能源。可再生能源是未来混合电网所需能源的理想之选。德克萨斯农工大学和 dSPACE 将继续推动这一领域的研究，使混合电网能够很快在当前能源供应问题中发挥决定性作用。。