

行业案例分析

用于微泄漏检测的 无线改造

得益于专用算法和多年来在能源供应系统监测方面的经验, Gomero 携手 Trafag 密度传感器能够检测高压开关设备中的微泄漏。这使客户能够进行最佳的、基于需求的维护。成功的关键因素在于 Gomero 的算法以及 Trafag 密度传感器的可靠性、精确性和稳定性。另一个决定性因素是开放、高效且专业的合作, 以及 Gomero 从 Trafag 和 Regal 获得的卓越支持。本次采访将深入探讨 Gomero、Regal 和 Trafag 与后市场客户之间的合作。

用于微泄漏检测的无线改造

利用Trafag密度传感器与人工智能检测微泄漏：如何通过无线方式从远程站点采集测量数据，并借助人工智能算法实现预测性维护。本次访谈中，Gomero、Regal与Trafag的代表共同探讨了他们在攻克这一技术难题上的成功合作。

Gomero公司开发了一种用于监测绝缘气体泄漏的创新解决方案。与Trafag公司的合作对贵公司的系统有何价值？

Malin (Gomero)：与 Trafag 的合作在多个层面都非常有价值。他们是由我们的客户推荐的，这让我们从一开始就充满信心。Trafag 在市场上也有着丰富的经验，这证明了他们的可靠性。他们的传感器坚固耐用且保持高品质，这正是我们所需要的。我们已经验证了他们的性能，他们始终如一地交付出色的表现。

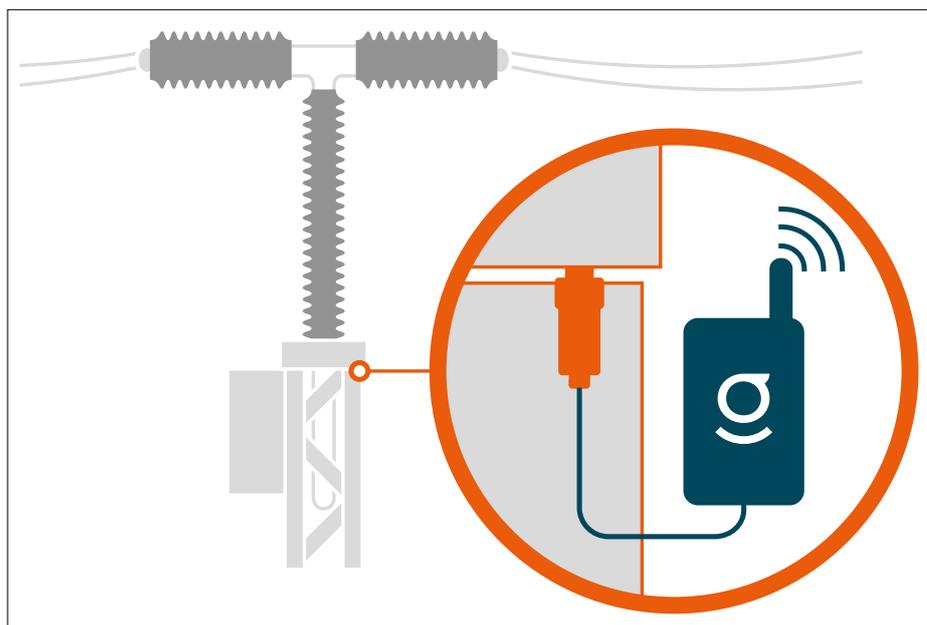
马克西米利安 (Regal公司) 表示：「自2008年起，Trafag AG 便成为Regal Components值得信赖的供应商，多年来双方建立了牢固而紧密的合作关系。Trafag可靠的高品质传感器对Gomero至关重要，助力其为创新系统解决方案收集精准数据。」

马林表示：Regal公司提供的支持同样至关重要。他们贡献了专业技术知识，帮助我们理解不同制造商和型号产品的

客户需求及安装要求。他们的投入无可替代，使我们的整体解决方案能为客户无缝运行。正是这种各方共同承担责任的模式，让我们得以提供最优解决方案。

气体密度传感器与您开发的基于人工智能的软件算法共同构成了微泄漏检测的基础。能否请您简要说明其工作原理？

Malin：我们的解决方案基于数据采集，通过过滤温度及其他外部因素造成的干扰，结合现场经验来理解哪些参数会影响测量结果以及最佳采样时机。借助过滤技术和人工智能算法，我们能够区分真实泄漏与自然波动。关键在于结合具体情境解读测量值，因为气体密度会受天气、太阳辐射及开关使用频率等因素影响。仅凭传感器数据远远不够，必须能过滤自然噪声才能识别真实的微泄漏——这正是我们解决方案的核心价值所在。」



Trafag传感器与LoRaWAN网关结合使用时能创造显著价值：改造后的在线储气罐断路器通过Gomero网关实现持续监测与无线通信。

通过过滤和人工智能算法，我们可以区分真实泄漏与自然波动。关键在于结合具体情境来解读测量值。

Malin Giselsson, Gomero 首席技术官

Andreas (Trafag公司) 表示: 戈梅罗成功攻克的重大挑战之一, 是应对因环境温度变化导致的日间微小波动。温度变化期间, 开关设备并非均匀升温——某些区域对温度变化的反应速度快于其他区域。在压力均匀的气体腔室内, 这种温度分布不均意味着气体局部密度会持续波动, 直至热平衡状态重新建立。

选择 Trafag 气体密度传感器的决定性技术原因是什么?

Malin: 除了 Trafag 传感器本身坚固可靠外, 其技术方案也成为决定性因素。传感器可同时测量温度和气体密

度, 我们可以在系统层面使用针对特定气体的公式将密度转换为压力。这意味着我们可以支持不同气体和混合气体, 无需在现场更换传感器。所有配置都在中心完成, 极大提升了灵活性, 使解决方案具备高度可扩展性和成本效益。

Maximilian: 我们的主要职责是支持 Gomero 评估可用选项, 并确保传感器能够无缝集成到他们的系统中。Trafag 的解决方案满足了所有技术要求, 并能轻松集成到 Gomero 的监测系统中。密度与温度测量的结合以及集中配置能力, 使其成为技术上稳健且面向未来的选择。

Gomero

Gomero 是一家瑞典科技公司, 专注于为能源行业提供智能系统和服务。Gomero 致力于开发用于能源系统和基础设施预测性维护的解决方案。该公司利用传感器和数据分析技术记录和评估系统状况, 从而使维护措施更具可规划性和高效性。这项技术已应用于电网等领域, 用于预防停电并延长系统使用寿命。

www.gomero.com



Andreas Koch, Trafag 产品管理主管; Johannes Zetterblom, Trafag 区域销售经理; Malin Giselsson, Gomero 首席技术官; Pär Gustafsson, Regal 董事总经理; Maximilian Grudin, Regal 销售经理; Jan-Eric Nilsson, Gomero 首席执行官; Jasper Spencer, Gomero 国际销售与业务发展主管 (从左至右)

Trafag可靠的高品质传感器对 Gomero至关重要，助力其为创新系 统解决方案收集精准数据。

Maximilian Grudin, Regal 销售经理

Johannes (Trafag): 从商业和战略角度来看, Trafag 核心的优势之一是将经过验证的技术可靠性与全球可用性相结合。我们的传感器受到所有主要 OEM 的信赖, 并在全球范围内提供一致的质量, 使像 Gomero 这样的合作伙伴能够有信心扩展其解决方案, 无需重新认证或复杂采购。强大的技术、灵活性和紧密合作的结合, 使双方的合作水到渠成。

为什么稳定且无漂移的气体密度传感器如此重要?

Malin: 在检测微小变化时, 长期稳定性至关重要。我们必须能够确信, 偏差值确实是由泄漏引起的, 而不是传感

器自身的漂移。如果我们想要减少现场巡检次数并提供经济高效的监测, 我们就需要无需定期校准即可可靠运行的传感器。否则, 我们将面临误报或漏检的风险, 远程监测的全部价值也将荡然无存。

Andreas: 高压电网中的被监测基础设施通常运行多年甚至数十年, 因此无漂移传感器对于状态监测至关重要。即使是微小的漂移, 随着时间的推移也会累积到必须重新校准或更换传感器的程度。与普通压力传感器不同, Trafag 密度传感器采用无漂移的石英音叉测量原理, 使其成为该应用的理想选择。

Regal

Regal 是 Axel Johnson International 的子公司, 专注于为机械和车辆开发、生产及系统集成高质量的传感器和电驱动解决方案。Regal 以其可灵活集成到工业应用中的定制化解决方案而闻名。

www.regal.se



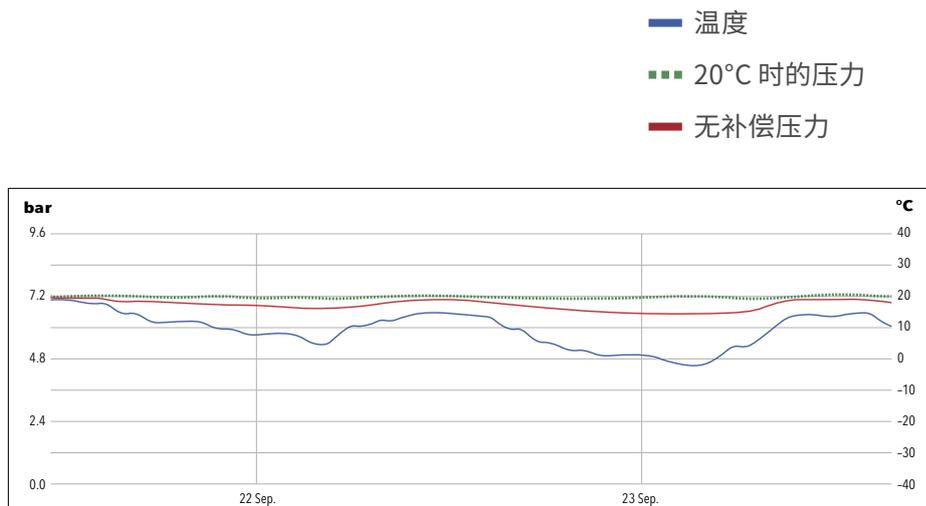
续 ./.



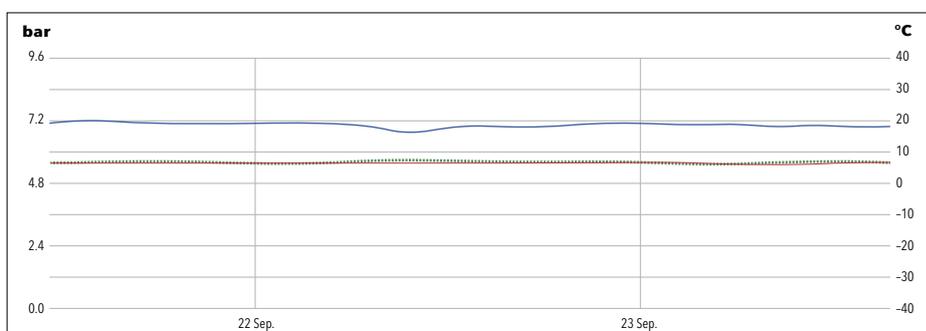
Gomero 监测系统可快速安装, 因为整个安全关键的密度监测系统保持原状。只需连接即可 ①。用于 Trafag 密度传感器 ② 在气室内, 以及 Gomero 无线模块的安装选项 ③ 该系统连接有 Trafag 密度传感器。其扩展性可最大限度地减少对运营的影响。

每日测量

密度测量数据与温度记录显示，密度测量值也会因温度变化而在一天中波动。即便在温度波动极小的室内设施中，密度信号也并非完全恒定。Gomero的软件通过特殊算法（绿色区域）平滑这些波动，该算法同时考虑了测量温度及其他参数。



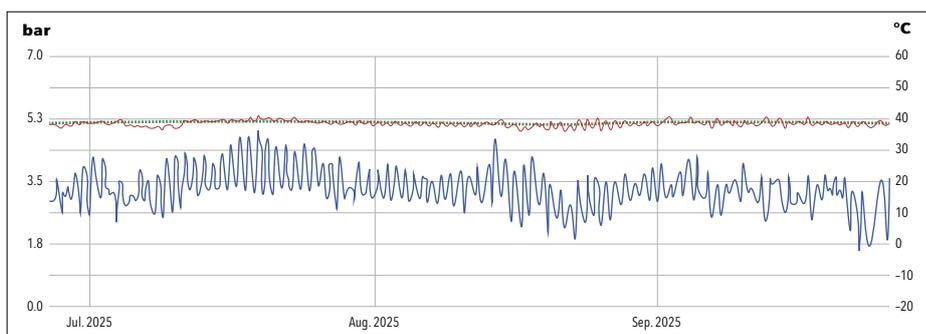
室外测量



室内测量

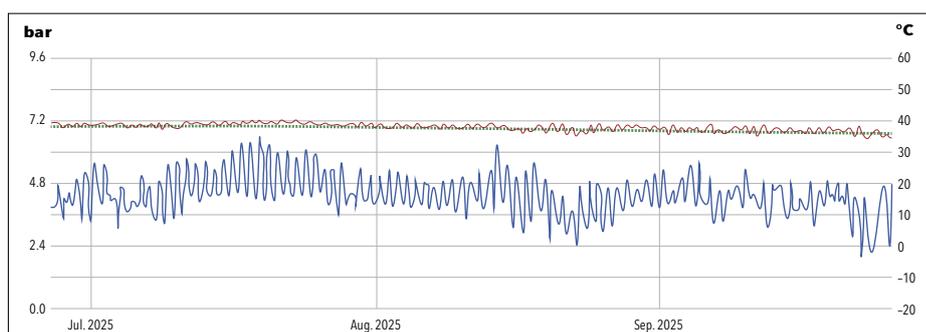
无微泄漏测量

图表显示全年运行情况表明，该气室内未发生泄漏。Gomero软件对传感器信号因日间及季节性温度变化产生的波动进行了平滑处理，这进一步证实了无泄漏状态。



经验证的泄漏测量

该气室检测到的泄漏量远小于温度变化引起的日变化和季节性变化。检测这些微泄漏不仅需要复杂的算法，还需要绝对无漂移的传感器，例如Trafag的8775密度传感器，作为其必不可少的基础。



Trafag的角色是在这一转变中成为稳定的技术支撑，同时保持敏捷并积极响应合作伙伴的需求。

Johannes Zetterblom, Trafag区域销售经理

您的系统也能检测替代气体的微泄漏吗？

Malin: 由于我们在系统层面将气体密度转换为压力，因此可以针对不同气体和混合物调整算法。SF₆ 最为常见，但在较冷的气候下，有时会使用氮气混合物以在极低温下获得更好的绝缘性能。Trafag 的传感器将密度值传递给我们，我们针对每种气体使用正确的公式。这样，我们就可以使用相同的硬件和算法，使解决方案非常灵活。

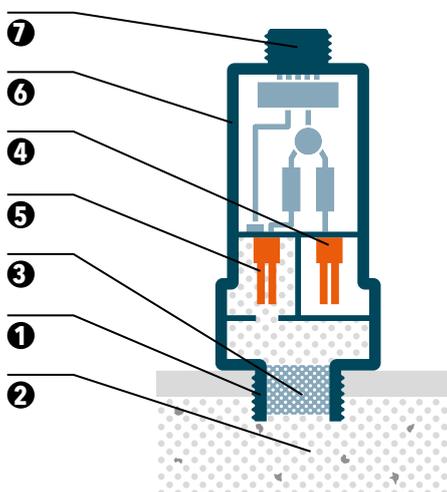
Andreas: Trafag 的密度传感器设计上具有非常宽的测量范围，测量原理完全独立于具体气体。通用的传感器信号可以像 Gomero 在监测软件中那样，或直接在密度传感器中转换为特定气体的密度。此外，带有数字输出的传感器还可提供传感器温度，为环境状况提供有价值的信息。

您的客户在实施您的解决方案时看到了哪些优势，电网运营商未来又能从中获得什么？

Malin: 我们的解决方案具有可扩展性且易于拓展。一旦技术到位，便可快速连接更多信号和传感器，无需为每个新应用重新开始。客户能够更快、更准确地获取其设备的信息，从而能够主动采取措施并更好地规划维护。同时，现场物理干预的需求也减少了。这使得维护方式从传统的被动响应转变为数据驱动和按需监控，随着能源系统对稳健性和可持续性的要求不断提高，这一点变得尤为重要。

Maximilian: 根据我的经验，电网运营商非常重视能够最大限度减少计划外停机并降低现场作业需求的解决方案。他们也青睐那些能够随着需求变化而升级、无需昂贵硬件更换成本的系统。Gomero 采用 Trafag 传感器技术的方法，让他们对决策所依赖的数据的准确性和可靠性充满信心，这对于实现预测性、数据驱动的维护至关重要。

Johannes: 「Gomero 的做法精准体现了 Trafag 对强劲合作伙伴关系的珍视：敏捷性、透明度以及对客户利益的共同关注。通过与包括 Regal 在内的全球合作伙伴网络协作，我们确保了快速的本地支持和长期的供应保障。对电网运营商而言，这意味着可靠的数据支持、减少现场巡检次数，以及获得可持续且面向未来的解决方案。正是这种可信赖的技术与本地专业知识的结合，使 Trafag 成为全球众多 OEM 制造商和系统集成商的首选供应商。



Trafag 气体密度传感器的工作原理

密度传感器安装在充气压力气室上 (2)，通过可调节的工艺连接 (1)，配有过滤元件 (3) 抵御腐蚀性副产物。Trafag 密度传感器的工作原理是比较真空中石英振荡器的恒定谐振频率 (4)，与被绝缘气体包围的相同石英振荡器的共振频率进行比较 (5)。不同密度的气体会影响被绝缘气体包围的石英振荡器的预设共振频率。检测密度变化的响应时间小于 10 毫秒。

谐振频率的偏移与被测绝缘气体的密度成正比，并由传感器的电子设备进行评估 (6)。评估电子设备中还包含一个额外的温度传感器。测量信号可通过可选择的电气输出接口提供 (7)。

由于高压电网中的监测基础设施需运行多年——通常长达数十年——无漂移传感器对状态监测至关重要。

Andreas Koch, Trafag 产品管理主管

您预计未来几年SF₆监测会有哪些发展？

Malin:「SF₆监测正变得日益重要,尤其在环境要求日益严格以及欧盟所谓氟化气体法规的背景下。这推动了对更优质监测工具的需求,以实现排放监控与最小化。凭借可靠的传感器和基于人工智能的分析,我们能够提供全新层级的监测方案,包括微泄漏检测——这在以往极为困难。通过收集海量数据并结合情境进行分析,我们获得更深入的洞察力,从而采取更精准的行动。我们的解决方案还具备改造兼容性,可在现有设备上直接部署而无需重大改动。我们清晰地看到系统正朝着智能化方向发展——随着数据积累,监测精度和价值将持续提升。」

Andreas:「许多国家的电网基础设施已运行数十年之久。为延长其使用寿命,同时通过优化维护和检修周期来降低运营成本,电网运营商希望更紧密地监控所有资产,并获取实时数据。我们观察到电子密度传感器和混合密度监测仪的需求显著增长,这两类设备恰恰能实现这种持续监测。电子密度传感器特别适用于改造项目——可直接利用原有密度监测仪的运行安全开关;而混合密度监测仪则通常用于新建项目,既能通过机械开关输出实现运行安全功能,又能提供预防性维护所需的持续监测数据。」
 马克西米利安:「展望未来,我预见SF₆监测将更加互联互通且数据驱动,深度融入数字资产管理系统,并日益聚焦于预测性分析以防患于未然。随着行业向SF₆的替代气体及混合气体转型,对无需硬件变更即可处理多种气体的灵活传感器需求将快速增长。Trafag基于石英叉的无漂移传感器技术,结合Gomero解决方案,已能满足这一需求,为操作者从一开始就提供面向未来的解决方案。」

为何Trafag密度传感器显示的密度并非恒定,而会在一天中及不同季节持续波动,即使没有泄漏?

当开关装置的气室在白天升温时,例如清晨日出时,气室温度的上升并非均匀进行,而由于于太阳辐射、热质量分布和传热系数产生差异。这意味着在过渡阶段,气室内会存在不同的温度分布。然而,由于气室内各处的压力始终一致,这会导致局部密度的变化。Trafag的密度传感器测量的是某一特定点的局部密度。该测量值可能与用压力表测得的压力值(结合在不同点测得的温度转换为密度值)有差异。由于温度变化期间腔体内密度分布不均匀,并且在过渡阶段也会持续变化,因此基于物理原理,在非稳态下,无法通过局部的传感器确定“密度”值。实际上应用中通常无需考虑此问题,因为安全关键的密度监测通常由机械密度监测器完成,其通过比较腔体压力与参考腔体压力,因此不受设备气室内密度分布不均的影响。测量局部密度的密度传感器通常用于持续监测,以捕捉长期趋势。因此,确保数值具有可重复性和无漂移性尤为重要,以便在相同条件下检测到腔体内的微小变化。采用Trafag石英振荡器原理进行直接密度测量的主要优势在于,与压力和温度传感器不同,它完全不会产生漂移。



绝缘气体密度监测:电力行业值得信赖的专业技术



我们清楚地看到市场正朝着更加数字化、互联化和可持续化的监测解决方案发展。

Johannes Zetterblom, Trafag区域销售经理

Johannes: 我们清楚地看到市场正朝着更加数字化、互联化和可持续的监测解决方案发展。Trafag的角色是在这一转型中成为稳定的技术支撑, 同时保持敏捷以积极响应合作伙伴的需求。凭借我们的混合型和电子密度传感器, 我们既支持改造项目也服务于新建工程, 确保向数据驱动维护的平稳过渡。通过与Gomero等领先OEM和解决方案供应商的紧密合作, 使我们能够快速适应新的气体类型和法规要求, 助力公用事业高效实现其环保和运营目标。

技术数据

气体密度传感器 8775



数据表	www.trafag.com/H72519
测量原理	石英振荡
测量范围	0 ... 60 千克/米 ³ 0 ... 30 千克/米 ³ 0 ... 15 千克/米 ³
输出信号	RS485/Modbus (RTU)
电气连接	公头电气连接器 M12x1, 5针, A编码
环境温度	-40°C ... +80°C

Trafag AG——高科技传感器公司

Trafag是全球领先的高品质的压力、温度和气体密度传感器及监测仪器供应商。除了提供种类丰富的标准化和可配置产品外, Trafag还为OEM客户开发定制化的解决方案。公司成立于1942年, 总部位于瑞士, 在全球40多个国家拥有广泛的销售和服务网络。这使得我们能够提供个性化且专业的客户支持, 确保最佳的服务体验。强大的研发和生产部门确保Trafag产品以最高的品质和精度快速、可靠地交付, 并能及时满足客户需求。



欢迎观看我们的公司视频。



详细了解我们的公司理念。



为什么可持续发展对我们很重要: Trafag的可持续发展/ ESG举措, 迈向绿色未来。

联系我们:

Trafag AG
Industriestrasse 11
8608 Bubikon
Switzerland
电话 +41 44 922 32 32
trafag@trafag.com

