

新能源直流电表的发明与发展对电力计量行业的推动作用

何文远

浙江瑞银电子有限公司 浙江杭州

【摘要】在新能源产业迅猛发展的当下，新能源直流电表的诞生意义非凡。本文深度剖析其发明背景，从新能源电力发展需求出发，阐述技术演进过程。详细探讨其在提升电力计量精度、变革管理模式、重塑市场格局方面的关键作用。

【关键词】 新能源直流电表；电力计量行业；技术创新；行业变革

【收稿日期】 2025 年 1 月 10 日 **【出刊日期】** 2025 年 2 月 11 日 **【DOI】** 10.12208/j.ijme.20250004

The role of the invention and development of new energy dc meters in driving the power metering industry

Wenyuan He

Zhejiang UBS Electronics Co., Ltd., Hangzhou, Zhejiang

【Abstract】 In the context of the rapid development of the new energy industry, the emergence of new energy DC meters is of profound significance. This paper provides an in-depth analysis of the background of their invention, starting from the demands of new energy power development, and elaborates on the technological evolution process. It thoroughly explores their key role in improving power metering accuracy, transforming management models, and reshaping the market landscape.

【Keywords】 New Energy DC Meter; Power Metering Industry; Technological Innovation; Industry Transformation

引言

步入能源转型关键期，太阳能、风能等新能源在电力供应体系中崭露头角，直流输电、储能等直流电力应用场景日益增多，传统交流电表在面对直流电量计量时力不从心。新能源直流电表作为行业革新的“先锋”，精准适配新能源电力特性，为电力计量行业注入新活力，其影响辐射技术、管理、市场等多个维度，本文将深入挖掘其内在价值。

1 新能源直流电表的发明背景与技术演进

1.1 新能源电力发展催生直流电表需求

随着全球对清洁能源的迫切追求，太阳能光伏电站、风力发电场规模不断扩张。在这些新能源发电系统中，直流电是初始电能形式，且在储能电池充放电、直流微电网等环节广泛应用^[1]。传统交流电表基于电磁感应原理设计，主要针对正弦交流电计量，面对新能源直流电力，其测量原理失效，难以准确计量

电量，无法满足新能源电力生产、传输、消费各环节的计量需求^[2]。

1.2 早期直流电表技术探索与局限

早期，为解决直流电量计量问题，业内尝试对传统电表进行改良，如采用电动系测量机构，通过测量直流电流产生的磁场与固定磁场相互作用产生的转动力矩来测量电量。但此类方法存在诸多局限，测量精度受磁场干扰影响大，稳定性差，难以满足复杂电力环境下的计量要求。在工业直流用电场景中，早期直流电表的误差率高达 $\pm 5\%$ ，严重影响企业用电成本核算与生产管理^[3]。

1.3 现代新能源直流电表核心技术突破

现代新能源直流电表在技术上实现了重大突破^[4]。在测量原理方面，采用基于霍尔效应的测量技术，通过霍尔元件检测直流电流产生的磁场（许平，2024），将其转化为电压信号进行测量，测量精度大

幅提升,可达 $\pm 0.1\%$ 甚至更高。在数据处理与通信方面,集成高性能微处理器,运用数字信号处理算法对测量数据进行实时处理,同时搭载无线通信模块,支持蓝牙、Wi-Fi、4G/5G 等通信协议,实现电表与上位机、智能电网的高效数据交互。在结构设计上,采用模块化设计理念,便于安装、维护与功能扩展,有效提升电表的可靠性与适用性^[5]。

2 新能源直流电表对电力计量精度的提升

2.1 创新测量原理提高直流电量计量准确性

新能源直流电表摒弃传统交流电表测量原理,采用新型测量技术。以基于罗氏线圈的直流电流测量原理为例(房露,戴安捷,2024),罗氏线圈由空心环形线圈构成,当直流电流通过时,其变化产生的磁场会在线圈中感应出电动势,该电动势与电流变化率成正比^[6]。配合 16 位乃至更高精度的 A/D 转换器,能将微弱的模拟信号精准转换为数字信号,转换精度可达微伏级别。再运用自适应数字滤波算法,可有效滤除来自电网谐波、电磁干扰等噪声信号,通过多项式拟合等校准算法对测量数据校准,极大提高直流电量计量准确性。

2.2 先进传感器技术在电表中的应用效果

先进传感器技术在新能源直流电表中发挥关键作用。低温漂、高灵敏度的霍尔传感器,采用特殊半导体材料与工艺制造,能精确感知微小至微安级别的直流电流变化。在复杂电磁环境下,如变电站附近,其内部的磁屏蔽结构与抗干扰电路确保稳定输出准确测量信号。在分布式光伏发电系统中,光伏板输出电流受光照强度、温度等因素影响波动较大,霍尔传感器凭借快速响应特性,可实时跟踪电流变化,确保电表准确计量发电量。压力传感器实时监测电表内部气压,防止因气压异常影响电子元件性能;温度传感器精确测量电表各部位温度,通过智能算法对测量数据进行环境补偿,进一步提高计量精度,保障电表在不同环境下稳定运行^[7]。

2.3 误差校准与补偿技术的优化举措

为进一步提升计量精度,新能源直流电表采用先进的误差校准与补偿技术。在电表出厂前,利用标准直流源对电表进行全面校准,通过改变不同电流、电压值,采集大量测量数据,运用最小二乘法等数学方法建立精确的误差模型(秦香春,2022),并将校准数据存储电表内部非易失性存储器中。在实际

运行过程中,电表通过内置的多个传感器实时监测自身工作状态与环境参数,如电压波动、环境温度变化等。当检测到温度变化超出正常范围时,自动调用预先设定的温度补偿算法,根据温度与误差的对应关系,对测量结果进行修正。

3 新能源直流电表推动电力计量行业管理模式变革

3.1 智能化远程监控与数据采集系统构建

新能源直流电表搭载智能化远程监控与数据采集系统。无线通信模块支持多种通信协议,如 4G、5G 以及新兴的 NB - IoT,确保数据传输稳定且高效。电表不仅能上传实时测量的电压、电流、功率等基础数据,还可将设备内部的温度、湿度等运行状态信息一并上传至云端服务器^[8]。电力管理人员通过手机 APP,可随时随地查看电表实时数据,利用 APP 的可视化界面,直观了解各电表的运行情况。电脑客户端功能更强大,可进行数据深度分析,如绘制电量变化曲线。系统的自动采集功能可精确到秒级时间间隔,避免人工抄表可能出现的读数错误与时间延迟。

3.2 与智能电网融合实现电力计量自动化管理

新能源直流电表与智能电网深度融合,实现电力计量自动化管理。作为智能电网的感知终端,电表内置高精度计量芯片,确保直流电量计量准确无误。其通信接口可与智能电网中的其他设备,如分布式电源控制器、储能装置管理系统等互联互通。在分布式能源接入场景中,电表通过实时监测电网负荷,当检测到负荷过高时,迅速向分布式电源控制器发送指令,自动降低电源输出功率;反之,当负荷较低时,增加输出功率,保障电网稳定运行。在智能电网的电力传输环节,电表与线路监测设备共享数据,协同处理异常情况,实现对电力系统的全方位自动化管理,大幅提高电力系统运行效率,减少人工干预成本。

3.3 基于大数据分析的电力计量管理决策优化

新能源直流电表产生的海量数据为电力计量管理决策优化提供了基础。大数据分析技术借助机器学习算法,对电表多年的历史数据进行深度挖掘。通过分析用户用电习惯,发现部分商业用户在工作日白天用电量,而居民用户在晚间用电集中。电力企业据此优化电力资源配置,在商业区域增加白天的电力供应,在居民区加强晚间电力保障。制定分时电

价策略时,参考用电峰谷时段分析结果,提高高峰时段电价,降低低谷时段电价,引导用户主动错峰用电,有效降低电网峰谷差。

4 新能源直流电表对电力计量行业市场格局的影响

4.1 促进电表制造企业技术升级与竞争加剧

新能源直流电表的出现促使电表制造企业加快技术升级步伐。为在竞争中脱颖而出,企业纷纷加大研发投入,搭建专业研发实验室,从高校、科研机构引进先进技术与高端人才,全力研发新型电表产品。部分企业凭借深厚技术积累,研发出具备多种通信接口,可无缝对接不同通信网络的新能源直流电表,搭配高精度测量元件,测量精度可达 $\pm 0.1\%$,还内置智能诊断芯片,能实时监测自身运行状态。这些功能各异的产品满足了不同用户需求,从工业级高精度计量到民用便捷通信需求。

4.2 开拓新兴市场领域与业务增长空间

新能源直流电表开拓了新兴市场领域,为电力计量行业带来新的业务增长空间。在新能源发电领域,太阳能、风能发电站规模持续扩张,对直流电表需求大增。储能行业蓬勃发展,电池充放电需精准计量,新能源直流电表成为关键。尤其是电动汽车充电领域,随着保有量快速增长,充电桩市场规模不断扩大,新能源直流电表作为核心计量设备,市场需求呈井喷式攀升。同时,在智能微电网、分布式能源接入等新兴领域,新能源直流电表凭借精准计量与灵活通信功能,发挥着重要作用,帮助企业优化能源分配,为企业带来新的盈利增长点,也推动相关产业链上下游协同发展。

4.3 对电力计量服务提供商商业模式的创新影响

对电力计量服务提供商而言,新能源直流电表推动了商业模式创新。服务提供商不再局限于传统的电表安装、维护业务,而是敏锐捕捉市场需求,向电力数据服务、能源管理解决方案等领域拓展。利用新能源直流电表采集的海量电力数据,结合大数据分析技术,为用户提供能源审计服务,精准剖析能源消耗环节,提供节能咨询等服务,帮助用户优化能源使用,降低能源成本。

5 新能源直流电表发展面临的挑战与未来展望

5.1 技术标准统一与兼容性难题及应对策略

目前,新能源直流电表技术标准尚未完全统一,不同厂家生产的电表在通信协议、测量精度、功能配置等方面存在差异,导致电表之间兼容性差,在大规模应用与系统集成中面临困难。为解决这一问题,行业协会、标准化组织应加强合作,制定统一的技术标准与规范,明确电表各项技术指标与接口标准。同时,电表制造企业应积极参与标准制定,按照统一标准生产产品,提高电表的通用性与兼容性。

5.2 成本控制与规模化生产的障碍及突破方向

新能源直流电表由于采用先进技术与高性能元件,生产成本相对较高,限制了其大规模推广应用。为实现成本控制与规模化生产,一方面,企业需优化产品设计,采用低成本、高性能的材料与元件,降低物料成本。另一方面,通过扩大生产规模,提高生产自动化水平,降低单位产品的生产成本。

5.3 面向未来能源趋势的技术创新与发展前景

随着能源技术的不断发展,未来新能源直流电表将持续创新。在技术方面,将融合人工智能、区块链等前沿技术,提升电表的智能化水平与数据安全性。例如,利用人工智能算法实现电表的智能诊断与预测性维护,提高设备可靠性。区块链技术可保障电力计量数据的不可篡改与安全共享。在应用方面,新能源直流电表将在更多新兴能源领域得到应用,如氢能源、海洋能等,为能源转型提供有力支持,具有广阔的发展前景。

6 结论

综上所述,新能源直流电表的发明与发展对电力计量行业意义深远。它不仅解决了新能源电力计量难题,提升了计量精度,还推动了行业管理模式变革,重塑了市场格局。尽管面临技术标准、成本等挑战,但随着技术创新与产业协同发展,新能源直流电表将在未来能源体系中发挥更大作用,助力电力计量行业迈向新高度,为能源绿色低碳转型提供坚实保障。

参考文献

- [1] 许平.电力计量采集运维工作中的问题及解决措施探讨[J].张江科技评论,2024,(06):86-88.
- [2] 房露,戴安捷.基于高频采集的电力计量数据质量分析与改进[J].通讯世界,2024,31(05):106-108.

- [3] 秦香春.电力用电信息采集系统在电力计量中的运用研究[J].电子测试,2022,36(06):92-94.
- [4] 宋武升.电力计量自动化在线损管理中的应用[J].集成电路应用,2020,37(06):62-63.
- [5] 闫华锋.传承创新引领发展全力建设国际领先的电力计量技术机构[J].中国计量,2023,(05):14-15.
- [6] 乔凌霄,刘泽禹,丁宇,等.基于物联网的智能三相电表设计[J].电子测试,2022,(19):40-42+26.
- [7] 卢玉凤,杨迎辉,武鸿熙,等.三相电表掉电检测电路分析及比较[J].电工技术,2022,(10):91-93.
- [8] 闫浩.基于融合算法的三相电表错接线判别方法研究[D].江南大学,2024.

版权声明: ©2025 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



OPEN ACCESS