

DOI:10.3969/j.issn.1674-1951.2021.01.008

区块链视角下的电能质量数据管理技术研究

Research on power quality data management technology from the perspective of blockchain

缪宇峰¹, 胡翔¹, 赵莉莉¹, 崔金栋^{2*}, 包晨瑞²

MIAO Yufeng¹, HU Xiang¹, ZHAO Lili¹, CUI Jindong^{2*}, Bao Chenrui²

(1. 杭州电力设备制造有限公司余杭群力成套电气制造分公司, 杭州 311100 2. 东北电力大学 经济管理学院, 吉林 吉林 132012)

(1. Yuhang Qunli Complete Electrical Manufacturing Branch of Hangzhou Power Equipment Manufacturing Company Limited, Hangzhou 311100, China; 2. College of Economics and Management, Northeast Electric Power University, Jilin 132012, China)

摘要: 为了优化管理电能质量数据并深度挖掘其潜在价值, 提出了利用区块链技术的去中心化及分布式存储等特点来解决由于电能质量数据的多源异构而产生的“信息孤岛”问题, 并保证信息的真实可靠。分析了区块链技术与电能质量的特征, 建立了区块链视角下的电能质量数据管理技术框架并详细说明了各层级间的内容及架构, 通过阐明各层级间的作用机理, 论述了电能质量数据处理的过程, 可为区块链技术应用与电能质量数据管理提供参考。

关键词: 区块链; 电能质量; 数据管理; 去中心化; 多源异构; 技术框架

中图分类号: TM 933: TP 311.13

文献标志码: A

文章编号: 1674-1951(2021)01-0045-07

Abstract: To improve the management of power quality data and explore their value in depth, a solution to the “information island” resulting from multi-source heterogeneous power quality data was proposed based on blockchain technology featured by decentralization and distributed storage. The scheme can make the data authentic and reliable. A technical framework of power quality data management was built from the perspective of blockchain based on the characteristics of blockchain technology and power quality data. The content, structure and mechanism between different levels were expounded and the processing flow of power quality data was analyzed, which can facilitate the blockchain technology application in power quality data management.

Keywords: blockchain; power quality; data management; decentralization; multiple sources and heterogeneity; technical framework

0 引言

随着社会的发展, 电网的信息化水平不断推进, 数据信息的价值在电网发展中的权重逐渐加大。随着电力市场的发展, 为打破垄断、促进开放, 市场主体的多元化趋势将愈加明显, 如新型售电公司就是新晋的市场主体; 同时, 随着新能源、储能和电动汽车等设备接入电网, 用户可将多余的电力用于市场交易, 因此, 电力市场的竞争将不断加剧。由于精密型电力设备需要在稳定的功率条件下运行, 所以对电能进行按质定价已成为不可避免的趋势。电能质量数据的真实性是进行公平交易的基础, 区块链技术恰好可以为这类交易提供安全、可

信的环境。区块链技术被称作是继个人计算机(1975年)和互联网(1993年)之后的第三大重要发明^[1], 世界各国都对此给予高度重视, 区块链技术的发展将在很大程度上促进社会进步。

1 国内外研究现状

早在 2008 年, 中本聪(Satoshi Nakamoto)在《比特币: 一种点对点电子现金系统》一文中首次提出了区块链这一概念^[2]。区块链可以说是比特币的“地基”, 是一种无需互信的、由多个参与主体共同负责监督与维护的数据库技术, 是基于密码学中的椭圆曲线数据签名算法(Elliptic Curve Digital Signature Algorithm, ECDSA)实现去中心化的点对点(Peer to Peer, P2P)系统设计^[3], 可以在无需互信的情况下, 让所有的参与主体共同合作, 产生一个去

中心化的,按照时间先后顺序记录的,数据真实可靠、可追溯的分布式数据库。

区块链的应用已从 1.0 时代迈入了 3.0 时代^[4]。区块链 1.0 时代时的应用主要是以比特币为代表的数字货币,它的功能主要表现在电子货币的发行以及转移方面。由基于区块链 2.0 的智能合约主导的去中心化应用,虽然在一定限度上增加了区块链应用场景的多样性,但整体仍然延续了比特币在数字货币上的优势和应用惯性。为了能够配合区块链的实际应用,专门开发了一款基于区块链 3.0 的企业操作系统(Enterprise Operation System, EOS),在该操作系统中,将参与挖矿的节点资源用来部署去中心化应用(Decentralized Application, DApp),采用授权股份证明(Delegated Proof of Stake, DPoS)共识机制,通过见证人生成新区块^[5]。

如今,在多方推动下,区块链技术已进入了快速发展的阶段,该技术在电力行业的应用已迅速延伸至结算、支付、微电网、能源交易以及人工智能等方面^[6],其中一些研究者对此进行了初步的探索。王群等^[4]详细阐述了区块链的基本原理及关键技术;袁勇^[1]不仅对区块链基本原理进行了系统的阐述,还对其今后的研究方向进行了分析;Beck^[7]对区块链的几个基本特征进行了分析与归纳;Tapscott 等^[8]致力于区块链技术的推广,指出该技术有助于优化企业的管理形式与流程,提高信息在组织内的传递效率;Subramanian^[9]提出通过在不同平台间搭建特殊节点,使管理者在分布式节点中能够进行数据信息的读写操作,从而保证区块内数据的同步;而 Aste 等^[10]则对比特币、以太坊中关于区块链技术存在的一些问题进行了分析总结并提出了相应的解决方法。

尽管我国在这方面的研究起步较晚,但如今已有了一些成果。杨德昌等^[11]分析了区块链与能源互联网间相通的部分,并对其在电力行业中的应用进行了展望;丁伟等^[12]从密钥丢失以及协议攻击角度对能源互联网中存在的区块链技术方面的问题进行了分析,并提出了相应的解决方案;梅文明等^[13]对区块链在电力行业中的应用进行了展望分析;张震宇等^[14]建立了基于区块链的电力资源管理方案,该方案能够大大降低资源的消耗,降低交易成本,提高数据安全;张宇帆等^[15]则认为区块链技术是充分分析电能质量数据的支撑技术。

笔者认为,从区块链技术的几个特点可看出,区块链技术与电能质量数据之间有一定的关联性。例如,区块链技术中的“去中心化”特点和电能质量数据的分布式存储以及处理之间有一定的相通性;

而区块链技术去信任化、不可篡改以及可追溯的特点,能使电能质量数据在参与电力交易时无需信用系统等第三方机构的参与,仅通过区块链构成的数据网即可构建一个安全、可信赖的数据管理交易环境。目前已有学者提出将区块链技术运用在泛在电力物联网建设、电力支付结算系统、涉密安全身份认证等电力相关领域,但尚未有在电能质量数据管理方面运用区块链技术的研究。

本文对区块链的基本架构以及电能质量的基本要素进行梳理,并在此基础上剖析两者之间的关系,通过分析电能质量的系统架构,力求建立基于区块链的电能质量数据管理平台,从而使电能质量数据中深藏的价值与关系能够被挖掘出来并充分利用,以促进电力市场的发展,提高资源的利用效率。

2 区块链与电能质量相结合的可行性分析

2.1 区块链的基本特性

区块链是一种由共识算法和智能合约等技术相结合的分布式账本技术,为了保证交易时信息的真实可靠,采用基于非对称密码学原理而产生的密钥来完成数据的加密和解密。大体上讲,区块链是一种全新的无需第三方监管的分布式账本技术,可以利用工作量证明(Proof of Work, PoW)、权益证明(Proof of Stake, PoS)等共识机制来完成数据的产生和更新,数据的存储和验证通过块链式结构进行,数据传输和访问的安全通过密钥来保证,而数据的操作与编程则通过智能合约来完成。综上,区块链技术不是一种技术,而是一系列技术的集合。

系统中的每个节点即是一个数据库,记账的数据会存储在每个数据库中,因此每个节点地位相等,共同维护系统的安全与稳定。当产生新的区块时,可以根据数据生成的时间先后顺序以及类别进行排序,并且在对数据进行非对称加密的基础上全程记录与该数据有关的发展、变形,有权限的使用者能通过基于区块链的平台来查询所需数据信息。由于收集的数据依托区块进行存储,通过 Hash 函数将带有时间戳的区块依次连接,形成一个区块链条,因此,若应用中出现各节点间数据更新无法同步等问题,即存在虚假信息时,只需对每个节点中最后一个区块信息进行核实即可^[16]。若最后一个区块的 Hash 值是正确的,说明整个链上的账本都是正确的,由此完成高效的验证。区块的内部结构如图 1 所示。

虽然区块链与电力交易相结合能够表现出很大的发展优势,但它仍有局限性,它的核心优势仅

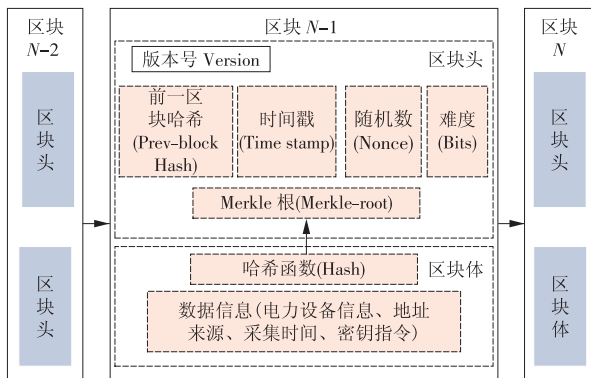


图 1 数据区块结构

Fig. 1 Structure of data blocks

是将集中管理变更为分布式管理,并没有提高系统性能的能力。

综上所述,区块链技术拥有去中心化、去信任化、可追溯以及数据不可篡改等特点,所以,区块链记载的信息一旦完成上链,就将永久保存。

2.2 电能质量的问题

随着电力系统的发展,大量调速电机和无功功率补偿器的投入使得电网中电压、电流波形的畸变率逐渐加重,导致谐波不断上升,进而引发了一系列电能质量问题。之后一些精密用电设备的出现,对电能质量提出了更加严格的要求。电能质量数据的运用对于提高资源利用效率、减小损耗、降低运行设备的出错率,乃至推进整个电力行业的革新都有重大意义,因而电能质量成了目前研究的热点。

由于电能质量问题涉及较多领域,所以电能质量至今仍没有一个权威的定义。简单来说,电能质量就是电力系统里的电压质量,它体现了一个电力系统的可靠性,通过观察电能质量数据可以知道该系统最大存储能力以及抗干扰能力。理论上讲,最完美的电能波形应是光滑、无失真的正弦波,但现实运行中,干扰因素的存在会导致波形不能显示出完美的正弦波,因此引发了关于电能质量问题的研究。

2.3 两者的兼容性分析

电能质量数据量的增加导致了数据存储、查询、展示等难题。电能质量数据能够直接提供的信息是有限的,其中许多有价值的信息仍存在于数据的关联关系中,而关联关系使得扰动事件在时空上相联系。例如,在时间层面上,由电压暂降引起的电压中断和重合闸不成功继而引起电压再次中断具有时间上的先后关系;在空间层面上,电压暂降在不同联结类别绕组中的传播使得空间中不同地点的扰动事件之间也存在关联性。电能质量数据

之间的关联关系可以使电能质量的扰动事件从看似“孤岛”的单一独立事件变成可以解释扰动全过程的复杂事件。因此,如何有效利用区块链技术,使得电能质量数据能够被实时地记录、查询,以便被授权者能够随时了解所处区域的电能质量在一段时间内的变化,是研究中值得关注的问题。

区块链技术可解决跨组织协同工作中因合作双方无法完全互信而产生的信息流通受阻问题,从而提高工作效率;能够改进现有业务流程,在降低管理费用的同时提高运行效率;能够为电网的发展提供可信的网络环境;能够有效解决电网转型升级过程中多主体协同、网络安全、数据融通等问题;能够通过去中心化的个人数据管理系统,使被授权者能够实时查询、展示个人信息,同时也能监督他人信息的真假。区块链技术能在保证数据真实可靠、内容保密的基础上,对大量数据进行存储、展示以及供人查询,并将管理成本控制在较低的水平。此外,由于区块链技术协同机制的存在,当一个节点中的一个区块出现问题而导致其余节点的数据无法同步更新时,该区块的前后部分均会有所反应,进而出现“分叉现象”;后续的区块会通过竞争算力自动连接到算力较高的区块上以消除“分叉”,从而保证整体工作的稳定运行。这样就能及时发现管理系统的问题,并在不影响正常工作的情况下及时解决。

随着电网市场的发展,电能质量数据多源异构的特性也逐渐凸显出来,这会导致数据在电网企业、用户等参与方内部的共享性变差,逐渐形成电力数据的“信息孤岛”,不利于电网数据的优化管理以及信息潜在价值的挖掘。而区块链技术可以说是“互联网+”思维的发展,它是一种去中心化的数据处理技术,由加密算法、共识机制、智能合约等多种成熟的技术组合而成,具有分布式存储、可追溯、真实可靠等优势。这些优势恰好符合电能质量数据管理的要求,若将这项技术应用于电能质量数据管理平台中,可有效解决电能质量数据的多源异构以及信息真实性等问题,从而挖掘出各项数据信息之间更紧密的联系并发现其价值。

3 区块链视角下电能质量数据管理平台架构

3.1 管理平台技术框架的层次分析

区块链视角下电能质量数据管理平台的技术框架可以分为6个层级,即采集层、网络层、共识层、激励层、合约层以及应用层,如图2所示。每个层级都有其相应的功能,各层级之间两两相互配合,共同构成了电能质量数据管理平台的基本框架。

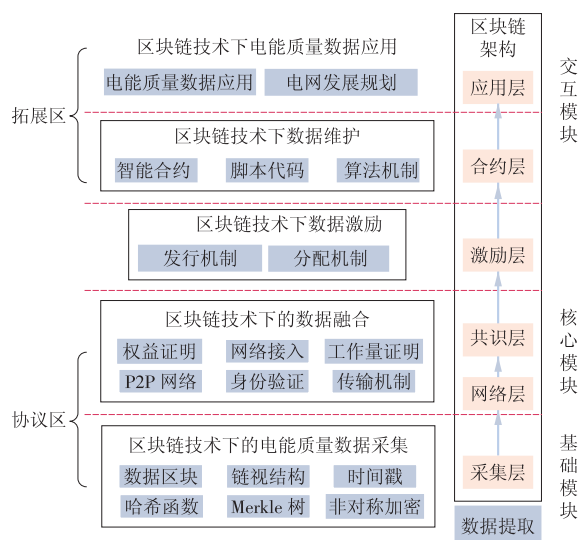


图2 区块链视角下的电能质量数据管理平台技术框架

Fig. 2 Technical framework of the power quality data management platform from the perspective of blockchain

采集层是电能质量数据管理平台的基础模块,该层的职能是提取一段时间内电网、电源、负荷等数据信息。

网络层包含了数据认证协议等技术要素,确保所有节点都可以参与电能质量数据信息的传输校验。该层采用了点对点式网络进行数据传输,网络上每个节点的地位相等并以扁平式的拓扑结构进行链接,每个节点既需要进行电能质量的数据传输还需要进行区块信息的认证,此外,还需要参与网络路由的规划。

区块链技术从根本上解决了电能质量数据管理平台中数据共识与互信的问题,通过网络上的分布式节点,能够针对不同类型的电能质量数据迅速达成共识。电能质量数据管理平台的共识层中封装了 PoW, PoS, DPoS, 实用拜占庭容错 (Practical Byzantine Fault Tolerance, PBFT), 授权拜占庭容错 (Delegated Byzantine Fault Tolerance, DBFT), 瑞波共识机制 (Ripple Protocol of Consensus Algorithm, RPCA) 等共识机制,有助于消除多源异构,统一格式,使数据信息以统一的形式进行交易,从而提高交易的效率,降低时间成本。

区块链系统的激励机制能够增加参与者的积极性,为系统持续地提供大量算力,同时也保证了系统的安全与稳定。

合约层封装了以智能合约为代表的各类脚本代码以及算法机制。智能合约封装了合约内容、触发条件以及相应规则,具有分布式验证存储、自我管理、智能运行以及不可伪造等特点。

应用层封装了区块链在电能质量数据平台中的各种应用情景,也是电能质量数据信息交互处理

的一个平台。

3.2 管理平台运行机理

由于数据采集系统使用的数据源不同,导致电能质量数据信息格式多样、数据类型差异较大以及信息重复采集或多次提取等问题,从而加大了数据分析的工作难度,因此需对所采集的智能数据进行预处理,即根据区块链电能质量数据管理平台的数据需求类型,生成相应的汇总表并进行数据统计。由于电能质量的需求指标一般会随着客户的不同而改变,如加工业、交通运输业通常会对电压频率偏差有较高要求,而仪器仪表与通信系统则更关注谐波的变化,因此,通过预先设定好的不同标签进行预处理,就能针对不同的参与方显示不同的信息,从而推动信息系统与参与方的合理互动。采集提取信息后,通过特定的哈希散列函数、非对称加密、Merkle 根等技术对不同类型的电能质量数据进行关键信息的提取,并进行标准化处理,即转化成固定长度的数学进制数之后,电网信息和电力交易的代码会被封装到盖有时间戳的区块内并与最长的区块主链相连形成新的区块节点。

在平台中封装有多种共识机制,虽然每个共识机制都有自身的优缺点,但通过优势互补即可发挥更大的作用,具体见表1。考虑电能质量数据的生成时间、能源消耗等问题,管理平台采用了基于 PoW 与 PoS 的混合共识机制——活动证明 (Proof of Activity, PoA),它是 PoW 和 PoS 的深结合,即在共识过程中同时使用这2种共识机制。PoA 机制中,矿工首先通过改变 Nonce 值计算新区块头,以最先找到的新区块头的矿工为出块节点,并对新区块头进行广播;然后全体矿工将该区块的哈希值、前一区块的哈希值以及 N 个固定后缀连接后进行验证,并产生权益代表;全体矿工会先判断自己是否成为权益代表人,若是,则对新区块头签名并进行广播;最后,全体矿工验证通过新区块的合法性后,即可将新区块连接到区块链尾端。PoA 机制的优势在于不依赖代币,在成熟的分布式一致性算法基础上即可实现秒级共识验证。该机制在降低了能耗的同时提高了安全性,使整个链式结构在被非法数据攻击时可不受影响。

电能质量数据处理过程如图3所示,其中:介质访问 (Medium Access Control, MAC) 地址 (亦称硬件地址) 是在媒体接入层上使用的地址;PMU 为电源管理单元;AMI 为智能表计基础设施。将收集到的电网、电源以及负荷的相关数据存入区块链电网数据缓存节点后,通过 MAC 分类,对收集到的信息进行整合,消除重复的信息;之后再利用区块链中的

表 1 电能质量数据管理平台中的共识机制

Tab. 1 Consensus mechanism of the power quality data management platform

共识机制	简称	特征及应用效果
工作量证明	PoW	使所有分布式节点都保持相同的竞争算力,以获取区块记账权,增强平台的安全性;需消耗大量电能,出块较慢,无法满足实际交易需求
权益证明	PoS	降低了能耗,避免了算力过于集中,减少了达成共识所需时间;本质上仍需网络中的节点进行挖矿运算
授权股份证明	DPoS	避免算力过剩,提高系统的计算效率,只需少量节点参与验证与记账,实现秒级共识验证;无法摆脱对代币的依赖
实用拜占庭容错	PBFT	保证参与传输过程的节点算力稳定,将容错率保持在总节点数的 1/3 以下,避免主链分叉,保证平台的安全稳定
瑞波共识机制	RPCA	所有节点共同对数据信息进行确认,提升数据在平台中的传输速度,缩短认证时间;可自动对信息记录进行更新

非对称密码学技术对数据进行解密,用预先设定的脚本代码形成的智能合约对数据信息进行校验、筛选,以保证数据真实可靠;然后依托数据标准化处理模型,即智能合约模型,实时监控电能质量数据,

管理员能够及时发现数据记录、存储时出现的异常状况,从而准确地对电能质量现状进行分析,挖掘其中深层价值并应用于实际,以完善电力系统。这些数据始终被保存在区块节点中,可以循环利用。

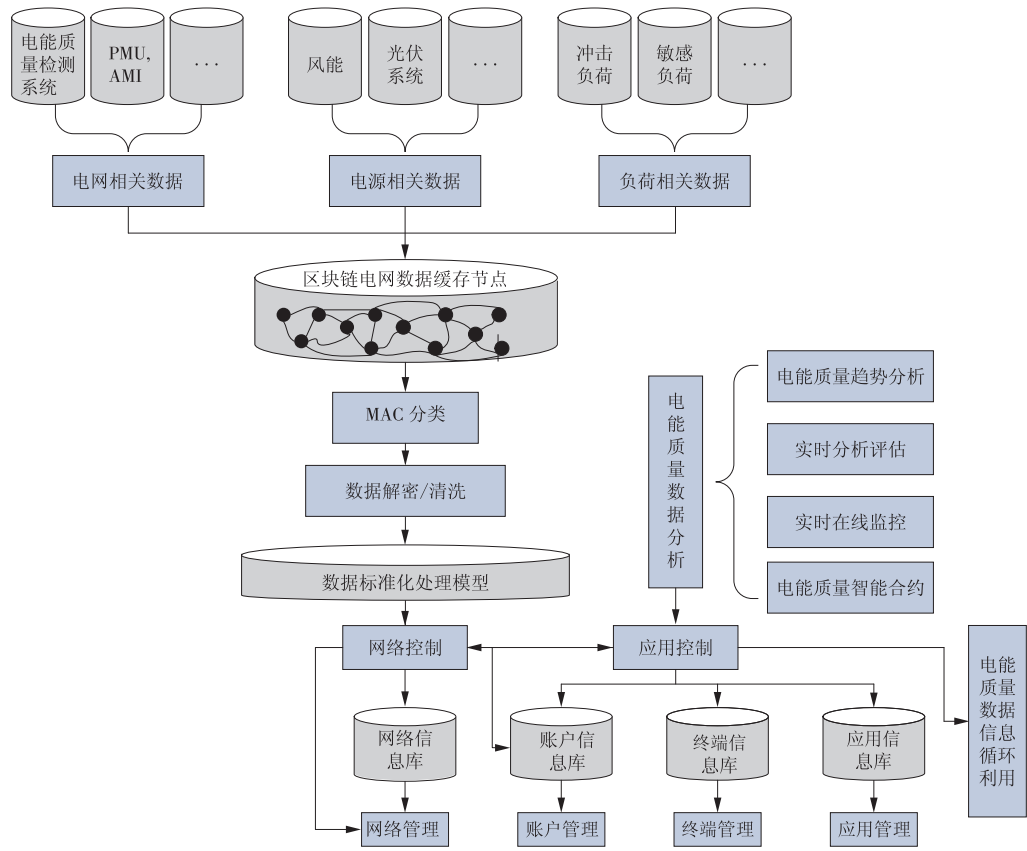


图 3 电能质量数据处理过程

Fig. 3 Processing of power quality data

3.3 区块链视角下管理平台的优势分析

电能质量数据管理平台是一个典型的去中心化的分布式存储的大数据处理平台,该平台中的任意节点都能不依赖于其他节点对电能质量数据进行认证、分析及存储。只要失效节点或非法节点总数不超过总节点数的 51%,就不会对区块主链的存储、更新造成影响。利用区块链中的哈希算法和共识机制,通过集成、清洗、转换等措施对数据进行融合加密后,就能达到消除数据多源异构性并将冗长的数据信息压缩至特定字符长度的目的。之后就会由所有节点一起对上链的信息进行认证和维护。

这样做增强了电能质量数据平台的容错率和抗劫持能力,使数据遭受恶意篡改的概率降到最低,同时也增强了数据管理平台的安全稳定性。

管理平台的一大优势是智能合约,而可编程性是智能合约的最大特点,这标志着签约方能够根据自身需求任意添加协议条款。系统运行时会对其进行实时监控,一旦符合特定的条件,智能合约不通过中心机构就能自主执行完成交易,并且处理过程中不会受到人为和外界因素的干扰,既保障了公正性,也提高了数据处理的效率。所以,区块链技术可以说是电能质量数据管理平台由人工化、自动

化向智能化演变的重要突破。相关技术人员将处理电能质量数据的计算机编程代码内嵌至合约层,使整个区块链平台能够主动或被动地处理传送特定信息,同时数据系统的其他功能也正常运行。

区块链技术将电能质量数据处理过程中的各

环节紧密融合、协同优化,形成了全新的电能质量管理平台。电网企业可通过平台实现各类电能质量数据信息流在企业部门间高效运转,进而保证智能电网正常运行。区块链视角下电能质量数据管理平台优势分析见表2。

表2 区块链视角下的电能质量数据管理平台优势分析

Tab. 2 Strength analysis on the power quality data management platform from the perspective of blockchain

特点	传统的电能质量数据管理平台	区块链视角下的电能质量数据管理平台
安全性	在电网运行、电力调度过程中产生的部分数据涉及参与者的隐私,数据泄密可能会使其利益受损	区块链采用了非对称密码学原理,可将数据转换成密文,若没有密钥,则无法对密文进行解析,可保证电能质量数据存储及应用的安全性
开放性	在电网企业内部,电能质量数据只对部分部门的部分管理人员开放,并不是所有员工都拥有对电能质量数据平台的访问或管理权限	区块链可将电能质量数据进行分布式存储,且该技术的信息处理功能强大,具有较强的可拓展性;此外,还能通过对不同对象设置不同层次权限来控制数据平台的开放性
可靠性	传统管理平台是中心化的,后台数据较易被人为篡改,无法保证数据的真实可靠	区块链具有较强的可靠性,只有在51%以上的节点同时受到攻击时,数据才能被篡改,而这种情况凭借如今的技术很难做到
互联性	在数据流方面,各参与方无法做到完全互通互信	区块链节点上的数据进行点对点传输,保证了数据传输时的畅通互联

4 结束语

目前,区块链技术在电能质量数据管理平台中的应用仍处于探索阶段,可借鉴的经验较少,而且还面临着大量的挑战。例如,至今尚未解决“三元悖论”问题,不能在去中心化、安全可靠性和运行效率3个方面进行最优选择,而只能通过牺牲一方要素来成全另一要素在某一领域上的进步,因此需要进行不断的创新和探索。

参考文献:

- [1]袁勇,王飞跃.区块链技术发展现状与展望[J].自动化学报,2016,42(4):481-494.
YUAN Yong, WANG Feiyue. Development status and prospect of blockchain technology [J]. Acta Automatica Sinica, 2016, 42(4): 481-494.
- [2]ANDONI M, ROBU V, FLYNN D. Blockchains: Cryptocurrency your own energy supply [J]. Nature, 2017, 548(7666): 158.
- [3]NAKAMOTO S. Bit coin: A peer-to-peer electronic cash system[J]. Consulted, 2009, 75(8): 1042-1048.
- [4]王群,李馥娟,王振力,等.区块链原理及关键技术[J].计算机科学与探索,2020,14(10):1621-1643.
WANG Qun, LI fujuan, WANG Zhenli, et al. Principles and key technologies of blockchain [J]. Computer Science and Exploration, 2020, 14(10): 1621-1643.
- [5]SIRAJ R. Decentralized applications [M]. Sebastopol: O'Reilly Media Incorporated, 2016: 61-63.
- [6]崔金栋,王胜文,辛业春.区块链联盟链视角下智能电网数据管理技术框架研究[J].中国电机工程学报,2020,40(3):836-848.
CUI Jindong, WANG Shengwen, XIN Yechun. Research on

technical framework of smart grid data management from consortium blockchain perspective [J]. Proceedings of the CSEE, 2020, 40(3): 836-848.

- [7]BECK R. Beyond bitcoin: The rise of blockchain world [J]. Computer, 2018, 51(2): 54-58.
- [8]TAPSCOTT D, TAPSCOTT A. How blockchain will change organizations [J]. MIT Sloan Management Review, 2017, 58(2): 10-13.
- [9]SUBRAMANIAN H. Decentralized block chain-based electronic marketplaces [J]. Communications of the ACM, 2017, 61(1): 78-84.
- [10]ASTE T, TASCA P, MATTEO T D. Blockchain technologies: The foreseeable impact on society and industry [J]. Computer, 2017, 50(9): 18-28.
- [11]杨德昌,赵肖余,徐梓潇,等.区块链在能源互联网中应用现状分析和前景展望[J].中国电机工程学报,2017, 37(13): 3664-3671.
YANG Dechang, ZHAO Xiaoyu, XU Zixiao, et al. Application status and prospect of blockchain in energy Internet [J]. Chinese Journal of Electrical Engineering, 2017, 37(13): 3664-3671.
- [12]丁伟,王国成,许爱东,等.能源区块链的关键技术及信息安全问题研究[J].中国电机工程学报,2018,38(4): 1026-1034.
DING Wei, WANG Guocheng, XU Aidong, et al. Research on key technologies and information security of energy blockchain [J]. Chinese Journal of Electrical Engineering, 2018, 38(4): 1026-1034.
- [13]梅文明,王栋.区块链技术在电力领域应用场景的探索分析[J].电力信息与通信技术,2020,18(2): 21-29.
MEI Wenming, WANG Dong. Exploration and analysis of application scenarios of blockchain technology in power field [J]. Power Information and Communication Technology, 2020, 18(2): 21-29.

[14]张震宇,陈刚,林勇,等.基于区块链的电力资源管理[J].科技与创新,2020(1):1-6.

ZHANG Zhenyu, CHEN Gang, LIN Yong, et al. Power resource management based on blockchain [J]. Science and Technology and Innovation, 2020 (1): 1-6.

[15]张宇帆,艾芊,肖斐,等.数据驱动电能质量分析现状及其支撑技术与展望[J].电力自动化设备,2018,38(11):187-196.

ZHANG Yufan, AI Qian, XIAO Fei, et al. Status quo of data-driven power quality analysis and its supporting technologies and prospects [J]. Power Automation Equipment, 2018, 38(11): 187-196.

[16]杨琳,龚钢军,林红,等.基于区块链技术的能源电力特色数据库管理[J].华电技术,2020,42(8):48-53.

YANG Lin, GONG Gangjun, LIN Hong, et al. Database management with energy and power characteristics based

on blockchain technology [J]. Huadian Technology, 2020, 42(8): 48-53.

[17]王云泽,王秋瑾,马欣欣.基于区块链技术的能源互联网交易方案设计[J].华电技术,2020,42(8):83-89.

WANG Yunze, WANG Qiujin, MA Xinxin. Design of energy internet trading system based on blockchain technology [J]. Huadian Technology, 2020, 42(8): 83-89.

(本文责编:刘芳)

作者简介:

缪宇峰(1987—),男,浙江杭州人,工程师,从事电力系统及其自动化技术研发和管理工作(E-mail: 1076118732@qq.com)。

崔金栋*(1980—),男,山东德州人,教授,博士,从事电力大数据、信息建模方面的研究(E-mail: 20100429@neepu.edu.cn)。

“综合能源系统多能互补协调调度与控制”专刊征稿启事

近年来,不同类型的能源供应网络(如电网、天然气网、热力网和交通运输网等)正在经历网络设备、运营管理、组织架构、激励机制和商业模式等各个方面的变革,并逐渐整合成为多能互补融合的综合能源系统。这场革命深刻地影响了能源生产、转换、传输和消费等各个环节,加强了从省级、区域级到建筑级等各种规模能源系统之间的耦合。综合能源系统中的多能互补将利用先进的物理信息技术和创新管理模式,整合区域内煤炭、石油、天然气、太阳能、风能等多种能源,实现多种异质能源子系统之间的协调规划、优化运行,协同管理、交互响应和互补互济,在满足系统内多元化用能需求的同时,促进可再生能源的消纳并提升能源系统的总体运行效率。随着中国“3060”碳排放目标的提出,综合能源产业必将迎来新的发展机遇。

为此,《华电技术》特推出“综合能源系统多能互补协调调度与控制”专刊,邀请国家级特聘专家、IEEE Fellow、华南理工大学教授朱继忠及其ISESOOC爱思科团队的刘云副教授、郑伟业副教授担任特约主编,共同探讨综合能源系统多能互补协调调度与控制领域发展的前沿成果、最近进展、关键技术问题与解决方案及未来发展方向,欢迎业内同仁踊跃投稿。

一、征稿范围(包括但不限于)

- (1)综合能源系统建模与分析方法。
- (2)综合能源系统负荷预测。
- (3)综合能源系统规划与设计。
- (4)综合能源系统多能协调运行与控制。
- (5)综合能源系统能量管理。
- (6)多能流、多层级、多主体的能源互联网市场框架体系设计。
- (7)综合能源系统的多管理/市场主体博弈。
- (8)信息物理综合能源系统的构建与分析。
- (9)综合能源系统可靠性评估。
- (10)新概念与解决方案,如电转气技术、氢能汽车和综合能源区块链技术等。

二、时间进度

专刊拟于2021年4月30日截稿,2021年5期(5月25日)后择期出版。

三、征稿要求

- (1)专刊只收录未公开发表的论文,拒绝一稿多投。作者对论文内容的真实性和客观性负责。
- (2)按照《华电技术》论文格式要求使用Word软件排版,论文模板请登录<http://www.hdpower.net>在作者中心下载。
- (3)请保留论文图片、曲线和表格原始文件,并在投稿时按规定提交。
- (4)论文作者应遵守相关学术不端规定。

四、投稿方式

- (1)在线投稿(推荐):登录在线采编系统(<http://www.hdpower.net>),完成在线全文投稿。欢迎投稿时推荐审稿人。
- (2)邮箱投稿:zhujz@scut.edu.cn(朱教授);hdjs-chd@vip.163.com(编辑部)。
- (3)咨询联系:刘芳 0371-58501060 13838002988;杨满成 010-63918755 13801175292。