

# Discussion on Electric Energy Saving Technology and Strategy in Power System

Siyu Ren<sup>1</sup> Yuzhen Hu<sup>1</sup> Jian Liu<sup>2</sup>

1. Inner Mongolia Huomei Hongjun Aluminum & Power Co., Ltd., Tongliao, Inner Mongolia, 029200, China

2. Inner Mongolia Huomei Hongjun Aluminum & Power Co., Ltd., Zahanor Aluminum Branch Tongliao, Inner Mongoliam, 029200, China

## Abstract

This paper systematically explores electrical energy-saving technologies and strategies in power systems. It begins by analyzing the composition of energy losses, evaluating methods for assessing energy-saving potential, and identifying key factors affecting energy efficiency, thereby establishing the foundation for technical analysis. Subsequently, it examines energy-saving technologies in generation, transmission, and distribution phases, as well as specific measures and strategies on the consumption side. Finally, from a systemic perspective, it discusses comprehensive strategies including multi-energy complementary coordination, energy-saving mechanisms for new power systems, and policy-driven market innovation. The paper aims to construct an analytical framework for electrical energy conservation that spans from technical foundations to system integration, providing theoretical references for the green and efficient operation of power systems.

## Keywords

Power system; Electrical energy saving; Energy efficiency analysis; Energy-saving technology; Optimized operation

## 电力系统中的电气节能技术与策略探讨

任思宇<sup>1</sup> 胡玉珍<sup>1</sup> 刘建<sup>2</sup>

1. 内蒙古霍煤鸿骏铝电有限责任公司, 中国·内蒙古 通辽 029200

2. 内蒙古霍煤鸿骏铝电有限责任公司扎哈淖尔铝业分公司, 中国·内蒙古 通辽 029200

## 摘要

本文围绕电力系统中的电气节能技术与策略展开系统探讨。首先分析了电力系统电能损耗的构成、节能潜力评估方法与影响能效的关键因素, 奠定了技术分析基础。随后, 依次剖析了发、输、配环节的节能技术, 以及用电侧的具体节能措施与策略。最后, 从系统整体出发, 探讨了多能互补协同、新型电力系统节能机制及政策市场创新驱动等综合策略。全文旨在构建一个从技术基础到系统集成的电气节能分析框架, 为电力系统绿色高效运行提供理论参考。

## 关键词

电力系统; 电气节能; 能效分析; 节能技术; 优化运行

## 1 引言

电气工程作为现代科技领域中的核心学科之一, 从某种意义上讲, 电气工程的发达程度代表着国家的科技进步水平。电气工程在现代生产制造、冶金、建材等各领域都得到广泛的应用, 而且在技术方面一直追求卓越并不断取得突破。所谓电气节能, 并非仅仅着眼于技术方面效率的改良, 它牵涉到系统规划、运行调控、市场机制以及管理策略等诸多层面<sup>[1]</sup>。当下, 电力系统在发电、输电、配电直至用电的各个环节仍然潜藏着很大的节能空间, 迫切必要借助技术更新和体系改善来系统地去发掘这些潜力。本文力求全面整理

电力系统节能的技术根基, 概括各个部分的主要技术方法, 并展望系统层面的综合节能策略, 以期为推进电力行业绿色低碳发展提供理论支撑与实践指引。

## 2 电力系统节能的技术基础

### 2.1 电力系统电能损耗的主要构成与分布

电力系统的电能损耗大致可被划分成技术损耗和经营损耗这两大部分, 其中, 技术损耗包含输电线路以及变压器里的可变损耗和固定损耗, 这些损耗的大小同负荷水平、设备参数以及电网结构紧密相连。可变损耗大多源自电流流经电阻时产生的热量, 其大小与负荷的平方呈正相关关系; 而固定损耗则更多来源于变压器的铁损等那些与负荷无关的组成单元。经营损耗往往由计量错误、窃电以及运行管理不到位等非技术因素引发<sup>[2]</sup>。在空间分布方面, 配电网因具备

【作者简介】任思宇(1989—), 女, 中国河北唐山人, 硕士, 工程师, 从事电力方向研究。

较低的电压等级、较为繁密的线路以及复杂的供电半径，所以其损耗常常占据系统总损耗的较大比重，成为节能降耗的关键之处。从系统层面剖析损耗的形成原因及其分布特性，乃是制订具有针对性节能方案的先决条件。

## 2.2 节能潜力分析的关键指标与评估方法

节能潜力分析需依靠科学的关键指标及评估方法，其中常见的指标包含线损率、变压器负载系数、功率因数以及设备运行效率等，这些指标能够定量表现系统和设备的能效水平，而评估方法覆盖理论计算、统计分析、对比分析以及仿真模拟等诸多手段。理论线损计算按照电网拓扑结构和相关参数，可以得出特定运行模式下的最小损耗量；统计分析法通过历史数据来拟合线损与负荷等变量之间的关系，识别出异常点和潜在改进之处；对比分析则在同类型的系统或者设备之间执行能效对比，从而找到存在的差异<sup>[3]</sup>。全面运用这些方法和指标，就能够系统地评判各个部分节能潜力的大小及其分布情况，进而为节能计划提供参考依据。

## 2.3 影响电能传输与使用效率的关键因素

影响电能传送与使用效率的主要因素涵盖设备、网络、运行以及负荷特性等诸多方面。从设备角度而言，发电机、变压器、线路等关键设备自身的效率形成了一定的基础。网络结构决定了潮流分布是否合理，存在不合理之处或者薄弱点时就可能出现附加损耗。至于运行方式包含电压水平、无功分布、变压器投切配合情况等要素，它们会直接左右网络损耗状况。负荷特性关乎负荷曲线形态、功率因数以及谐波含量等方面，那些波动剧烈、功率因数低下或者谐波现象突出的负荷极易大幅削减能效。而且，环境状况、维护水准以及调度方案等要素同样会对效率施加重大影响，识别这些关键要素并加以改良乃是改善整体能效的重点所在。

# 3 发、输、配环节的节能技术

## 3.1 发电侧效率提升与优化运行技术

发电侧节能重点在于改良能源转换效率并改善机组运行状况，采用超超临界、联合循环等高效发电技术能够大幅缩减发电煤耗。改良运行技术涵盖机组负荷经济分配、启停改良以及厂用电系统节能改造等方面，按照等微增率原则在机组之间分配负荷，可以使全厂处于最高效的运行范围之内；合理安排机组的启停过程，规避掉无效的运行工况；对于风机、水泵等厂用辅机执行变频调速操作，从而减小厂用电率。加大热电联产力度，达成能源的梯次利用，这样就能进一步优化一次能源的综合利用率<sup>[4]</sup>。把上述这些技术加以综合运用，从源头上削减能源的消耗量，这属于电力系统节能最为关键的部分。

## 3.2 输电网络降损与柔性输电技术应用

输电网络若想降损，需依靠网络结构的改良、运行方式的调整以及先进技术的应用，通过巩固网络结构、缩减供电距离、选用大截面导线等办法，可以减小电阻损耗。所谓

改良运行方式，就是合理调整电网的运行电压，执行电网经济调度，以此来削减环路潮流和远距离输送的功率。柔性输电技术包含统一潮流控制器、静止同步补偿器等等，它们能够做到对线路阻抗、电压以及相角的灵活而精准的控制，进而改善潮流分布状况，减小网络损耗，增强线路的输送能力。这些技术被采用以后，提升了电网的可控水平，也为积极降损提供了有效途径。

## 3.3 配电网优化与无功补偿技术

配电网的改良对于节能减损十分关键，其重点在于网络重构、设备更新以及无功改良方面，通过调整联络开关的状态来执行网络重构，这样做可以均衡负荷、缩减供电半径并减小线路损耗。用低损耗变压器、节能型金具等高效设备替换掉旧设备。无功补偿技术是改善配电网能效的重点所在，合理设置并联电容器、静止无功发生器之类的装置之后，就能做到分层分区的就地平衡，进而提升功率因数，削减无功功率在输电线路上的流动，这样就能大幅减小电压损耗和有功损耗<sup>[5]</sup>。改良无功补偿装置的容量、布局以及控制策略之后，就能够收获理想的经济与节能效果。

# 4 用电侧的电气节能技术与策略

## 4.1 高效电机与变频调速技术

电动机属于电能的终端用户，推广高效电机属于基本的节能举措，高效电机选用优良材料，并改良电磁和结构设计，这样就能大幅缩减铁损、铜损以及机械损耗。变频调速技术可以持续而平稳地调节电机转速，令其输出功率正好符合实际负载需求，这便超越了传统阀门、挡板等节流调节方法造成的诸多能量损失，格外适合风机、水泵之类存在变负载情况的场所<sup>[6]</sup>。把二者共同运用起来，就能够达成系统的高效运行。而且，关注电机的恰当选择，防止出现“大马拉小车”的状况，再加上巩固其保护和护理工作，这些都是保留电机高效运行的关键所在。

## 4.2 先进照明与电加热节能技术

在照明方面，用发光二极管这样的高效光源来取代传统白炽灯、荧光灯，其优势在于光效较高、寿命较长、发光方向性较好。如果再加上智能照明控制系统，包含光感、定时、人体感应调节等功能，就能按照需求提供照明，免除不必要的浪费。电加热节能技术涉及诸多方面，比如选择高效的电热元件，改良加热工艺及流程，采取红外、感应等高效加热方法，加强设备和管道的保温措施等。电磁感应加热技术依靠涡流效应直接加热工件，热效率远胜电阻加热。运用这些先进技术和管理手段，可以极大地缩减照明和加热这两个传统耗电领域的能量消耗。

## 4.3 需求侧管理与负荷优化控制

需求侧管理会用经济、技术、行政等手段来引导用户改善用电方式，负荷改良控制是它的技术重点，包含可中断负荷控制、直接负荷控制以及依靠价格的响应策略等。通过

执行分时电价、尖峰电价等价格机制,促使用户自发地移峰填谷。凭借自动控制技术,对中央空调、电动汽车充电桩、储能装置等灵活负荷执行聚合和协调控制,只要不影响用户的舒适度,就可以参与系统调峰<sup>[7]</sup>。需求响应能够使负荷曲线变得平滑,削减为应对短期尖峰负荷而增添的备用容量和网络损耗,从系统的全局出发做到节能和经济运行。

## 5 系统层面的综合节能策略与展望

### 5.1 多能互补与能源系统协同优化

多能互补关注电力系统同热力、燃气、储能等其他能源系统的协同合作,通过电热、电气耦合来发挥各类能源的品位优势及其时空互补特点。综合能源系统集成众多能源的生产、变换、储存和消费环节,达成能源的梯级利用及改良调配。所谓协同改良,即从规划到运行各个环节,把整体能效最高或者总成本最低当作目标,协调并改良各个子系统,比如采用热电解耦、储热技术提升热电联产机组的运行灵活性,从而推动可再生能源的吸纳。多能互补和协同改良打破了能源子系统之间的障碍,成为做到系统级节能的重要途径。

### 5.2 新型电力系统结构下的节能机制

新型电力系统以新能源为主,其电源结构、负荷特性以及系统运行方式均出现大幅改变,节能机制也必要更新换代。可再生能源占比很高时存在波动性和不确定性,这会加大系统调节的需求量,就要依靠高灵活度的调节资源、先进的预测和调度技术才能守住高效运行的态势。大量分布式电源投入运行以后,潮流不再呈单向流动,这就须要更为精准的配电网运作以及协调控制方案,从而削减能量损耗<sup>[8]</sup>。数字孪生、人工智能这些新技术给系统节能带来了更强的分析、决策以及自愈功能。新型电力系统的节能重点已由单个环节效率的提升转为全系统源、网、荷、储相互配合的动态能效优化。

### 5.3 政策、市场与技术创新驱动策略

节能目标若想达成,得要政策、市场以及技术革新共同推动才行。从政策角度来讲,要完备能效标准、标识还有强制淘汰制度,也要制订出财税奖励和补贴政策。就市场而言,应当完善电力市场以及辅助服务市场,使得节能带来的经济效益能够通过市场交易表现出来,创建起可交易的节能量认证或者“能效电厂”体系<sup>[9]</sup>。至于技术方面,则要不断

投入到研发新型节能材料、装备、系统集成以及数字化技术当中,还要促使这些技术成果得到转化并做到大规模应用。这三者彼此支持,形成起来就是一种可以引领投资、激发活力、推动革新的良好环境,而这才是促使电力系统节能工作不断向前迈进的关键所在。

## 6 结语

电力系统节能属于牵涉技术、运作、政策以及市场的系统工程。文章先针对电能损耗的基本原理加以分析,接着全面论述发、输、配、用各个阶段主要的节能技术和方法,还对系统综合提升的趋势作出预测<sup>[10]</sup>。未来的节能任务既要不断深入传统技术的应用,也要积极顺应新型电力系统的发展态势,巩固多能联合和源网荷储之间的相互作用,凭借政策市场机制的更新,创建长效的保障体系。唯有借助全面的技术改进和体系完善,才能够完全发挥出节能的潜能,促使电力系统朝着更高效率、更洁净、更灵活的方向不断发展下去,从而给经济社会的绿色转型提供坚实支撑。

### 参考文献

- [1] 黄志勇,肖榕辉,张存斌,等.电力系统电气控制阀电压节能控制方法研究[J].电力设备管理,2025,(07):159-161.
- [2] 汤朝坤.电气节能技术与电力新能源的发展应用[J].大众标准化,2024,(17):123-125.
- [3] 马晓亮.工业与民用建筑电气设计中节能体系的优化措施[J].智能建筑与智慧城市,2024,(04):112-114.
- [4] 姜爱君.基于节能理念的船舶电气设备技术研究[J].船舶物资与市场,2023,31(03):71-73.
- [5] 李宝山.工业电气设计在电气节能方面的探讨[J].世界有色金属,2022,(16):132-134.
- [6] 沈家宇,张文斌.煤矿电气节能技术研究应用[J].内蒙古煤炭经济,2021,(19):111-112.
- [7] 诸江.建筑电气系统节能技术设计研究[J].智能城市,2021,7(04):117-118.
- [8] 雍宝汗.绿色节能理念下输配电系统标准化设计[J].大众标准化,2025,(23):23-25.
- [9] 吕恒政.电力系统线损与节能调度降损[J].灯与照明,2025,49(04):109-111.
- [10] 向祥主.新型电力系统中的电力节能技术研究[J].中小企业管理与科技,2024,(20):115-117.