

# 能源互联网群体智能协同控制与优化技术

王 榕 杨 文 刘晓琴

国网甘肃省电力公司数字化事业部 甘肃兰州 730050

**摘 要:** 能源互联网是能源网络与信息网络耦合的产物, 它的出现为我国能源的改革提供了重要的技术条件。为了有效的推进能源互联网更加协调和发展, 能够被更高效的利用, 就要对群体智能、协同控制、技术的优化等进行相应的构思和设计。针对怎样能将互联网共享的信息进行合理高效的运用, 对多种能源进行有效的规划, 最终提出一种良好的控制策略, 从而对分布式的可再生资源, 更有效的被大家所应用, 根据对一次能源的科学调度以及合理的改进, 以此完成可再生资源的合理分布, 被大规模的利用和共享。将这种方法, 应用到能源网络平台, 以实现全域、全品类、全链条, 为互联网更加优化运行, 提供了一定的理论依据和工程上的参考。

**关键词:** 能源互联网; 群体智能; 协调优化

## Collaborative control and optimization technology of swarm intelligence in energy Internet

Rong Wang, Wen Yang, Xiaoqin Liu

State Grid Gansu Electric Power Company digital Business Division, Gansu Lanzhou 730050

**Abstract:** Energy Internet is the coupling product of the energy network and information network. Its emergence provides important technical conditions for the energy reform of our country. In order to effectively promote the coordination and development of the energy Internet and be more efficiently used, it is necessary to conceive and design group intelligence, collaborative control, and technology optimization. Aiming at how to use the information shared by the Internet reasonably and efficiently, and to plan the various energy sources effectively, a good control strategy is finally proposed. It allows distributed renewable resources to be used more efficiently by everyone. According to the scientific dispatch and reasonable improvement of primary energy, so as to complete the reasonable distribution of renewable resources, to be used and shared on a large scale. This method is applied to the energy network platform to realize the whole domain, the whole category, and the whole chain, which provides a certain theoretical basis and engineering reference for the more optimized operation of the Internet.

**Keywords:** energy Internet; group intelligence; coordination and optimization

该如何创建高效率、高安全性能、可持续使用的新能源利用方式? 这一问题是全球人类共同发展中的重要难题。<sup>[1]</sup>为此出现了能源互联网。为了推进能源互联网能源能够快速发展和被高效利用, 依据能源网络中的设备单元对整体动态的影响规律, 从而获得较高的精度和较高可靠性冷、热、电、气等, 智能的动态化的模型, 最终可以为能源的网络更好的优化, 提升其智能化的水平, 提供重要的理论与技术。

### 1、面向分布式自治控制的边缘计算方法

该方法通过节点与它临近的电源节点信息上进行交

换, 并采用科学的计算方法进行计算, 从而实现区域的发电成本得到有效的优化<sup>[2]</sup>。直流微电网混合储能协调的控方法是指, 通过节点与相邻电源节点的信息交换, 对电容器的功率和蓄电池的功率, 进行合理的划分和分配, 从而实现网络内部的协同控制。近年来, 在我国目前研究方面来说, 主要是集中在, 控制算法的方面, 但是这样的算法并不能够有效的, 与能源网络系统更好的结合, 所以, 可以采取面向分布式控制的边缘式方法, 进行计算。

#### 1.1 构建多类型能源信息交换模式

通过对制冷机、锅炉、风电等可再生能源，进行研究和详细的分析，发电分布的主要规律，以及流量、压力、功率等，不同能源的特有量，构建一种新型的能源协同运行，通信网络的框架，利用不同类型的，不同质地能量相互进行，交换作用，机理和数据按照一定的要求进行交互，从而构建出多种类型能源信息的交互模式。

### 1.2 实现快速算法

通过保持系统内的能量达到平衡、控制联合线能量的波动、提升系统运行过程中的经济性效益等以上工作的内容，为主要的目标，利用离散分布一致性的方法，打造一个面向能源网络的一致性变量数据合集和迭代控制方法，最终实现快速计算的方法。

### 1.3 实现资源的即插即用

通过分析冷、热、电、气等发生扰动变化的规律，从而能够提出这些事物的触发机制相同的计算方法，从创立起一个系统离散一致性的模型，最终实现如果系统在扰动时，群内自治也相对比较稳定及不同型资源的即插即用。

## 2、基于多智能体的分布式协同控制方法

在多智能体的协同控制方面，近几年，已经有很多的学者，对能源网络的优化和控制策略两个方面，展开了充分的研究。有人提出的电-热-气能源经过系统进行分析，并最终选择最佳的调度方案，实现了能量枢纽的内部能效特性和外部能源的分配和双层优化<sup>[3]</sup>。目前对多智能体进行协同控制的研究，大多是集中在配电和微电网上，这缺乏能源互联网多种能源控制技术的研究，针对以上问题，就此进行分析。

### 2.1 构建多智能体协同能源分布的调控框架

通过对能源类型的分布规律和接入的比例，进行分析，建立内部较紧密，外部联系稀疏，能源的特性可以互补的小型区域能源网络体系，从而能够实现不同质地的能源，能够有效高的利用，再次对通信和控制需求进行研究，并设计集群智能的功能，从而构建面向集群的协同的能源网络分层分布式结果。

### 2.2 实现能源互联网集群经济、稳定运行

结合不同类型能源的出力规律，并分析能源网络集群中，不同能源间协同和互补的作用，建立多智能体分布调度模型，从而实现能源网络集群经济、平稳运行。

### 2.3 保证系统的稳定运行

以能源网络多智能体控制结构为主要依据，并结合各智能体的通信发送时延等的影响进行研究，构建一个

多智能体控制的模型，并维持群内部的安全和稳定，同时还要确保各群对调动安排的准确追踪，和群间的能量波动进行科学分配，从而确保系统的稳定性。

## 3、智能体任务的分解

在能源网络当中，需要大量的分布式系统机器设备，这种机器设备自身具有较强的独立和配合性。因而构建出一种能够实现平稳供能、自动控制的计算水平和执行能力的智能控制系统。根据能源网络功能的特征，可以分为以下几种类型。

### 3.1 一次能源智能体 (PEA)

它是一种对应于能源网络电联产装置，发电、供热设施的智能体。对一次能源侧发电进行及时的监测，响应能源的路由器和管理智能体的控制信号，计算各个装置的余量，此外，依据该智能体的控制代码，与其它智能体之间协作调节配电设备状态，抵达配网或能源网络的能量需求。

### 3.2 多能负荷智能体 (LA)

它可以持续监测电力负荷的运行状况，将用户侧能量的需求，上报给管理者，并根据路由器的控制指令自行切断负荷。

### 3.3 能量存储智能体 (ESA)

它对能量保存设备的储能状况，进行实时监测，根据PRA的指令，保持网内短期负荷的稳定。

### 3.4 主网智能体 (MGA)

它与PRA进行进行能源需求信息的交互。

### 3.5 能源路由器智能体 (PRA)

依据MGA或者MA发送能源所需要的信号，以最大利用可再生资源为主要的目标，在此基础上，对一次能源侧能源进行优化，从而保证互联网内功率稳定，电能与配电网两者的频率要相同，保证输出高质量电能，去报能源互网络能量的需求。

### 3.6 管理者智能体 (MA)

它是一种虚拟的智能体，在检测到能源网络需求的信号时，此时与PEA通讯，构建负荷需求的响应组织，共同协作，以最大限度的，解决用户侧能量需求波动问题。

## 4、能源互联网能量协调控制策略设计

为了能科学分派一次能源，各个能量供应的机器设备，担负负荷功率。在电力资源进行科学分派的环节中，为了确保高质量电能输出，选用多智能体优化算法对功率和工作电压进行监管，进而保证其在监控范围内进行起伏。其自身能够分为，处理互联网用户侧以及解决配网/供热网络能源供应需求的二种。

#### 4.1 响应能源互联网用户侧能需求的能量协调控制措施

为了高效,快速控制能源互网络内负荷的不稳定,需要重点关注响应用户侧的能量需求,保证能源网络不会产生大起大落的波动,从而稳定进行。

##### 4.1.1 建立动态负荷需求相应团队(DLDRT)

当LA收到到电力能源用户侧发出的负荷信号时,随之便能够产生智能体MA,该MA与邻近的PEA互相通讯,搭建动态性负荷需求响应机构团队。

##### 4.1.2 筛选参与任务的PEA<sub>s</sub>

根据提升一次能源侧的电力能源方法,MA用DLDRT挑选一次能源侧的PEA,以此挑选参加任务PEA。

##### 4.1.3 输出热能

通过汲取参与负荷需求响应任务活动的PEA<sub>s</sub>的状态的参变量,供热设备输出热量的功率。

##### 4.1.4 控制电压的波动

根据多智能体中的计算方法,MA将会计算出每一个设备应能承受的负载功率,根据多智能体计算方式,最后将电压保持在容许范围之内进行波动。

##### 4.1.5 计算、调整功率

根据MA测算出相对应信息数据,PEA与邻近的PEA协作调整设备状态,以将发电设备的输出功率调整为 $P_i+P_{in}$ ,将输出功率调整为 $Q_i+Q_{in}$ 。这其中, $P_i$ 是发电设备原导出电力合理电力, $Q_i$ 是原导出热量电力。

##### 4.1.6 协调控制策略

分辨能源网用户侧的负载变化是不是趋于平稳,要是缺少DLDRT的搭配,MA便不会存在,当上层MA出现后,DLDRT规模便会扩大。将DLDRT导入到能源互联网中所有能源设备,顶层MA将转换成PRA,并执行能源控制方法以适应配电设备或供热网络的能源要求。

#### 4.2 响应配电网/供热网络能量需求的能量协调控制策略

在与能量网络进行能源信息分享的过程中,配电网或供热网等网络,为了能够充分利用可再生资源,需要对一次能源侧做整体的规划。

##### 4.2.1 筛选参与任务的PEA<sub>s</sub>

PRA检测到MGA发送的能量请求信号时,PRA对所

有的PEA<sub>s</sub>进行能源的调度优化,从而筛选出PEA<sub>s</sub>。

##### 4.2.2 输出热能

通过汲取配电网或者供热网络需求,参加任务的PEA<sub>s</sub>的参变量状态,设备输出热量的功率及其供热余量。

##### 4.2.3 控制电压的波动

根据多智能体中的相关计算方法,PRA测算各元器件输出功率或热功率,应用多智能计算方式操纵输出工作电压,在应允的规定内内进行波动。

##### 4.2.4 计算、调整功率

根据PRA计算出来的数据值,各PEA依据邻近PEA调节机器设备工作状态,将发电设备输出输出功率调整至 $P_i+P_{in}$ ,输出热功率为 $Q_i+Q_{in}$ ,其中 $P_i$ 为发电设备原输出功率, $Q_i$ 为供热机器设备原输出热功率。

##### 4.2.5 协调控制策略

必须分辨配电、供热、能源网消费者的能源需求是不是获得满足。任务完成后ESA运行储能技术或储热设备启动了储能,就表示需要展开功率获得补偿。假如ESA运作后,配电或供热与电力能源互联网的能源需求仍无法满足要求,LA会以社会发展盈利损害最少为主要目的来减少负载。

## 5、结束语

随着能源互网络平台的建设和发展,结合优化控制技术将成为重要的技术之一。本文从面向能源网络,优化运行的模型构造技术、基于群体智能的能源网络,分布式协调控制技术等方面进行设想和阐述,以实现能源互联网高效协调互动,实现面向能源互联网的大规模集群协同化运行,从而提升能源互联网的智能化水平。

### 参考文献:

- [1]秦羽飞,葛磊蛟,王波.能源互联网群体智能协同控制与优化技术[J].华电技术,2021,43(09):1-13.
- [2]潘明明,田世明,刘宗杰,袁金斗,陈宋宋.能源互联网中需求侧资源参与电网控制的边云协同技术研究[J].电子技术应用,2021,47(04):24-29.
- [3]袁兴宇,苏适,李耀华,陆海,马伏军,林立恒.一种四端口能量路由器的协同控制策略研究[J].太阳能学报,2022,43(05):82-89.D