

## 新能源配电网“源-网-荷”协同运行优化模型

李家华

国网湖北省电力有限公司来凤县供电公司 湖北来凤

**【摘要】**建立在节能减排发展理念的基础上，目前的配电网已经逐步向新能源领域进行拓展，但是在新能源注入配电网时，往往存在着运行欠佳等问题，因此文章建立在智能技术的基础上，以智能软开关以及虚拟储能系统打造协同优化运行体系。首先结合配电网运行需求，构建“源-网-荷”相结合的运行方式，其次综合配电网运行约束以及成本费用设定目标函数之后，通过信息技术进行算例仿真分析，以不同的策略作为依据进行对比。通过这种方式证明了“源-网-荷”的运行模式，能够显著提升新能源配电网的运行质量，降低电压偏差率，全面增强电网运行经济性。

**【关键词】** 新能源；配电网；“源-网-荷”；优化模型

### "Source-network-load" collaborative operation optimization model of new energy distribution network

Jiahua Li

State Grid Hubei Electric Power Co., Ltd. Laifeng County Power Supply Company, Laifeng, Hubei

**【Abstract】** Based on the basis of the concept of energy conservation and emission reduction development, the current distribution network has been gradually expanded to the field of new energy, but in the new energy injection distribution network, there are often some problems such as poor operation, so the article is built on the basis of intelligent technology, with intelligent soft switch and virtual energy storage system to build collaborative optimization operation system. First of all, combined with the operation requirements of the distribution network, the "source-network-load" combined operation mode is constructed. Secondly, after the operation constraints of the distribution network and the cost target function are set, the examples are simulated and analyzed through information technology, and different strategies are used as the basis for comparison. In this way, it proves that the operation mode of "source-network-load", which can significantly improve the operation quality of the new energy distribution network, reduce the voltage deviation rate, and comprehensively enhance the operation economy of the power grid.

**【Keywords】** New energy; Distribution network; "Source-network-charge"; Optimization model

#### 1 新能源配电网系统运行原理及研究背景

新能源配电网系统主要是依托当前的清洁环保可再生能源和高效低碳的热电联产单元作为配电网运行的主要供应系统，可以同时满足社会生产生活中的电能、供暖、制冷、通风等多种需求。这种新能源配电网系统本身需要解决多种业务，这其中涉及到了综合能源系统，是一种多种形式的能源单元。利用该系统进行配电网加持，这样才可以维持配电网鲁棒运行状态，全面增强能源消费以及使用的灵活性。而在实际使用过程中，可再生能源以及综合能源系统与配电网对接时，由于配电网潮流约束和

节点电压约束，导致电网的弃风弃光率增加，同时也会影响运行电压偏差，继而会导致电网的安全经济运行状态受到限制。

能源系统中的大量能源与当前的新能源体系有直接关联，比如热电联产系统、中央空调系统、燃气锅炉系统。而从控制单元角度来讲，又涵盖热电联供单元、常规储能单元、可控发电机组的。曾经有学者建立在集约化管理的基础上，打造了能源集线器模型，每日可以利用最小的花费来实现多种公用需求。另外也有学者通过分析虚拟储能系统，打造了仿真模型，可以结合新能源配电网中的功能供

热以及制冷系统进行优化，能够有效降低运营成本。

### 2 “源—网—荷”基础架构分析

首先，从结构层次角度上来讲，“源—网—荷”主要涉及到了三个结构层次，首先是“源层”，该层次的模型中包含了光伏发电系统、风电机组等再生能源系统，另外也涉及到微型燃气轮机、燃气锅炉等机组消费天然气。整体的系统使用集线器进行统一协调管理；其次为“网层”。主要指的是配电网，利用智能软开关和无功补偿装置，打造协同运行体系，可以进一步降低线路损耗，改善原有的电网电能运行质量，增强供给稳定性；再次便是“荷层”。该层次主要指的是配电网运行过程中的冷、热、电、气产生的负荷。该结构中需要打造具备储热和储能特性的虚拟储能模型，并且通过变换器进行合理控制，主要目的是实现有功和无功的协同作用。

另外，为了确保整体配电网满足经济性需求，提高运行可靠性和安全性，另外实现各个层次之间的相互束缚，可以将其模型构建为图 1 所示。

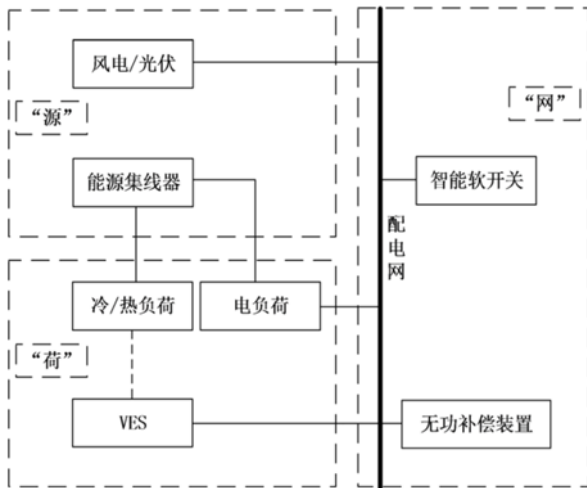


图 1 新能源配电网“源—网—荷”结构模型

#### 2.1 “源层”

##### (1) 集线器模型

集线器的主要作用是进一步满足电力系统的热、冷、电、气等诸多的能源需求，这其中会利用热电联产单元进行能源耦合。而当前部分热电联产单元本身的组成方式和结构有一定的差异性，因此需要额外添加集线器进行协同管理。主要的应用原理便是利用集线器的描述功能，定位不同能源之间的耦合关系，确保不同能源之间形成平衡的状态。

当前最为常见的能源集线器结构有以下两种。

图 2 (1) 的输出环节是电/气能源。硬件结构涉及到了微燃气轮机以及热电联产机组配备中央空调系统。天然气能源到达热电联产机组后，在满足具体的电负荷需求之后会划分成冷热两个不同部分；在电能到达中央空调系统之后，会直接将冷热两个不同的部分输出。

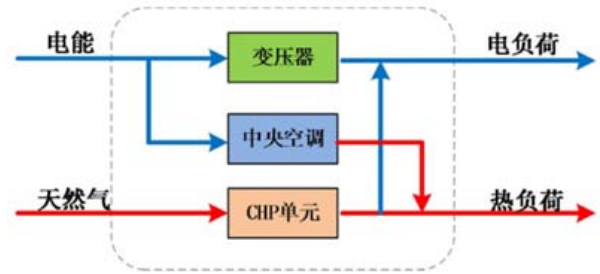


图 2 (1)

图 2 (2) 的硬件结构主要以燃气锅炉以及热电联产机组组成。输入量以及输出量和前一种集线器有一定相似性。主要的不同之处在于进行内部能量转化的过程中存在较大差异。

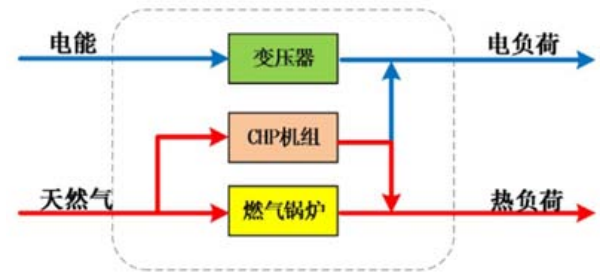


图 2 (2)

##### (2) 风电机组功率模型

某一个区域中的风电资源量，往往与气流产生的动能转化电能的含量有一定关系。因此在当前风力发电机组运行的过程中，输出功率和风速的三次方往往是成正比的，其具体的输出功率表达方法可以利用分段函数来表现，这则涉及到了物理学领域的转化知识。

##### (3) 光伏发电系统的模型

光伏发电系统涉及到了较多的反应原理以及系统结构，因此本文为了进一步提升仿真计算的有效性，利用简化之后的光伏发电系统作为分析对象。从具体的逻辑关系角度来看，光伏发电系统的输出功率往往受到光照强度以及所处地区的环境，温度

的影响，因此其具体的模型可以利用以下公式进行表达。

$$P_{PV,i} = P_{PV,i}^{stc} G_{PV,i}(t) [1 + k_T (T_{ci}(t) - T_r)] / G_{stc}$$

$$0 \leq P_{PV,i}^r(t) \leq P_{PV,i}(t)$$

这其中， $P_{PV,i}(t)$ 为*i*节点上光伏机组*t*时刻的预测输出功率； $P_{PV,i}^{stc}$ 为光伏发电系统的在标准测试条件下的最大电功率； $G_{PV,i}(t)$ 为光伏发电系统实时光照强度； $k_T$ 为功率温度系数； $T_{ci}(t)$ 光伏发电系统的电池温度； $T_r$ 为参考温度； $G_{stc}$ 为标准测试条件下的光照强度； $P_{PV,i}(t)$ 光伏发电机组*i*节点上实际输出功率。

## 2.2 “网层”

本次模型中利用智能软开关以及无线补偿装置直接对接配电网系统之路，能够全面提升潮流控制的有效性，同时也可以增强无功补偿效率。

智能软开关主要功能是全面降低节能网络损耗，均衡电压水平，维持新能源网络的正常运行状态。在常规运行的过程中，智能软开关涉及到有功功率传输以及容量约束这两个性能。有功功率传输的模型构件，需要通过有功功率和无功功率进行分析，这期间需要定位某一个智能软开关节点分析该节点的传输功率，同时需要针对某一点两端的换流器损耗进行检测，定位换流器的损耗参数。容量约束则是指在某两个节点两端换流器的实际容量。

## 2.3 “荷层”

该层次主要以虚拟储能系统为主，能够建立在储冷以及储热的基础上进行能量约束。从其原理的角度来看，需要打造热平衡方程，结合空调功率和室内温度的动态因素，进行虚拟储能系统充放电的自动化控制。为了全面提升虚拟储能系统的多元响应需求以及潜力，还需要额外配备调控变频空调，这样才可以综合实际情况快速地进行调控。这其中可以结合虚拟储能系统在改善负荷功率因素提高电压稳定性领域的实际潜力，打造单个用户空调模型。这其中需要考虑的动态性因素，涉及到变频空调的功率、标准以及舒适环境下建筑的等效热阻以及热容、变频空调的制热以及制冷功率关系、室内温度、室外温度、虚拟储能系统的实际能量以及最大储能标准之间的关系。定位以上这些因素之后

便可以打造虚拟储能系统模型。

## 3 “源—网—荷”协同运行体系的优化

### 3.1 目标函数分析

为了全面提升新能源配电网的运行质量，增强电网对新能源的消纳能力，同时合理地控制成本，本文是综合可再生能源、能源集线器、虚拟储能系统以及智能软开关的基础上，打造协同运行机制，该种机制构建的模型能够产生最大效益，运行成本最小，对于电网线路的损害最小，同时弃风弃光率最小。

### 3.2 模型约束条件分析

新能源配电网约束类型较为复杂，通常来讲涉及到配电网与上级电网交换功率约束、线路电压约束、传输容量约束、有功及无功潮流约束。

### 3.3 直接案例分析

为了确保本文的研究和分析具有可行性，建立在实际案例的基础上进行配电网测试。某配电网的基准电压为 12.66kv，基准功率控制在 10mw，调度的周期为一小时。平衡节点设置为母线一，电压设置为 1.0，且电压上限值为 1.05，下限值控制在 0.95，最大承受的电流为 300a。

首先需要在点 16、22 之间对接虚拟开关，容量设置为 0.1mw，损耗的系数控制在 0.02；在点 7、14 之间接入容量控制在 1.2mw 的无功补偿装置；在点 5 以及 28 分别接入了集线器；点 9、29 对接了光伏机组；点 3、29、209 对接了风电机组。为了排除冗余信息对检测结果产生的影响，本次试验中不考虑可再生能源和冷热电气符合本身的不确定性，并且将可再生能源的预测值设定为准确值。测试环境的温度控制在 22~26℃左右，利用 windows10 作为工作载体，编程软件选择 Matlab，求解方式为 cplex 求解器，优化过程控制在一分钟左右。

### 3.4 优化结果分析

本文建立在新能源配电网测试的基础上，直接对接了风电机组以及光伏技术等多种能源集线器，利用智能软开关作为主要的协调设备，将再生能源之路和虚拟储能之路连接，利用虚拟储能的有功及无功调节潜力，针对整体配电网进行优化。

为了确保能够全面提升配电网的新能源消纳质量，增强电能电压稳定性，选用其他三种不同的方案进行对比，并且将本文所论述的方案设置为方案

①, 经过最终检测得知, 本文所论述方案的网损率为 0.27%, 弃光率为 0.03%, 弃风率为 14.9%, 平均的电压偏移量为 1.18%。

以下是其他三种不同情况下的结果, 检测节点均为 33 号。

②将空调视为刚性, 不可调负荷, 仅考虑分布式能源接入并且配备智能软开关进行优化协调, 以上 4 个参数分别为 0.39%, 7.6%, 27.2%, 1.65%。

③不考虑配电网的虚拟储能系统仅考虑能源和负荷的优化。以上 4 个参数分别为 0.35%, 6%, 32.3%, 1.8%。

④不考虑空调虚拟储能系统, 考虑配备了智能掌开关之后的“源—网—荷”协调运行状态。以上 4 个参数分别为 0.3%, 6.9%, 26.2%, 1.52%。

#### 4 结束语

利用本文所论述的虚拟储能系统、智能软开关进行系统优化能够进一步降低电网电压偏离量, 全面提升光伏以及风电消纳能力, 最主要的是其造价较低, 能够进一步实现成本控制。而在未来发展过程中, 可以持续研究该领域的配合方案, 进一步构建协同运行机制, 这样可以为新能源配电网的持续性发展和建设奠定良好基础。

#### 参考文献

- [1] 刘振亚. 智能电网承载第三次工业革命[J]. 国家电网, 2014(1):30-35.
- [2] 刘吉臻. 新能源电力系统建模与控制[M]. 北京: 科学出版社, 2014:12-18.

**收稿日期:** 2022 年 6 月 10 日

**出刊日期:** 2022 年 7 月 25 日

**引用本文:** 李家华, 新能源配电网“源—网—荷”协同运行优化模型[J]. 工程学研究, 2022, 1(2): 58-61  
DOI: 10.12208/j.jer.20220034

**检索信息:** RCCSE 权威核心学术期刊数据库、中国知网 (CNKI Scholar)、万方数据 (WANFANG DATA)、Google Scholar 等数据库收录期刊

**版权声明:** ©2022 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**