

文章编号:1006-1037(2019)01-0087-08

doi:10.3969/j.issn.1006-1037.2019.02.17

主动配电网源荷协同优化控制策略研究

满建越¹,赵俊杰¹,张建伟¹,张永年²,蒋力波²,吴丽珍²

(1. 国网甘肃省电力公司武威供电公司,武威 733000;
2. 兰州理工大学电气工程与信息工程学院,兰州 730050)

摘要:针对主动配电网中间歇性可再生能源(光伏和风电)和具有与配电网管理系统互动的主动需求负荷的协同运行问题,提出了基于自适应扩散算法的源荷分布式协同优化控制策略。该策略应用自适应扩散算法构造自适应邻接矩阵和融合矩阵,作为加权因子对节点状态值进行迭代更新,获得全局一致边际成本信息,实现分布式电源功率等边际成本控制。以 IEEE-14 节点配电系统为例进行仿真分析控制系统的动态性能,结果表明,采用所提策略进行主动配电网有功功率的优化调度,能够实现源荷间的协同运行,并与一致性算法和 PSO 算法的计算结果进行比较,验证了所提方法的有效性和优越性。

关键词:主动配电网;分布式电源;自适应扩散算法;边际成本;协同运行

中图分类号:TM73

文献标志码:A

分布式电源(Distribution Generator, DG)、微网、柔性负荷等电网新元素的出现,对配电网的运行与调度提出了新的挑战,主动配电网(Active Distribution Network, ADN)应运而生^[1,2]。ADN 是智能电网的重要组成部分,也是未来配电网发展的趋势,通过提高可靠性和灵活性来刺激现有电力系统中可再生能源的渗透率。AND 能够根据电力系统的实际运行状态,主动管理大量接入的分布式电源,自适应调节网络、电源、负荷的配电网,且保证配电网经济安全运行^[3,4]。风电、光伏等可再生能源具有零边际成本的经济效益和零排放的环境效益,但大量间歇性分布式电源并入主动配电网,由于其输出功率的间歇性和随机性,以及主动需求负荷的不确定性,增加电网安全运行的系统成本,因此,ADN 需要在效益和成本间权衡,寻找最优的平衡点,关键是采取先进的控制策略实现源荷间协调运行^[5]。目前,源荷协调运行方式主要有集中式控制、分散式控制和分布式控制等。文献[6]采用集中式控制方法,中央控制器采集各分布式电源的出力,并结合智能算法对微电网进行优化,方法实现简单,调节精度高,但是在断电和断开通信链路的情况下容易受到单点故障的影响,且系统不易扩展。文献[7]采用分散式控制方法,实现了微电网安全电压下的最大化经济和环境效益,虽能够对输出功率进行调节,但缺乏个体间的协作和信息交流,较难统一和控制信息流。分布式控制方法克服了集中式和分散式控制方法中的缺点,具有个体协作性能和系统扩展灵活性特点。文献[8]提出了一种基于分布式多代理思想的微电网能量管理系统;文献[9]、[10]采用一致性算法的分布式控制方法研究了微电网的无功功率分配问题、能量管理问题和资源管理问题。以上文献采用分布式控制方式解决了集中式控制方式中的可靠性和扩展性问题。但一致性算法存在收敛速度慢,适应环境能力差的问题,而自适应扩散算法具有收敛速度快和适应环境变化的能力。本文借鉴分布式控制方法,提出了基于自适应扩散算法的分布式协同优化运行策略。该策略采用自适应扩散算法获得全网分布式电源功率边际成本一致值,实现各代理节点间的分布式协同运行。通过分布式分层协同优化方法,实现源荷间的协调运行和社会福利最大化。

收稿日期:2018-09-25

基金项目:国网甘肃省电力公司科技项目(批准号:522708160002)资助;兰州市科技计划项目(批准号:2016-3-67)资助;国家自然科学基金(批准号:51467009)资助。

通讯作者:满建越,男,高级工程师,主要研究方向为新能源发电,智能配电网运行与控制。

1 优化数学模型

1.1 优化目标函数

在分布式分层协同优化控制中,把ADN中的节点分为不可调度代理节点(如风力发电机和太阳能发电机)和可调度的代理节点(储能、负载、同步电机和配电网)。为了使主动配电网中的发电成本尽可能的小,用户获得尽可能大的社会福利^[11]。系统获得社会福利最大化函数,将其转换为运行成本最小的目标函数

$$\min \sum C_i(P_{en,i}) = \sum C_l(P_{DG,l}) + \sum C_k(P_{B,k}) + \sum C_m(P_{R,m}) + \sum C_r(P_{L,r}) \quad (1)$$

其中,发电机成本 $C_l(P_{DG,l})$ 、储能成本 $C_k(P_{B,k})$ 、可再生能源成本 $C_m(P_{R,m})$ 和负载需求成本 $C_r(P_{L,r})$ 均可采用二次成本函数

$$C_i(P_{en,i}) = \frac{1}{2}a_i P_{en,i}^2 + b_i P_{en,i} + c_i \quad (2)$$

其中, $P_{DG,l}$ 、 $P_{B,k}$ 、 $P_{R,m}$ 和 $P_{L,r}$ 分别为DG、储能、可再生能源和负载在节点 l, k, m, r 的输出功率; $P_{en,i}$ 为DG、储能、可再生能源和负载有功功率集合; $C_i(P_{en,i})$ 为DG、储能、负载和可再生能源的成本; a_i, b_i 和 c_i 是非负二次系数。本文中的发电量始终作为正数,而负载始终作为负数考虑。

电网在输送功率时,存在线路损耗

$$P_{loss,r} = l_r \cdot P_{L,r} \quad (3)$$

其中, l_r 为相应 $P_{L,r}$ 的线路损耗系数;传输损耗一般为总负载的3%~7%^[12],本文中取值范围为总负载的3%~5%。

因而,负载实际所需的功率

$$P'_{L,r} = P_{L,r} + P_{loss,r} \quad (4)$$

1.2 约束条件

约束条件为

$$\begin{cases} \sum P_{B,k} + \sum P_R + \sum P_{DG,l} + \sum P'_{L,r} = 0 \\ P_{DG,l}^{\min} \leq P_{DG,l} \leq P_{DG,l}^{\max} \\ -P_{B,k}^{\max} \leq P_{B,k} \leq P_{B,k}^{\max} \\ P_{L,r}^{\min} \leq P_{L,r} \leq P_{L,r}^{\max} \\ P_{R,m}^{\min} \leq P_{R,m} \leq P_{R,m}^{\max} \end{cases} \quad (5)$$

其中, $P_{DG,l}^{\max}$ 、 $P_{DG,l}^{\min}$ 为分布式发电机有功功率的上、下限; $P_{B,k}^{\max}$ 为储能有功功率输出的最大值; $P_{L,r}^{\max}$ 、 $P_{L,r}^{\min}$ 为负载有功功率的上、下限; $P_{R,m}^{\max}$ 、 $P_{R,m}^{\min}$ 为可再生能源的有功功率的上、下限,一般 $P_{R,m}^{\max}$ 为可再生能源最大功率跟踪点。

在不等式约束条件下,本文采用对数障碍罚函数方法来处理不等式约束,把不等式约束隐含在目标函数中,则原问题(1)转化为

$$\min \sum C_i(P_{en,i}) - \epsilon [\ln(P_{en,i} - P_{en,i}^{\min}) + \ln(P_{en,i}^{\max} - P_{en,i})] \quad (6)$$

其中, ϵ 为惩罚系数; $P_{en,i}^{\max}$ 、 $P_{en,i}^{\min}$ 为集合中元素的上、下限。

在满足供需平衡时,需要使主动配电网的运行成本最小,即式(6)最小。因此,将式(2)的二次成本函数对功率求偏导数,得边际成本函数

$$r_i = a_i P_{en,i} + b_i \quad (7)$$

其中, r_i 为边际成本。

为获得式(7)的解,通过等边际成本准则可得

$$\begin{cases} a_i P_{en,i} + b_i = r^*, P_{en,i}^{\min} < P_{en,i} < P_{en,i}^{\max} \\ a_i P_{en,i} + b_i < r^*, P_{en,i} = P_{en,i}^{\max} \\ a_i P_{en,i} + b_i > r^*, P_{en,i} = P_{en,i}^{\min} \end{cases} \quad (8)$$

其中, r^* 为最优边际成本。

为获得全网的等边际成本,采用所提的自适应扩散算法对节点状态值进行迭代更新,估算全局一致边际成本,实现等边际成本控制,进而实现主动配电网源荷间的协调优化运行。在下节中对获得等边际成本的自适应扩散算法做详细说明。

2 自适应扩散算法

对于全连通网络,自适应扩散算法的全局一致信息估算可通过迭代估计出节点一致收敛值,使整个网络的代价最小。全局代价函数可以表示为^[13]

$$J^{\text{glob}}(T) = \sum_{k=1}^K J_k(T) = \sum_{k=1}^K E[T_k(n) - T]^2 \quad (9)$$

式中, J_k 为代理节点 k 定义的实数 $T \in \mathbf{R}^n$ 的函数; $T_k(n)$ 为每个调度节点实际的边际成本函数,即 $T_k(n) = r_k[P_k(n)]$; T 为全局期望得到的边际成本函数的估计值。

对于非全连通网络,由于节点 k 只能与其相邻节点进行信息交互,无法获得认知网络的代价信息,故仅通过相邻节点信息交换得到全局代价。

首先引入非负系数集 $\{c_{l,k}\}$, 满足 $\sum_{k=1}^K c_{l,k} = 1$, 若 $l \notin N_k$, 则 $c_{l,k} = 0, l = 1, 2, \dots, K$; N_k 表示节点 k 的邻居节点集,能够共享信息; $c_{l,k}$ 表示节点 k 接收节点 l 信息的权重。系数 $c_{l,k}$ 构成 $K \times K$ 的矩阵 C ; 通过系数 $\{c_{l,k}\}$, 全局代价函数表示为^[10]

$$J^{\text{glob}}(T) = J_k^{\text{loc}}(T) + \sum_{l \neq k} J_l^{\text{loc}}(T) \quad (10)$$

对于节点 k , 引入本地代价函数, k 节点的本地代价函数和最优解可以表示为

$$J_k^{\text{loc}}(T) \triangleq \sum_{l \in N_k} c_{l,k} E[T_l(n) - T]^2 \quad (11)$$

$$T_k^{\text{loc}} = \sum_{l \in N_k} c_{l,k} E[T_l(n)] \quad (12)$$

全局代价可以用节点 k 本地代价和其它节点本地代价函数最优解 T_l^{loc}

$$J^{\text{glob}}(T) = \sum_{l \in N_k} c_{l,k} E[T_l(n) - T]^2 + \sum_{l \in N_k \setminus \{k\}} \|T - T_l^{\text{loc}}\|_{\Gamma_l}^2 \quad (13)$$

式中, $\Gamma_l = \frac{1}{2} \nabla_T^2 J_l^{\text{loc}}(T_l^{\text{loc}})$ 为 Hessian 矩阵。

节点 k 无法获取网络中所有节点的本地代价函数最优解数据 T_l^{loc} , 需要对式(13)的第二项进行替换, 又 $\Gamma_l \approx b_{l,k} I_M$, 则 $\|T - T_l^{\text{loc}}\|_{\Gamma_l}^2 \approx b_{l,k} \|T - T_l^{\text{loc}}\|^2$ 。其中非负系数 $b_{l,k}$ 构成 $K \times K$ 的矩阵 B , 当 $l \notin N_k$ 时, $b_{l,k} = 0$ 。同时, 用节点 l 中间估计值 $\hat{\psi}_l$ 代替未知的 T_l^{loc} 。全局代价函数在节点 k 可近似

$$J_k^{\text{dist}}(T) = \sum_{l \in N_k} c_{l,k} E[T_l(n) - T]^2 + \sum_{l \in N_k \setminus \{k\}} b_{l,k} \|T - \hat{\psi}_l\|^2 \quad (14)$$

对式(14)进行求导得

$$\nabla_T J_k^{\text{dist}}(T) = 2 \sum_{l \in N_k} c_{l,k} E[T - T_l(n)] + 2 \sum_{l \in N_k \setminus \{k\}} b_{l,k} [T - \hat{\psi}_l] \quad (15)$$

任一节点 k 可以利用最速下降法通过迭代方式得到式(15)的最优解。迭代解的形式

$$\hat{T}_k(n+1) = \hat{T}_k(n) - \mu_k \sum_{l \in N_k} c_{l,k} [T - E(T_l(n))] - \mu_k \sum_{l \in N_k \setminus \{k\}} b_{l,k} [T - \hat{\psi}_l] \quad (16)$$

式中, μ_k 表示正的定值参数, 一般取 $\mu_k = 0.05$ 。

对式(16)增加两个修正项得到估计 $\hat{T}_k(n)$, 用于更新到 $\hat{T}_k(n+1)$ 。

$$\hat{\psi}_k(n+1) = \hat{T}_k(n) + \mu_k \sum_{l \in N_k} c_{l,k} [T_l(n) - \hat{T}_k(n)] \quad (17)$$

$$\hat{T}_k(n+1) = \hat{\psi}_k(n+1) + v_k \sum_{l \in N_k} b_{l,k} [\hat{\psi}_l - \hat{T}_k(n)] \quad (18)$$

迭代式(18)中 $\hat{\psi}_l$ 代替的是未知的本地最优解 T_k^{loc} ,所有节点通过该更新过程得到估计 T_k^{loc} 。节点 k 的相邻节点利用式(17)过程得到中间估计值 $\hat{\psi}_l(n)$ 。式(17)可以重新表示为

$$\hat{T}_k(n+1) = [1 - v_k \sum_{l \in N_k} b_{l,k}] \hat{\psi}_k(n+1) + v_k \sum_{l \in N_k \setminus \{k\}} b_{l,k} \hat{\psi}_k(n+1) \quad (19)$$

引入系数 $a_{l,k}$,定义 $a_{l,k} \triangleq v_k b_{l,k}$, ($l \neq k$)且 $a_{k,k} \triangleq 1 - v_k \sum_{l \in N_k \setminus \{k\}} b_{l,k}$ 。系数 $\{a_{l,k}\}$ 满足 $\sum_{l=1}^K a_{l,k} = 1$,若 $l \notin N_k$

则 $a_{l,k} = 0$ 。系数 $a_{l,k}$ 构成 $K \times K$ 的矩阵 A ,为左随机矩阵。对调式(17)和式(18)得到自适应扩散算法

$$\begin{cases} \hat{\psi}_k(n) = \sum_{l \in N_k} c_{l,k} \hat{T}_l(n) \\ \hat{T}_k(n+1) = \hat{\psi}_k(n) + \mu_k \sum_{l \in N_k} a_{l,k} [T_l(n) - \hat{T}_k(n)] \end{cases} \quad (20)$$

随机矩阵 A 的选择决定了自适应扩散算法的收敛速度,随机矩阵 A 的构造方法

$$a_{l,k} = \begin{cases} \frac{|N_l|}{|N_k| + \sum_{l \in N_k} |N_l|}, & l \in N_k \\ \frac{|N_k|}{|N_k| + \sum_{l \in N_k} |N_l|}, & l = k, \sum_{i=1}^K a_{i,k} = 1 \\ 0, & \text{其他} \end{cases} \quad (21)$$

3 基于自适应扩散算法的源荷协同运行策略

ADN 正常工作,必须保持有功功率平衡以及系统频率的稳定,所提的控制策略采用分布式分层控制方式,本地控制层采用下垂控制方法实现在线空载频率调整。第二层控制中,采用自适应扩散算法估算边际成本一致值,用于本地下垂控制参考功率值(空载频率)设置,实现全网源荷分布式协调优化运行^[14]。在第二层中,节点估算边际成本一致值迭代过程框图如图 1 所示。

图 1 中的 $r_l[n]$ 和 $r_k[n]$ 是上述自适应扩散算法迭代估算得到式(21)中的估计值 $\hat{T}_l(n)$ 、 $\hat{T}_k(n)$,即边际成本的估计值 $r_l[n] = \hat{T}_l(n)$, $r_k[n] = \hat{T}_k(n)$ 。节点 l 的设备层读取自身当前功率 P_l ,将该信息通过通信链路扩散到相邻节点,并且从相邻节点中获得相关的功率信息。在主动配电网中进行连续优化扩散边际成本,并且在所有节点间广播 $r_l[n]$ 估计值。在每次迭代之后,更新和跟踪节点下垂控制的空载频率。在网络中广播负荷、可调度电源的瞬时功率不断更新电网的净需求功率,实时跟踪下垂控制中的空载频率,进而分配 DG 的输出,实现供需平衡。

4 算例仿真分析

本文采用 IEEE-14 节点配电系统测试所提的基于自适应扩散算法的源荷协同运行策略,IEEE-14 节点配电系统的拓扑结构如图 2 所示,包含两个可调度的同步发电机 DG、两个储能以及不可调度的风力发电机 WG 和光伏发电机 PV,其它节点接负载。表 1 是 DG、BESS、PV、WP 和负载的参数,表中 μ 为货币单位。在仿真实验中,主代理节点信号为高斯白噪声信道下的 QPSK 信号,其基带码元速率为 2kbps,载波信号为 10kHz,数据采样速率为 50kHz。

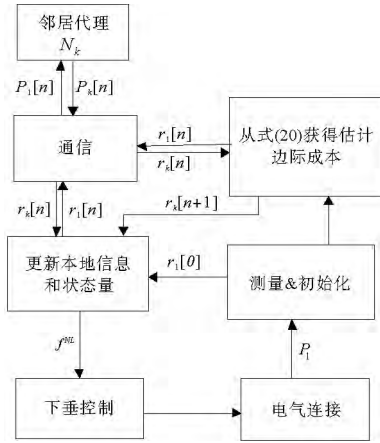


图 1 边际成本迭代过程

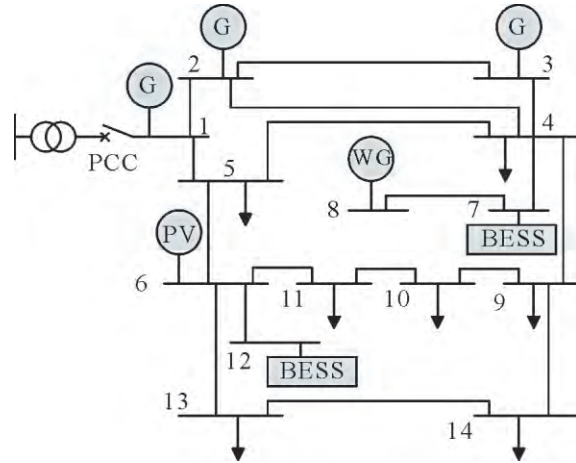


图 2 IEEE-14 节点系统

表 1 IEEE-14 节点系统参与者的参数

	$a_i / (\mu \cdot \text{pu}^{-2})$	$b_i / (\mu \cdot \text{pu}^{-1})$	$c_i / (\mu \cdot \text{pu}^{-1})$	l_i	$P_{i,\min} / \text{pu}$	$P_{i,\max} / \text{pu}$
G1	0.080	2.51	30	—	30	60
G2	0.062	4.20	25	—	25	55
G3	0.072	3.25	30	—	35	60
L4	0.069	8.45	0	0.040	-35	-10
L5	0.066	7.22	0	0.030	-20	-5
P6	0.0005	0.50	15	—	15	50
B7	0.200	2.15	0	—	-30	30
W8	0.0001	0.20	10	—	15	50
L9	0.058	8.25	0	0.050	-40	-20
L10	0.062	8.45	0	0.035	-40	-20
L11	0.080	8.75	0	0.045	-45	-15
L12	0.071	9.00	0	0.030	-45	-15
B13	0.069	7.35	0	—	-30	30
L14	0.077	8.15	0	0.035	-35	-10

4.1 自适应扩散算法性能分析

在代理节点间分别使用一致性算法和自适应扩散算法估算功率,对主动配电网中的源荷间进行协调运行,得到算法收敛曲线,如图 3 所示。

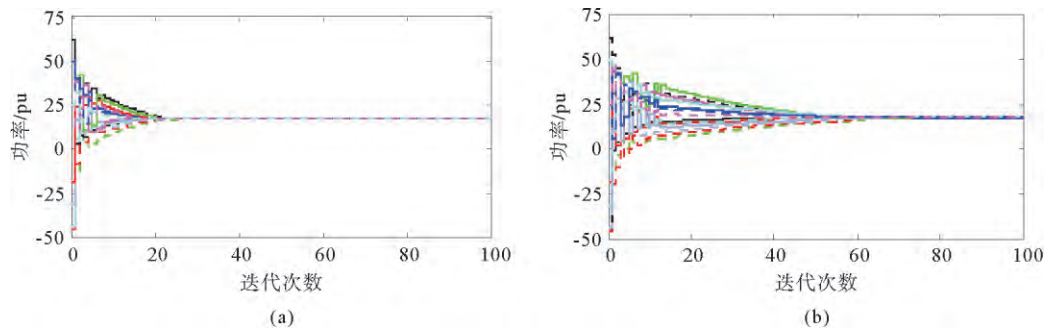


图 3 迭代收敛曲线

(a) 自适应扩散算法的功率估算迭代收敛曲线; (b) 一致性算法的功率估算迭代收敛曲线

从图 3 可以看出,自适应扩散算法的收敛速度明显优于一致性算法。自适应扩散算法达到一致收敛值大约为 24 次,而一致性算法大约需要 75 次。自适应扩散算法收敛速度快,更适用于分布式网络的信息一致性估算,更适用于 AND 边际成本一致性估算,AND 也因此获得更快的频率响应。

4.2 源荷协同优化运行仿真分析

为了说明本文所采用自适应扩散算法对源荷协同优化性能的影响,分别针对考虑传输损耗和不考虑传输损耗两种工况,对系统进行运行优化,实现运行成本最小和经济效益最大化。

工况一:不考虑传输损耗。采用自适应扩散算法估算功率以计算边际成本一致值,优化系统运行。仿真得到每个节点的边际成本、本地供需和供需不匹配量估计的迭代曲线,如图 4 所示,可知在 30 迭代次数内,边际成本一致收敛于 $r^* = 6.724pu$,供需平衡收敛于 0。

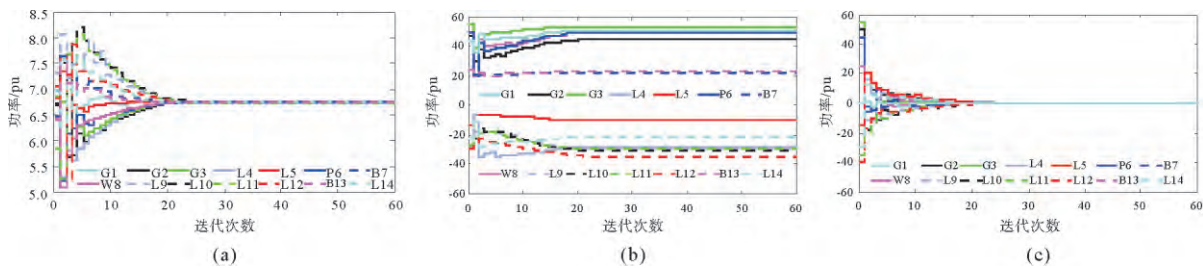


图 4 未考虑传输损耗的迭代曲线
(a) 边际成本;(b) 本地供需量;(c) 供需不匹配量估计

工况二:考虑传输损耗。系统运行优化的仿真如图 5 所示,节点的边际成本一致收敛于 $r^* = 6.584pu$ 。与不考虑传输损耗时相比较,边际成本明显的减小,相应的发电量和需求量也相应降低。

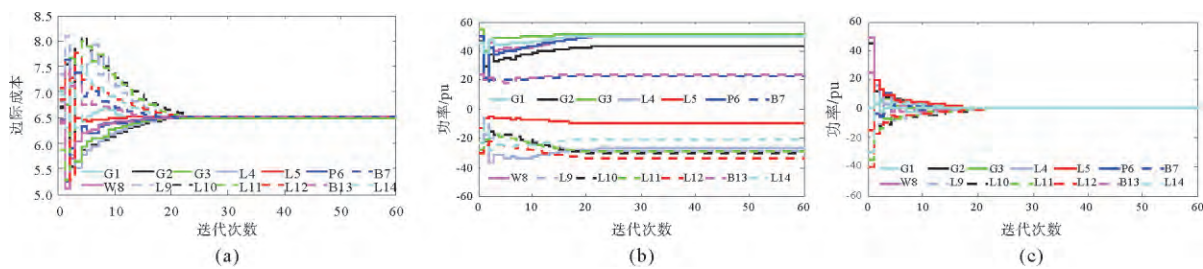


图 5 考虑传输损耗的收敛曲线
(a) 边际成本;(b) 本地供需量;(c) 供需不匹配量估计

本文采用的算法所得优化结果与边际成本一致性算法和采用 PSO 算法所得结果进行比较,如表 2 所示。从表 2 可以看出,本文采用的自适应扩散算法优于一致性算法和 PSO 算法。

表 2 不同算法的比较

	自适应扩散算法	一致性算法	PSO
r^*/pu	6.582	6.737	—
运行成本/ $(mu \cdot pu^{-1})$	412.358	482.466	489.763

4.3 源荷协同控制动态性能分析

主动配电网源荷协调运行动态过程为:分别依序在 20s 和 40s 时刻将表 1 中柔性负荷 L10 和 L14 投入节点 4,并在 60s 时刻同时切除,各微源输出功率情况如图 6 所示。

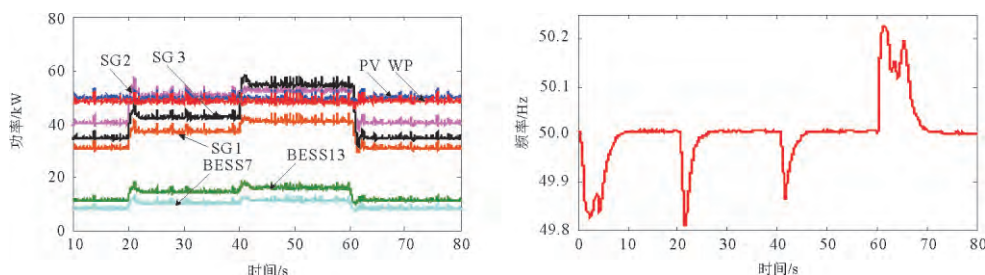


图 6 AND 动态性能分析

(a) 输出有功功率;(b)频率波动

从图 6 可以看出,在 20s 时刻投入柔性负荷 L10 后,SG1、SG2 和 SG3 的有功功率出力分别增至 37.171、51.659、42.544kW;储能 BESS7 和 BESS13 有功功率出力也相应增加为 10.527kW、15.766kW;边际成本一致收敛于 6.869(\$/(kW·h))。运行成本低的分布式电源的出力较多,而运行成本高的则有功出力较少,实现了主动配电网运行经济效益最大化。40s 投入 L14 后,SG1、SG2、SG3 有功功率出力分别增加到 41.325、53.593、55.839kW,储能电池 BESS7 和 BESS13 有功功率出力增加到 11.633、17.645kW,边际成本一致收敛于 7.036(\$/(kW·h))。由于 SG2 出力限制,故 SG3 出力相应增大,保证了主动配电网运行经济效益最大化。60s 切除负荷,各电源恢复初始功率值。在负荷的投入与切除时,系统频率随之波动,但是系统频率最高值为 50.31Hz,最低值为 49.86Hz 符合电网安全运行要求。综上,所提的协同优化控制策略有效解决了主动配电网源荷间的协同运行,实现了经济效益最大化。

5 结论

针对 ADN 中分布式能源与负荷间的协调运行问题,提出了基于自适应扩散算法的估算边际成本一致值的分布式分层协调控制策略,对主动配电网有功功率进行优化调度,实现了源荷间的协调运行和运行成本最小。通过自适应扩散算法和一致性算法的估算性能比较,得出自适应扩散算法的能够获得全网边际成本一致值,且迭代收敛速度快。考虑传输损耗时,自适应扩散算法能得到比一致性算法更优的运行成本,并能很好地解决供需匹配问题。最后,通过 IEEE-14 节点系统的仿真验证结果表明,自适应扩散算法的分层协调控制方法对间歇性可再生能源具有较强的鲁棒性,能够有效解决主动配电网源荷间的协同运行,实现全过程优化。

参考文献

- [1] 赵波,王财胜,周金辉,等.主动配电网现状与未来发展[J].电力系统自动化,2014,38(18):125-135.
- [2] 范明天,张祖平,苏傲雪,等.主动配电网可行技术的研究[J].中国电机工程学报,2013,33(22):12-18.
- [3] 王成山,王丹,周越.智能配电网系统架构分析及技术挑战[J].电力系统自动化,2015,39(9):2-9.
- [4] 刘东,陈云辉,黄玉辉,等.主动配电网的分层能量管理与协调控制[J].中国电机工程学报,2014,34(31):5500-5506.
- [5] 蒲天骄,陈乃仕,王晓辉,等.主动配电网多源协同优化调度架构分析及应用设计[J].电力系统自动化,2016,40(1):17-23.
- [6] Wu D, Tang F, Dragicevic T, et al. Autonomous active power control for islanded ac microgrids with photovoltaic generation and energy storage system[J]. IEEE Transactions on Energy Conversion. 2014,29(4): 882-892.
- [7] Chandorkar M, Guerrero J M, Lee T L, et al. Advanced control architectures for intelligent microgrids Part I: decentralized and hierarchical control[J]. IEEE Transactions on Industrial Electronics, 2013, 60(4): 1254-1262.
- [8] Colson C M, Nehrir M H. Comprehensive real-time microgrid power management and control with distributed agents[J]. IEEE Transactions on Smart Grid, 2013, 4(1): 617-627.

- [9] Johannes S, Thomas S, Raisch J, et al. Voltage stability and reactive power sharing in inverter-based microgrids with consensus-based distributed voltage control[J]. IEEE Transaction on Control Systems Technology, 2016, 24(1): 96-109.
- [10] 吕振宇, 吴在军, 窦晓波, 等. 基于离散一致性的孤立直流微网自适应下垂控制[J]. 中国电机工程学报, 2015, 35(17): 1397-4407.
- [11] Gabriela H, Soumya K, Wu C. Consensus+innovations approach for distributed multiagent coordination in a microgrid[J]. IEEE Transactions on Smart Grid, 2015, 6(4): 1893-1903.
- [12] Xu Y, Li Z. Distributed optimal resource management based on the consensus algorithm in a microgrid[J]. IEEE Transactions on Industrial Electronics, 2015, 62(4): 2584-2592.
- [13] Tu S, Sayed A H. On the influence of informed agents on learning and adaptation over networks[J]. IEEE Transactions on signal processing, 2013, 61(6): 1339-1359.
- [14] 张政保, 姚少林, 许鑫, 等. 基于扩散策略的实时分布式协作频谱检测算法[J]. 电子与信息时报, 2015, 37(12): 2858-2865.

Research on Coordination Optimization Control Strategy for Active Distribution Network

MANG Jian-yue¹, ZHAO Jun-jie¹, ZHANG Jian-wei¹,
ZHANG Yong-nian², JIANG Li-bo², WU Li-zhen²

- (1. State Grid Gansu Electric Power Company Wuwei Electric Power Supply Company, Wuwei 737000, China;
2. College of Electrical and Information Engineering of Lanzhou University of Technology, Lanzhou 730050, China)

Abstract: To solve the problem of coordination operation of intermittent renewable generations (photovoltaic and wind power) and active load demands interaction with distribution network management system in active distribution network, a distributed coordination operation strategy based on adapt diffusion algorithm is proposed in this paper. In order to make the distribution generator meet the equal incremental cost principle, the proposed strategy use the adapt diffusion algorithm to construct the adaptive adjacency matrix and fusion matrix with the weighted factor, which are introduced to update the state value of nodes to obtain the equal incremental cost value. The IEEE14-bus distribution system is used to simulate and analyze dynamic performance of the system. The results show that the proposed strategy can realize the cooperative operation between source and load, and is compared with the results of the consensus algorithm and the PSO algorithm. The validity and superiority of the proposed method are verified.

Keywords: active distribution network(ADN); distribution generator(DG); adapt diffusion algorithm; incremental cost; coordination operation