



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 113850481 B

(45) 授权公告日 2022. 12. 16

(21) 申请号 202111044795.2

G06N 5/02 (2006.01)

(22) 申请日 2021.09.07

G06Q 50/06 (2012.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 113850481 A

(56) 对比文件
CN 111539586 A, 2020.08.14

(43) 申请公布日 2021.12.28

审查员 郭永强

(73) 专利权人 华南理工大学
地址 510641 广东省广州市天河区五山路
381号

(72) 发明人 陈俊斌 邓柏荣 余涛

(74) 专利代理机构 广州嘉权专利商标事务所有
限公司 44205
专利代理师 郑宏谋

(51) Int. Cl.
G06Q 10/06 (2012.01)
G06F 30/20 (2020.01)

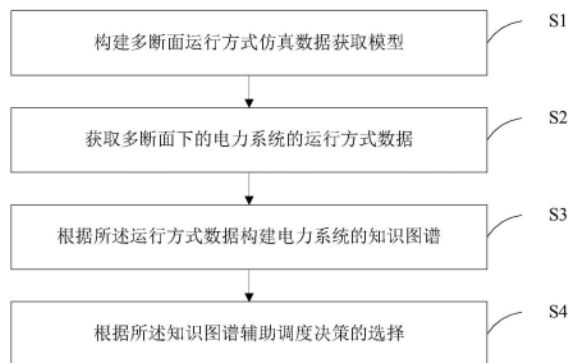
权利要求书4页 说明书11页 附图5页

(54) 发明名称

电力系统调度业务辅助决策方法、系统、装置和存储介质

(57) 摘要

本发明公开了一种电力系统调度业务辅助决策方法、系统、装置和存储介质,其中方法包括:获取多断面下的电力系统的运行方式数据;根据所述运行方式数据构建电力系统的知识图谱;根据所述知识图谱辅助调度决策的选择;其中,所述知识图谱基于调度时刻上的数据不断更新;根据知识图谱获取节点与节点之间电气量变化,以及节点上的电气量的变化。本发明基于不断更新的知识图谱,将电力系统的运行方式数据以图谱的形式直观呈现,以最大的信息获取面去洞悉该时间断面下整个系统的运行情况,让研究人员能够从纵轴时间轴向辨识电力系统的动态变化,辅助调度决策的抉择。本发明可广泛应用于电网调度技术领域。



1. 一种电力系统调度业务辅助决策方法,其特征在于,包括以下步骤:

获取多断面下的电力系统的运行方式数据;

根据所述运行方式数据构建电力系统的知识图谱;

根据所述知识图谱辅助调度决策的选择;

其中,所述知识图谱基于调度时刻上的数据不断更新;根据知识图谱获取节点与节点之间电气量变化,以及节点上的电气量的变化;

所述运行方式数据是以调度时刻为时间粒度的高维度、非线性多断面运行仿真数据,所述运行方式数据包括电力系统最优潮流数据、节点负荷有功需求、风机输出功率;

所述运行方式数据的表达式为:

$$p = N_{\text{day}} (g_{(\text{num_gen}) \times T}, r_{(\text{num_renew}) \times T}, f_{(\text{num_branch}) \times T}, d_{(\text{num_bus}) \times T})$$

其中, g 表示电力系统最优潮流的发电机组出力; r 表示接入的风机输出功率; f 表示电力系统最优潮流的线路潮流; d 表示网络节点负荷有功需求; T 表示每天的观测断面数; N_{day} 表示仿真数据组数,用于模拟系统运行天数;

所述运行方式数据通过多断面运行方式仿真数据获取模型进行获取,所述多断面运行方式仿真数据获取模型通过以下方式构建获得:

以IEEE39节点系统作为仿真模型的基础,在39节点中接入工业负荷、商业负荷、居民负荷以及风力新能源;

确定模型的目标函数和约束条件,以及优化模型的变量;所述目标函数为包括发电机组出力在内的电力系统运行成本,需要最小化目标函数以实现优化调度;

所述风力新能源对应的数学模型为:

$$P_{WT}(V) = \begin{cases} P_N & V \geq V_N \\ \frac{V^3 - V_{ci}^3}{V_N^3 - V_{ci}^3} P_N & V_{ci} \leq V \leq V_N \\ 0 & V \leq V_{ci} \text{ 或 } V \geq V_{co} \end{cases}$$

其中, V 表示风机轮毂高度处的风速, V_{ci} 表示风机切入风速, V_{co} 表示风机的切出风速, V_N 表示额定风速, P_N 表示风机的额定输出功率, P_{WT} 表示风机实际的输出功率;

其中,约束条件包括:

(1) 功率平衡约束

设置功率平衡约束,即网络中节点上负荷所需有功功率与发电机组输出的有功功率保持平衡,如下:

$$\sum_m^{N_{\text{bus}}} P_{\text{load}}(t) - \sum_k^{N_{\text{gen}}} P_{\text{gen}}(t) = 0$$

式中, $P_{\text{load}}(t)$ 表示各时间断面下负荷的有功需求, $P_{\text{gen}}(t)$ 表示各时间断面下发电机机组有功出力;

(2) 潮流方程约束

采用线性交流潮流如下:

$$\begin{cases} P_{mn}(t) = k_{mn-1} \cdot \frac{(U_m(t) - U_n(t))}{x_{mn}} + k_{mn-2} \cdot \frac{(\delta_m(t) - \delta_n(t))}{x_{mn}} \\ Q_{mn}(t) = -k_{mn-1} \cdot \frac{(\delta_m(t) - \delta_n(t))}{x_{mn}} + k_{mn-2} \cdot \frac{(U_m(t) - U_n(t))}{x_{mn}} \\ P_m(t) = \sum_{n=1, n \neq m}^{N_{bus}} [k_{mn-1} \cdot \frac{(U_m(t) - U_n(t))}{x_{mn}} + k_{mn-2} \cdot \frac{(\delta_m(t) - \delta_n(t))}{x_{mn}}] \\ Q(t) = \sum_{n=1, n \neq m}^{N_{bus}} [-k_{mn-1} \cdot \frac{(\delta_m(t) - \delta_n(t))}{x_{mn}} + k_{mn-2} \cdot \frac{(U_m(t) - U_n(t))}{x_{mn}}] \end{cases}$$

其中, $k_{mn-1} = \frac{r_{mn} x_{mn}}{r_{mn}^2 + x_{mn}^2}$, $k_{mn-2} = \frac{x_{mn}^2}{r_{mn}^2 + x_{mn}^2}$ 上述式子中, P_{mn} 、 Q_{mn} 、 r_{mn} 、 x_{mn} 分别为节点m,n

间的有功传输功率、无功传输功率、电阻、电抗; P_m 、 Q_m 、 U_m 、 δ_m 分别为节点m的有功功率、无功功率、电压、相角;

(3) 运行方式可靠性、可行性约束

1. 发电机出力上下限约束:

$$P_{gen.min} \leq P_{gen} \leq P_{gen.max}$$

式中, $P_{gen.min}$ 表示发电机出力下限; $P_{gen.max}$ 表达发电机出力上限;

2. 线路传输功率即断面上下限约束:

$$-P_{mn,max} \leq P_{mn} \leq P_{mn,max}$$

式中, $P_{mn,max}$ 表示节点m,n之间的线路断面越限能力;

3. 节点电压允许偏移范围约束:

$$U_{m,min} \leq U_m \leq U_{m,max}$$

式中, $U_{m,min}$ 表示节点m允许运行的电压下限, $U_{m,max}$ 表示节点m允许运行的电压上限;

4. 节点相角允许偏移范围约束:

$$-\delta_c \leq \Delta \delta_m \leq \delta_c$$

其中, δ_c 表示设定的同一节点每时间粒度相角可偏移程度;

考虑到时间粒度之间电气量的时间耦合:

5. 机组爬坡出力约束:

$$\begin{cases} P_{k,t} - P_{k,t-1} \leq RU_g \\ P_{k,t-1} - P_{k,t} \leq RD_g \end{cases}$$

式中, R为比例系数, U_g 指的是发电机的向上爬坡能力, D_g 指的是发电机向下爬坡能力。

2. 根据权利要求1所述的一种电力系统调度业务辅助决策方法, 其特征在于, 所述根据所述运行方式数据构建电力系统的知识图谱, 包括:

根据所述运行方式数据, 结合其他电网调度业务数据, 通过python软件和neo4j软件构建电力系统的动态知识图谱;

其中, 其他电网调度业务数据包括调度规程、历史案例以及经验数据。

3. 一种电力系统调度业务辅助决策系统, 其特征在于, 包括:

数据获取模块, 用于获取多断面下的电力系统的运行方式数据;

图谱构建模块, 用于根据所述运行方式数据构建电力系统的知识图谱;

决策辅助模块,用于根据所述知识图谱辅助调度决策的选择;

其中,所述知识图谱基于调度时刻上的数据不断更新;根据知识图谱获取节点与节点之间电气量变化,以及节点上的电气量的变化;

所述运行方式数据是以调度时刻为时间粒度的高维度、非线性多断面运行仿真数据,所述运行方式数据包括电力系统最优潮流数据、节点负荷有功需求、风机输出功率;

所述运行方式数据的表达式为:

$$p = N_{\text{day}} (g_{(\text{num_gen}) \times T}, r_{(\text{num_renew}) \times T}, f_{(\text{num_branch}) \times T}, d_{(\text{num_bus}) \times T})$$

其中,g表示电力系统最优潮流的发电机组出力;r表示接入的风机输出功率;f表示电力系统最优潮流的线路潮流;d表示网络节点负荷有功需求;T表示每天的观测断面数; N_{day} 表示仿真数据组数,用于模拟系统运行天数;所述运行方式数据通过多断面运行方式仿真数据获取模型进行获取,所述多断面运行方式仿真数据获取模型通过以下方式构建获得:

以IEEE39节点系统作为仿真模型的基础,在39节点中接入工业负荷、商业负荷、居民负荷以及风力新能源;

确定模型的目标函数和约束条件,以及优化模型的变量;所述目标函数为包括发电机组出力在内的电力系统运行成本,需要最小化目标函数以实现优化调度;

所述风力新能源对应的数学模型为:

$$P_{WT}(V) = \begin{cases} P_N & V \geq V_N \\ \frac{V^3 - V_{ci}^3}{V_N^3 - V_{ci}^3} P_N & V_{ci} \leq V \leq V_N \\ 0 & V \leq V_{ci} \text{ 或 } V \geq V_{co} \end{cases}$$

其中,V表示风机轮毂高度处的风速, V_{ci} 表示风机切入风速, V_{co} 表示风机的切出风速, V_N 表示额定风速, P_N 表示风机的额定输出功率, P_{WT} 表示风机实际的输出功率;

其中,约束条件包括:

(1) 功率平衡约束

设置功率平衡约束,即网络中节点上负荷所需有功功率与发电机组输出的有功功率保持平衡,如下:

$$\sum_m^{N_{\text{bus}}} P_{\text{load}}(t) - \sum_k^{N_{\text{gen}}} P_{\text{gen}}(t) = 0$$

式中, $P_{\text{load}}(t)$ 表示各时间断面下负荷的有功需求, $P_{\text{gen}}(t)$ 表示各时间断面下发电机组有功出力;

(2) 潮流方程约束

采用线性交流潮流如下:

$$\begin{cases} P_{mn}(t) = k_{mn-1} \cdot \frac{(U_m(t) - U_n(t))}{x_{mn}} + k_{mn-2} \cdot \frac{(\delta_m(t) - \delta_n(t))}{x_{mn}} \\ Q_{mn}(t) = -k_{mn-1} \cdot \frac{(\delta_m(t) - \delta_n(t))}{x_{mn}} + k_{mn-2} \cdot \frac{(U_m(t) - U_n(t))}{x_{mn}} \\ P_m(t) = \sum_{n=1, n \neq m}^{N_{bus}} [k_{mn-1} \cdot \frac{(U_m(t) - U_n(t))}{x_{mn}} + k_{mn-2} \cdot \frac{(\delta_m(t) - \delta_n(t))}{x_{mn}}] \\ Q(t) = \sum_{n=1, n \neq m}^{N_{bus}} [-k_{mn-1} \cdot \frac{(\delta_m(t) - \delta_n(t))}{x_{mn}} + k_{mn-2} \cdot \frac{(U_m(t) - U_n(t))}{x_{mn}}] \end{cases}$$

其中, $k_{mn-1} = \frac{r_{mn} x_{mn}}{r_{mn}^2 + x_{mn}^2}$, $k_{mn-2} = \frac{x_{mn}^2}{r_{mn}^2 + x_{mn}^2}$ 上述式子中, P_{mn} 、 Q_{mn} 、 r_{mn} 、 x_{mn} 分别为节点m,

n间的有功传输功率、无功传输功率、电阻、电抗; P_m 、 Q_m 、 U_m 、 δ_m 分别为节点m的有功功率、无功功率、电压、相角;

(3) 运行方式可靠性、可行性约束

1. 发电机出力上下限约束:

$$P_{gen.min} \leq P_{gen} \leq P_{gen.max}$$

式中, $P_{gen.min}$ 表示发电机出力下限; $P_{gen.max}$ 表达发电机出力上限;

2. 线路传输功率即断面上下限约束:

$$-P_{mn,max} \leq P_{mn} \leq P_{mn,max}$$

式中, $P_{mn,max}$ 表示节点m, n之间的线路断面越限能力;

3. 节点电压允许偏移范围约束:

$$U_{m,min} \leq U_m \leq U_{m,max}$$

式中, $U_{m,min}$ 表示节点m允许运行的电压下限, $U_{m,max}$ 表示节点m允许运行的电压上限;

4. 节点相角允许偏移范围约束:

$$-\delta_c \leq \Delta \delta_m \leq \delta_c$$

其中, δ_c 表示设定的同一节点每时间粒度相角可偏移程度;

考虑到时间粒度之间电气量的时间耦合:

5. 机组爬坡出力约束:

$$\begin{cases} P_{k,t} - P_{k,t-1} \leq RU_g \\ P_{k,t-1} - P_{k,t} \leq RD_g \end{cases}$$

式中, R为比例系数, U_g 指的是发电机的向上爬坡能力, D_g 指的是发电机向下爬坡能力。

4. 一种电力系统调度业务辅助决策装置, 其特征在于, 包括:

至少一个处理器;

至少一个存储器, 用于存储至少一个程序;

当所述至少一个程序被所述至少一个处理器执行, 使得所述至少一个处理器实现权利要求1-2任一项所述方法。

5. 一种存储介质, 其中存储有处理器可执行的程序, 其特征在于, 所述处理器可执行的程序在由处理器执行时用于执行如权利要求1-2任一项所述方法。

电力系统调度业务辅助决策方法、系统、装置和存储介质

技术领域

[0001] 本发明涉及电网调度技术领域,尤其涉及一种电力系统调度业务辅助决策方法、系统、装置和存储介质。

背景技术

[0002] 在当前能源变革与电力市场改革的新形势下,随着可再生能源、柔性负荷、储能等资源渗透率不断增加,电网调度对象类型和数量呈指数级增加,电网运行方式的不确定性显著增强。受制于预测误差、边界条件、数学模型、优化算法等条件限制,在实际调度中时常出现分析结果与实际电网情况差异较大、优化结果无解或求解时间过长等问题,电网调度不再是简单的多目标优化计算,而是依据调度软件计算结果人工再分析、调整和验证的过程,人工决策的过程常常花费较长时间,效率较低,电力系统最优调度决策的复杂度急遽增加。

发明内容

[0003] 为至少一定程度上解决现有技术中存在的技术问题之一,本发明的目的在于提供一种电力系统调度业务辅助决策方法、系统、装置和存储介质。

[0004] 本发明所采用的技术方案是:

[0005] 一种电力系统调度业务辅助决策方法,包括以下步骤:

[0006] 获取多断面下的电力系统的运行方式数据;

[0007] 根据所述运行方式数据构建电力系统的知识图谱;

[0008] 根据所述知识图谱辅助调度决策的选择;

[0009] 其中,所述知识图谱基于调度时刻上的数据不断更新;根据知识图谱获取节点与节点之间电气量变化,以及节点上的电气量的变化。

[0010] 进一步,所述运行方式数据是以调度时刻为时间粒度的高维度、非线性多断面运行仿真数据,所述运行方式数据包括电力系统最优潮流数据、节点负荷有功需求、风机输出功率。

[0011] 进一步,所述运行方式数据的表达式为:

[0012]
$$p = N_{\text{day}} (g_{(\text{num_gen}) \times T}, r_{(\text{num_renew}) \times T}, f_{(\text{num_branch}) \times T}, d_{(\text{num_bus}) \times T})$$

[0013] 其中,g表示电力系统最优潮流的发电机组出力;r表示接入的风机输出功率;f表示电力系统最优潮流的线路潮流;d表示网络节点负荷有功需求;T表示每天的观测断面数; N_{day} 表示仿真数据组数,用于模拟系统运行天数。

[0014] 进一步,所述运行方式数据通过多断面运行方式仿真数据获取模型进行获取,所述多断面运行方式仿真数据获取模型通过以下方式构建获得:

[0015] 以IEEE39节点系统作为仿真模型的基础,在39节点中接入工业负荷、商业负荷、居民负荷以及风力新能源;

[0016] 确定模型的目标函数和约束条件,以及优化模型的变量。

[0017] 进一步,所述风力新能源对应的数学模型为:

$$[0018] \quad P_{WT}(V) = \begin{cases} P_N & V \geq V_N \\ \frac{V^3 - V_{ci}^3}{V_N^3 - V_{ci}^3} P_N & V_{ci} \leq V \leq V_N \\ 0 & V \leq V_{ci} \text{ 或 } V \geq V_{co} \end{cases}$$

[0019] 其中, V 表示风机轮毂高度处的风速, V_{ci} 表示风机切入风速, V_{co} 表示风机的切出风速, V_N 表示额定风速, P_N 表示风机的额定输出功率, P_{WT} 表示风机实际的输出功率。

[0020] 进一步,所述目标函数为包括发电机机组出力在内的电力系统运行成本,需要最小化目标函数以实现优化调度;

[0021] 所述约束条件包括功率平衡约束、潮流方程约束以及运行方式可靠性、可行性约束;

[0022] 其中,所述运行方式可靠性、可行性约束包括:发电机出力上下限约束、线路传输功率即断面上下限约束、节点电压允许偏移范围约束、节点相角允许偏移范围约束、机组爬坡出力约束。

[0023] 进一步,所述根据所述运行方式数据构建电力系统的知识图谱,包括:

[0024] 根据所述运行方式数据,结合其他电网调度业务数据,通过python软件和neo4j软件构建电力系统的动态知识图谱;

[0025] 其中,其他电网调度业务数据包括调度规程、历史案例以及经验数据。

[0026] 本发明所采用的另一技术方案是:

[0027] 一种电力系统调度业务辅助决策系统,包括:

[0028] 数据获取模块,用于获取多断面下的电力系统的运行方式数据;

[0029] 图谱构建模块,用于根据所述运行方式数据构建电力系统的知识图谱;

[0030] 决策辅助模块,用于根据所述知识图谱辅助调度决策的选择;

[0031] 其中,所述知识图谱基于调度时刻上的数据不断更新;根据知识图谱获取节点与节点之间电气量变化,以及节点上的电气量的变化。

[0032] 本发明所采用的另一技术方案是:

[0033] 一种电力系统调度业务辅助决策装置,包括:

[0034] 至少一个处理器;

[0035] 至少一个存储器,用于存储至少一个程序;

[0036] 当所述至少一个程序被所述至少一个处理器执行,使得所述至少一个处理器实现上所述方法。

[0037] 本发明所采用的另一技术方案是:

[0038] 一种存储介质,其中存储有处理器可执行的程序,所述处理器可执行的程序在由处理器执行时用于执行如上所述方法。

[0039] 本发明的有益效果是:本发明基于不断更新的知识图谱,将电力系统的运行方式数据以图谱的形式直观呈现,以最大的信息获取面去洞悉该时间断面下整个系统的运行情况,让研究人员能够从纵轴时间轴向辨识电力系统的动态变化,辅助调度决策的抉择。

附图说明

[0040] 为了更清楚地说明本发明实施例或者现有技术中的技术方案,下面对本发明实施例或者现有技术中的相关技术方案附图作以下介绍,应当理解的是,下面介绍中的附图仅仅为了方便清晰表述本发明的技术方案中的部分实施例,对于本领域的技术人员而言,在无需付出创造性劳动的前提下,还可以根据这些附图获取到其他附图。

[0041] 图1是本发明实施例中一种电力系统调度业务辅助决策方法的步骤流程图;

[0042] 图2是本发明实施例中多断面电力系统运行方式数据获取示意图;

[0043] 图3是本发明实施例中知识图谱构建流程图;

[0044] 图4是本发明实施例中知识图谱概况全图;

[0045] 图5是本发明实施例中不同时间断面的知识图谱;

[0046] 图6是本发明实施例中IEEE39节点系统示意图;

[0047] 图7是本发明实施例中一种电力系统调度业务辅助决策方法的示意图。

具体实施方式

[0048] 下面详细描述本发明的实施例,所述实施例的示例在附图中示出,其中自始至终相同或类似的标号表示相同或类似的元件或具有相同或类似功能的元件。下面通过参考附图描述的实施例是示例性的,仅用于解释本发明,而不能理解为对本发明的限制。对于以下实施例中的步骤编号,其仅为了便于阐述说明而设置,对步骤之间的顺序不做任何限定,实施例中的各步骤的执行顺序均可根据本领域技术人员的理解来进行适应性调整。

[0049] 在本发明的描述中,需要理解的是,涉及到方位描述,例如上、下、前、后、左、右等指示的方位或位置关系为基于附图所示的方位或位置关系,仅是为了便于描述本发明和简化描述,而不是指示或暗示所指的装置或元件必须具有特定的方位、以特定的方位构造和操作,因此不能理解为对本发明的限制。

[0050] 在本发明的描述中,若干的含义是一个或者多个,多个的含义是两个以上,大于、小于、超过等理解为不包括本数,以上、以下、以内等理解为包括本数。如果有描述到第一、第二只是用于区分技术特征为目的,而不能理解为指示或暗示相对重要性或者隐含指明所指示的技术特征的数量或者隐含指明所指示的技术特征的先后关系。

[0051] 本发明的描述中,除非另有明确的限定,设置、安装、连接等词语应做广义理解,所属技术领域技术人员可以结合技术方案的具体内容合理确定上述词语在本发明中的具体含义。

[0052] 人工智能技术能够对积累的海量电网调控运行经验和知识进行学习和模拟,并能代替大量重复性的人工调整工作。借助知识图谱(Knowledge Graph,KG)技术对调度中心常年积累的多源数据、专业知识和人工经验进行提取、凝练,然后通过知识搜索和推理进行优化运算前后的智能辅助决策,有望提升优化过程效率和质量,减轻人工繁琐工作。调控领域开展了知识图谱应用的初步探索,支撑基于运行规则电子化、故障处置、倒闸操作、对话问答等应用;以上场景都是基于固定规则或流程的重复性、固定化操作。考虑到电力系统是一个高维、动态变化系统,其数据源、数据结构、数据内容随时会发生变动,相应地,优化决策条件也会随之发生变化。因此,面向优化决策业务,构建涵盖调度规则、人工经验并反映调度场景动态变化的动态知识图谱,并实现基于动态知识图谱的调度智能辅助决策具有重要

意义。

[0053] 针对数据不确定性、维度、数量呈指数型增长的电力系统调度业务以及知识图谱技术的应用,本实施例提出一种基于知识图谱的超大规模电力系统调度业务辅助决策方法。该方法首先基于电网模型、电网运行数据、调度规程、历史案例、调度员经验等调度优化决策业务涉及的多源异构数据,设计面向固定规则的知识图谱架构,明确了电力系统动态知识图谱辅助调度决策任务。动态知识图谱不仅包含负荷、节点、线路潮流、发电机组、风能机组等实体,实体中包含机组参数、机组出力等属性数据,且该图谱会随着不同的时间断面更新实体中的属性数据。借助知识图谱数据存储量大、数据搜索和推理速度快的优点,调度人员通过知识图谱实现智能检索,深度挖掘节点与节点之间的关系,为运检、调度等部门提供新的可视化结构数据来源,并完成对超大规模电力系统调度业务的辅助决策,为解决新形势下调度业务的痛点问题提出了新的辅助方案,极大地缩短决策所需时间。

[0054] 如图1和图7所示,本实施例提供一种电力系统调度业务辅助决策方法,包括以下步骤:

[0055] S1、构建多断面运行方式仿真数据获取模型。

[0056] 在本实施例中,多断面运行方式仿真数据获取模型的具体步骤为:

[0057] 1) 构建仿真模型、接入日负荷曲线、接入风电新能源:

[0058] 参见图2和图6,选取IEEE39节点系统为仿真基础,且为了拟合实际电力系统中不同负荷节点不同功率特性、可再生能源渗透率不断提高的情况,在保证总负荷加起来的量级与39节点的发电容量匹配的前提下,给39节点案例的21负荷节点都接入不同的工业负荷、商业负荷、居民负荷、风力新能源。

[0059] 风电场出力依托风能资源,受到自然条件的约束,且我国风电呈现出反调特性,即白天负荷需求往往较高时由于风速较小或无风导致风电出力小;夜晚负荷需求降低时由于风速较大导致风电出力大却难以及时消纳。因此,利用Weibull分布描述风速的随机变化,风速概率密度函数如下:

$$[0060] \quad \phi(v) = \frac{k}{c} \left(\frac{v}{c}\right)^{k-1} \exp\left[-\left(\frac{v}{c}\right)^k\right]$$

[0061] 式中,c表示比例参数,表征统计数据的年平均风速,k表示形状参数,取值一般在1.8-2.3之间,对概率函数的变化影响较大。在保持c不变的条件下,随着k的增大,在纵轴方向函数概率曲线趋势逐渐变陡,曲线的峰值也增大,即风速分布更加集中在峰值附近;在横轴方向函数概率曲线峰值对应的横轴坐标值增大,即最大概率对应的风速不断增大。

[0062] 风电出力与风速有着直接的联系,由上式得到负荷weibull分布的风速分布规律,且呈现明显的非线性。建立风电出力的数学模型为:

$$[0063] \quad P_{WT}(V) = \begin{cases} P_N & V \geq V_N \\ \frac{V^3 - V_{ci}^3}{V_N^3 - V_{ci}^3} P_N & V_{ci} \leq V \leq V_N \\ 0 & V \leq V_{ci} \text{ 或 } V \geq V_{co} \end{cases}$$

[0064] 式中,V表示风机轮毂高度处的风速; V_{ci} 表示风机切入风速, V_{co} 表示风机的切出风速, V_N 表示额定风速, P_N 表示风机的额定输出功率, P_{WT} 表示风机实际的输出功率。

[0065] 根据上述风电出力模型,得到每个时间断面下风速的风力发电,并作归一化处理,风机的切入风速,切出风速和额定风速的参考如表1所示。

[0066] 表1

[0067]	风机容量	额定风速	切入风速	切出风速
	100MW	15m/s	5m/s	45m/s

[0068] 2) 目标函数及优化变量

[0069] 初定以发电机组的经济成本为决定电力系统运行方式和最优潮流的目标函数,设置好潮流方程、功率平衡方程和各大约束后,以最小化目标函数为求解目标,得到对应的最优潮流分布下的线路传输功率、节点电压、相角、发电机组的出力,作为电力系统最优潮流数据。本实施例采用发电机组消耗-功率特性为经济成本函数,表达如下:

$$[0070] \quad C_k(t) = a_{k,2} P_{\text{gen}_k}(t)^2 + a_{k,1} P_{\text{gen}_k}(t) + a_{k,0}$$

$$[0071] \quad C_{\text{total}} = \sum_{k=1}^{N_{\text{gen}}} \sum_{t=1}^T C_k(t)$$

[0072] 其中, C_k 表示第k个发电机的发电成本,是同一天内96个时间断面发电机出力成本之和; P_{gen_k} 表示第k个发电机组的实际输出有功功率; $a_{k,2}$ 、 $a_{k,1}$ 、 $a_{k,0}$ 表示第k个发电机组的成本系数;

[0073] 优化变量包括潮流后电力系统发电机组有功出力 $P_{\text{gen}}(\text{busm}, T)$ 、线路潮流 $P_{\text{line}}(\text{bram}, T)$,这两个变量分别是关于节点数busm和时间粒度T的变量和关于支路数bram和时间粒度T的变量。

[0074] 3) 功率平衡约束

[0075] 为了保证改变后的运行方式负荷运行的安全性、可靠性原则,需设置功率平衡约束,即网络中节点上负荷所需有功功率与发电机组输出的有功功率保持平衡,如下:

$$[0076] \quad \sum_m^{N_{\text{bus}}} P_{\text{load}}(t) - \sum_k^{N_{\text{gen}}} P_{\text{gen}}(t) = 0$$

[0077] 式中, $P_{\text{load}}(t)$ 表示各时间断面下负荷的有功需求, $P_{\text{gen}}(t)$ 表示各时间断面下发电机组有功出力。为了保证电力系统的有功功率平衡,维持整个系统的频率稳定,必须设置所有节点的有功负荷需求与发电机的有功出力保持一致;此外,为了保证电力系统运行的稳定性和可靠性,必须设置所有节点的有功负荷需求一定要小于或至少等于发电机组的有功出力上限之和。

[0078] 4) 潮流方程约束

[0079] 为了更加快速、简化运行方式调度的潮流方程,将潮流方程作为电力系统运行方式最优潮流的约束条件,同时为满足快速分析计算和实时的运行调度的需要,通常使用直流潮流,但可能会给计算带来较大的偏差,因此本实施例需要采用线性交流潮流如下:

$$[0080] \quad \begin{cases} P_{mn}(t) = k_{mn-1} \cdot \frac{(U_m(t) - U_n(t))}{x_{mn}} + k_{mn-2} \cdot \frac{(\delta_m(t) - \delta_n(t))}{x_{mn}} \\ Q_{mn}(t) = -k_{mn-1} \cdot \frac{(\delta_m(t) - \delta_n(t))}{x_{mn}} + k_{mn-2} \cdot \frac{(U_m(t) - U_n(t))}{x_{mn}} \\ P_m(t) = \sum_{n=1, n \neq m}^{N_{\text{bus}}} [k_{mn-1} \cdot \frac{(U_m(t) - U_n(t))}{x_{mn}} + k_{mn-2} \cdot \frac{(\delta_m(t) - \delta_n(t))}{x_{mn}}] \\ Q(t) = \sum_{n=1, n \neq m}^{N_{\text{bus}}} [-k_{mn-1} \cdot \frac{(\delta_m(t) - \delta_n(t))}{x_{mn}} + k_{mn-2} \cdot \frac{(U_m(t) - U_n(t))}{x_{mn}}] \end{cases}$$

[0081] 其中, $k_{mn-1} = \frac{r_{mn} x_{mn}}{r_{mn}^2 + x_{mn}^2}$, $k_{mn-2} = \frac{x_{mn}^2}{r_{mn}^2 + x_{mn}^2}$, N_{branch} 为支路数; 上述式子中, P_{mn} 、 Q_{mn} 、

r_{mn} 、 x_{mn} 分别为节点 m 、 n 间的有功传输功率、无功传输功率、电阻、电抗; P_m 、 Q_m 、 U_m 、 δ_m 分别为节点 m 的有功功率、无功功率、电压、相角。

[0082] 5) 运行方式可靠性、可行性约束。

[0083] 1. 发电机出力上下限约束:

$$[0084] \quad P_{\text{gen.min}} \leq P_{\text{gen}} \leq P_{\text{gen.max}}$$

[0085] 式中, $P_{\text{gen.min}}$ 表示发电机出力下限, 一般取 0; $P_{\text{gen.max}}$ 表达发电机出力上限, 且默认 case39 节点系统中 10 台发电机都参与调度过程, 但也可在后续的研究中设置特定的机组组合。

[0086] 2. 线路传输功率即断面上下限约束:

$$[0087] \quad -P_{mn,\text{max}} \leq P_{mn} \leq P_{mn,\text{max}}$$

[0088] 式中, $P_{mn,\text{max}}$ 表示节点 m 、 n 之间的线路断面越限能力, 默认 case39 节点系统中所有的支路都参与调度过程, 但每条线路是否有传输功率取决于模拟仿真的运行情况, 且也可在后续的研究中设置特定的线路不参与调度。

[0089] 3. 节点电压允许偏移范围约束:

$$[0090] \quad U_{m,\text{min}} \leq U_m \leq U_{m,\text{max}}$$

[0091] 式中, $U_{m,\text{min}}$ 表示节点 m 允许运行的电压下限, $U_{m,\text{max}}$ 表示节点 m 允许运行的电压上限, 一般设置为 $(0.95-1.05) U_N$ 。从保证供电电压质量的角度上说, 系统的所有的电气设备都必须运行在额定电压附近。

[0092] 4. 节点相角允许偏移范围约束:

$$[0093] \quad -\delta_c \leq \Delta \delta_m \leq \delta_c$$

[0094] 其中, δ_c 表示设定的同一节点每时间粒度相角可偏移程度, 取 6.28rad。

[0095] 考虑到时间粒度之间电气量的时间耦合:

[0096] 5. 机组爬坡出力约束:

$$[0097] \quad \begin{cases} P_{k,t} - P_{k,t-1} \leq R U_g \\ P_{k,t-1} - P_{k,t} \leq R D_g \end{cases}$$

[0098] 式中, R 为比例系数, U_g 指的是发电机的向上爬坡能力, D_g 指的是发电机向下爬坡能力。

[0099] S2、获取多断面下的电力系统的运行方式数据。

[0100] 在本实施例中,首先基于电力系统模型、潮流方程约束、安全稳定约束,利用matlab和gams商业软件设计电力系统的最优潮流方案,并以IEEE39节点系统为例,接入居民、工业、商业三种负荷曲线,接入符合威布尔分布的风力发电,得到多断面下的电力系统运行方式数据,作为后续研究的数据支撑,具体流程如图2。

[0101] 多断面即多调度时刻,调度周期可以根据时间粒度有不同划分,如一天、一小时、一刻钟、五分钟等。将一天的调度数据以细时间粒度、多时间断面的形式采集表示,可以更加清晰反映电力系统状态的变化。由于设计构建动态知识图谱需要电网拓扑结构,运行方式数据、调度规程等多源异构数据为支撑。然而,实际系统运行方式的量测数据往往难以收集的且容易受通信影响的,因此需要构建多断面运行方式仿真数据获取模型,以获取海量数据支撑构建图谱。

[0102] 定义用于数据驱动的电力系统运行方式的数据包括:电力系统最优潮流数据(发电机组有功出力、线路有功潮流)、节点负荷有功需求、风机输出功率。该数据是以时刻(如15分钟)为时间粒度的高维度、非线性多断面运行仿真数据。

[0103]
$$p = N_{\text{day}} (g_{(\text{num_gen}) \times T}, r_{(\text{num_renew}) \times T}, f_{(\text{num_branch}) \times T}, d_{(\text{num_bus}) \times T})$$

[0104] 式子中g表示电力系统最优潮流的发电机组出力;r表示接入的风机输出功率,且风机是固定节点接入的;f表示电力系统最优潮流的线路潮流;d表示网络节点负荷有功需求。T表示每天的观测断面数,以15分钟为时间粒度,T取96; N_{day} 表示仿真数据组数,用于模拟系统运行天数,以海量可供数据驱动处理的数据。

[0105] S3、根据所述运行方式数据构建电力系统的知识图谱。

[0106] 利用步骤S2获取的高维非线性仿真数据,结合其他电网调度业务数据,代替电力系统中需要数据采集与监视系统(SCADA)、同步相量量测系统(PMU)实时采集的,且易受通信和网络干扰的实际量测数据。通过知识抽取、知识表示学习、知识挖掘、知识推理和磨合等步骤,以电网拓扑结构,运行方式数据、调度规程等多源异构数据为支撑,利用python和Neo4j商业软件构建了电力系统知识图谱。该图谱能够根据调度时刻数据滚动更新,具体流程如图3所示。

[0107] 通过python连接Neo4j构建知识图谱的时候,其详细步骤大致可以分为数据获取与分类、确定节点类型及连接关系、节点与边属性的赋值、图谱可视化。

[0108] 1) 将输入python端的数据标准化,使得当python读入数据时可以自动将数据分类,并且自动打上分类标签,方便后续图谱构建时创建相应类型的节点和关系连接边。数据获取后,先对数据进行预处理,以删除一些冗余和重复数据以及干扰噪音项;然后对预处理后的数据进行分类,大分类方面比如节点类型、连接关系类型、关系边类型、属性类型等,小分类方面比如工业、居民、商业负荷节点类型,可再生能源接入节点类型,光储、风储节点类型等,方便后续图谱构建。

[0109] 2) 根据分类好的数据为属于节点类型的数据创建节点,包含节点名字及节点id,同时为关系边类型节点创建关系边,同样包含关系边名字及关系边id。再通过连接关系数据,将相应节点和相应关系边一一对应相连,形成节点→边→节点的三元组有向连接关系,最终将所有节点和有向关系边连接起来,构建成初步知识图谱,如图4所示。

[0110] 3) 根据属性类型数据,相应地为节点和有向关系边添加属性,节点属性比如不同

种类的季节性负荷特性、风力发电、光伏发电等可再生能源概率分布、储能荷电状态等。而有向关系边表征线路潮流有功功率、无功功率,并根据设定正方向判断功率流向。在这个过程中,可以根据属性类型数据,对原有有向关系边改变方向或未明确的关系边添加方向。比如两个节点间线路潮流往往随负荷、新能源等时序变化而发生了改变,根据属性类型数据,可以自动修正图谱中的甲乙方关系,进行图谱纠错和更新。

[0111] 4) 将python和Neo4j连接,从而将python中建立的知识图谱在Neo4j中得以可视化表现出来。在Neo4j中,可以查看所构建的知识图谱全图信息,包括节点信息、关系边信息以及属性信息。同时也可以只查看某一类或者某几类节点的信息,方便对知识图谱信息进行更好的解读。除此之外也可以在Neo4j中对知识图谱进行节点或者关系边的修改以及属性的更正和添加,而不需重新构建新的图谱。构建好的知识图谱如图5所示。

[0112] S4、根据所述知识图谱辅助调度决策的选择。

[0113] 通过构建好的知识图谱,清楚地观测节点与节点之间电气量变化,节点上的电气量变化。调度人员能够从直观的图谱数据显示中,以最大的信息获取面去洞悉该时间断面下整个系统的运行情况,同时未来调度时刻的电力系统知识图谱不断生成,研究人员将更好辨识时间序列下电力系统的动态变化,辅助调度决策的抉择,有效地避免了盲目地运行调度,极大地缩短了调度决策与最优决策之间的“距离”,减小决策所需时间。除此之外,知识图谱还能将不正常的的数据如断面越限、机组出力越限、线路短路等故障直观地展示,有利于故障的实时排查。基于知识图谱的辅助决策生成具有步骤如下:

[0114] 1) 首先,根据构建好的知识图谱,清楚地观测节点与节点的关系即边的电气量变化,节点上的电气量变化。其次,研究人员能够从直观的图谱数据显示中,以最大的信息获取面去洞悉该时间断面下整个系统的运行情况,同时新的时间断面下的电力系统知识图谱不断生成,让研究人员能够从纵轴时间轴向辨识电力系统的动态变化,辅助调度决策的抉择。

[0115] 2) 确定好针对某一运行方式的决策并指导系统做出调整动作,得到决策后的电力系统运行方式 p' ,重新得到决策后的知识图谱。研究人员比对决策前后知识图谱的变化并标记,构造形如“运行方式——知识图谱——决策”的状态动作对,并记录不同状态动作对,了解哪一项参数或电气量对决策的影响程度最大或决策后对系统的哪些节点、支路、母线的影响最大,完成辅助决策的反馈。在不断的经验累加下,每一次的状态动作对都是前一次状态动作对的更新,调度人员将会逐渐形成针对不同运行方式形成对应的“运行方式——知识图谱——最优决策对”,适配于新形势下的电力系统调度业务的需要,有效地避免了盲目地运行调度,极大地缩短了调度决策与最优决策之间的“距离”,减小决策所需时间。

[0116] 以下结合具体实施例对上述方法进行详细解释说明。

[0117] 本实施例以IEEE39节点系统为说明对象,该系统有完整的拓扑结构,21个负荷节点,10台发电机,46条支路,每个负荷节点接入了不同的负荷曲线,并分别设置固定的9个负荷节点接入新能源出力。利用本实施例提出的基于知识图谱的超大规模电力系统调度业务辅助决策方法,研究不同的运行方式下的调度业务决策。表1为风机出力参数:

[0118] 表1

	风机容量	额定风速	切入风速	切出风速
[0119]	100MW	15m/s	5m/s	45m/s

[0120] 该算例中时间粒度设置为15分钟,即每15分钟为一个时间断面并获取拓扑、负荷有功需求、新能源出力等相关信息。

[0121] 下面具体说明基于知识图谱的超大规模电力系统调度业务辅助决策方法优化算法的步骤:

[0122] 第一步,获取上述时间粒度下,即每小时96个时间断面的工业、商业、居民生活用电负荷并归一化,以IEEE39节点当前数据为基础,接入归一化的负荷曲线,记录节点数、支路数、发电机数等常数,负荷的有功需求、风机发电出力、支路的阻抗数据等参数矩阵。

[0123] 第二步,导入设计好的matlab和gams求解器中求出最优潮流下的电力系统运行方式数据,并将最优潮流数据中的发电机组出力、线路潮流,与负荷有功需求、风力发电共同构成高维且非线性的高频电力系统运行方式数据。

[0124] 第三步,利用python和neo4j构建动态知识图谱。将输入python端的数据标准化,并创建相应类型的节点和关系连接边,形成节点→边→节点的三元组有向连接关系,得到初步知识图谱。再根据属性类型数据,相应地为节点和有向关系边添加属性,最后在neo4j中将知识图谱可视化。在Neo4j中,可以查看所构建的知识图谱全图信息,包括节点信息、关系边信息以及属性信息,可以直接在图谱上更新数据,不需要重新编程。

[0125] 第四步,调度人员在已构成的知识图谱基础上,观测节点与节点的关系即边的电气量变化,节点上的电气量变化。研究人员能够从直观清晰的图谱数据显示中,以最大的信息获取面去洞悉该时间断面下整个系统的运行情况;同时不同时间断面下的知识图谱不断更新,还可以让研究人员从纵向时间轴的角度,辨识电力系统的动态变化,辅助调度决策的抉择。最后在不断的经验积累下,不断更新“运行方式——知识图谱——辅助决策”的状态动作对,得到“距离”最优调度的解。

[0126] 综上所述,本实施例方法相对于现有技术,具有如下有益效果:

[0127] (1) 本实施例由仿真数据进行驱动,基于知识图谱的超大规模系统调度业务辅助决策方法,不需要复杂的机理模型推理,只需要得到电力系统运行方式数据,可以适配于实际电力系统的需要。

[0128] (2) 本实施例提出的最优潮流自编程序来获取仿真数据,相比于封装好的商业软件自带的模块库中的潮流计算,如matpower中的runopf函数,自编程序可以通过自主设计目标函数,针对实际系统需求决定运行方式数据。此外,还可以通过自己设置安全约束条件或考虑时间耦合的机组爬坡能力,设计出更加复杂但更符合实际的潮流。

[0129] (3) 本实施例借助知识图谱数据存储量大、数据搜索和推理速度快的优点提出的动态知识图谱构建方法,是基于多断面电力系统仿真数据下的动态知识图谱,能够将电力系统拓扑、细时间粒度的运行方式数据以图谱的形式直观呈现,以最大的信息获取面去洞悉该时间断面下整个系统的运行情况,同时新的时间断面下的电力系统知识图谱不断生成,让研究人员能够从纵轴时间轴向辨识电力系统的动态变化,辅助调度决策的抉择。

[0130] 本实施例还提供一种电力系统调度业务辅助决策系统,包括:

[0131] 数据获取模块,用于获取多断面下的电力系统的运行方式数据;

[0132] 图谱构建模块,用于根据所述运行方式数据构建电力系统的知识图谱;

[0133] 决策辅助模块,用于根据所述知识图谱辅助调度决策的选择;

[0134] 其中,所述知识图谱基于调度时刻上的数据不断更新;根据知识图谱获取节点与节点之间电气量变化,以及节点上的电气量的变化。

[0135] 本实施例的一种电力系统调度业务辅助决策系统,可执行本发明方法实施例所提供的一种电力系统调度业务辅助决策方法,可执行方法实施例的任意组合实施步骤,具备该方法相应的功能和有益效果。

[0136] 本实施例还提供一种电力系统调度业务辅助决策装置,包括:

[0137] 至少一个处理器;

[0138] 至少一个存储器,用于存储至少一个程序;

[0139] 当所述至少一个程序被所述至少一个处理器执行,使得所述至少一个处理器实现如图1所示方法。

[0140] 本实施例的一种电力系统调度业务辅助决策装置,可执行本发明方法实施例所提供的一种电力系统调度业务辅助决策方法,可执行方法实施例的任意组合实施步骤,具备该方法相应的功能和有益效果。

[0141] 本申请实施例还公开了一种计算机程序产品或计算机程序,该计算机程序产品或计算机程序包括计算机指令,该计算机指令存储在计算机可读存介质中。计算机设备的处理器可以从计算机可读存储介质读取该计算机指令,处理器执行该计算机指令,使得该计算机设备执行图1所示的方法。

[0142] 本实施例还提供了一种存储介质,存储有可执行本发明方法实施例所提供的一种电力系统调度业务辅助决策方法的指令或程序,当运行该指令或程序时,可执行方法实施例的任意组合实施步骤,具备该方法相应的功能和有益效果。

[0143] 在一些可选择的实施例中,在方框图中提到的功能/操作可以不按照操作示图提到的顺序发生。例如,取决于所涉及的功能/操作,连续示出的两个方框实际上可以被大体上同时地执行或所述方框有时能以相反顺序被执行。此外,在本发明的流程图中所呈现和描述的实施例以示例的方式被提供,目的在于提供对技术更全面的理解。所公开的方法不限于本文所呈现的操作和逻辑流程。可选择的实施例是可预期的,其中各种操作的顺序被改变以及其中被描述为较大操作的一部分的子操作被独立地执行。

[0144] 此外,虽然在功能性模块的背景下描述了本发明,但应当理解的是,除非另有相反说明,所述的功能和/或特征中的一个或多个可以被集成在单个物理装置和/或软件模块中,或者一个或多个功能和/或特征可以在单独的物理装置或软件模块中被实现。还可以理解的是,有关每个模块的实际实现的详细讨论对于理解本发明是不必要的。更确切地说,考虑到在本文中公开的装置中各种功能模块的属性、功能和内部关系的情况下,在工程师的常规技术内将会了解该模块的实际实现。因此,本领域技术人员运用普通技术就能够在无需过度试验的情况下实现在权利要求书中所阐明的本发明。还可以理解的是,所公开的特定概念仅仅是说明性的,并不意在限制本发明的范围,本发明的范围由所附权利要求书及其等同方案的全部范围来决定。

[0145] 所述功能如果以软件功能单元的形式实现并作为独立的产品销售或使用,可以存储在一个计算机可读存储介质中。基于这样的理解,本发明的技术方案本质上或者说

对现有技术做出贡献的部分或者该技术方案的部分可以以软件产品的形式体现出来,该计算机软件产品存储在一个存储介质中,包括若干指令用以使得一台计算机设备(可以是个人计算机,服务器,或者网络设备等)执行本发明各个实施例所述方法的全部或部分步骤。而前述的存储介质包括:U盘、移动硬盘、只读存储器(ROM,Read-Only Memory)、随机存取存储器(RAM,Random Access Memory)、磁碟或者光盘等各种可以存储程序代码的介质。

[0146] 在流程图中表示或在此以其他方式描述的逻辑和/或步骤,例如,可以被认为用于实现逻辑功能的可执行指令的定序列表,可以具体实现在任何计算机可读介质中,以供指令执行系统、装置或设备(如基于计算机的系统、包括处理器的系统或其他可以从指令执行系统、装置或设备取指令并执行指令的系统)使用,或结合这些指令执行系统、装置或设备而使用。就本说明书而言,“计算机可读介质”可以是任何可以包含、存储、通信、传播或传输程序以供指令执行系统、装置或设备或结合这些指令执行系统、装置或设备而使用的装置。

[0147] 计算机可读介质的更具体的示例(非穷尽性列表)包括以下:具有一个或多个布线的电连接部(电子装置),便携式计算机盘盒(磁装置),随机存取存储器(RAM),只读存储器(ROM),可擦除可编程只读存储器(EPROM或闪速存储器),光纤装置,以及便携式光盘只读存储器(CDROM)。另外,计算机可读介质甚至可以是可在其上打印所述程序的纸或其他合适的介质,因为可以例如通过对纸或其他介质进行光学扫描,接着进行编辑、解译或必要时以其他合适方式进行处理来以电子方式获得所述程序,然后将其存储在计算机存储器中。

[0148] 应当理解,本发明的各部分可以用硬件、软件、固件或它们的组合来实现。在上述实施方式中,多个步骤或方法可以用存储在存储器中且由合适的指令执行系统执行的软件或固件来实现。例如,如果用硬件来实现,和在另一实施方式中一样,可用本领域公知的下列技术中的任一项或他们的组合来实现:具有用于对数据信号实现逻辑功能的逻辑门电路的离散逻辑电路,具有合适的组合逻辑门电路的专用集成电路,可编程门阵列(PGA),现场可编程门阵列(FPGA)等。

[0149] 在本说明书的上述描述中,参考术语“一个实施方式/实施例”、“另一实施方式/实施例”或“某些实施方式/实施例”等的描述意指结合实施方式或示例描述的具体特征、结构、材料或者特点包含于本发明的至少一个实施方式或示例中。在本说明书中,对上述术语的示意性表述不一定指的是相同的实施方式或示例。而且,描述的具体特征、结构、材料或者特点可以在任何的一个或多个实施方式或示例中以合适的方式结合。

[0150] 尽管已经示出和描述了本发明的实施方式,本领域的普通技术人员可以理解:在不脱离本发明的原理和宗旨的情况下可以对这些实施方式进行多种变化、修改、替换和变型,本发明的范围由权利要求及其等同物限定。

[0151] 以上是对本发明的较佳实施进行了具体说明,但本发明并不限于上述实施例,熟悉本领域的技术人员在不违背本发明精神的前提下还可做作出种种的等同变形或替换,这些等同的变形或替换均包含在本申请权利要求所限定的范围内。

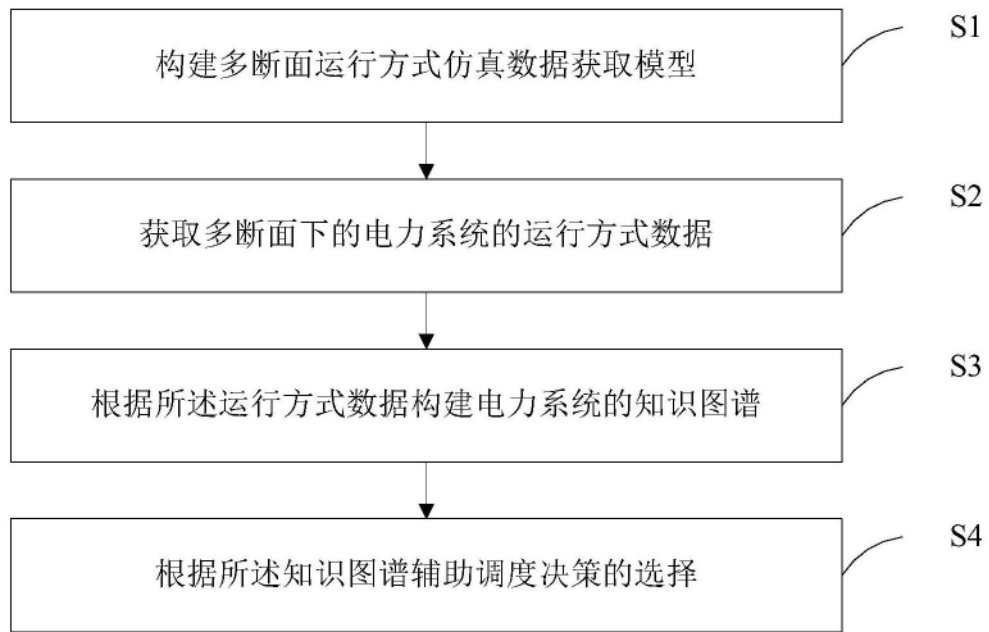


图1

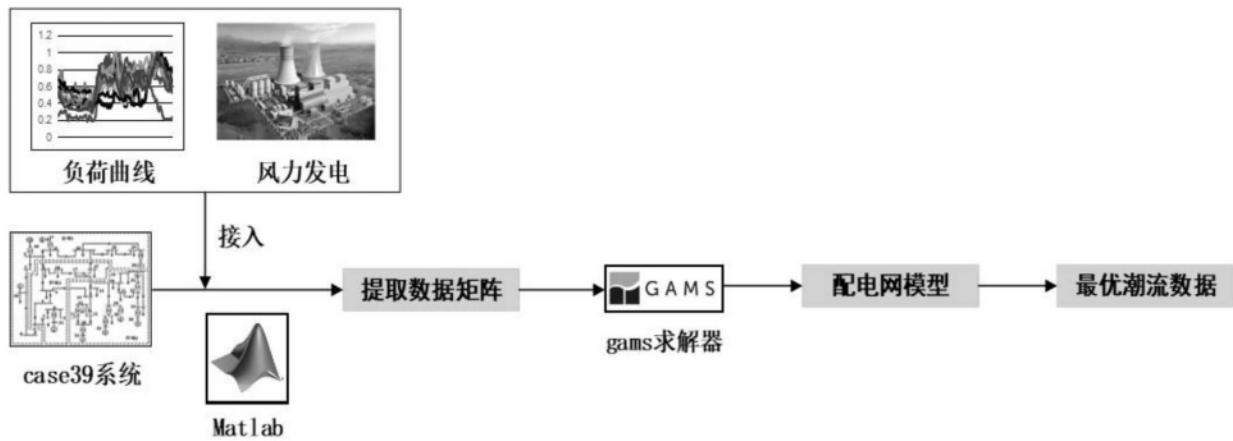


图2

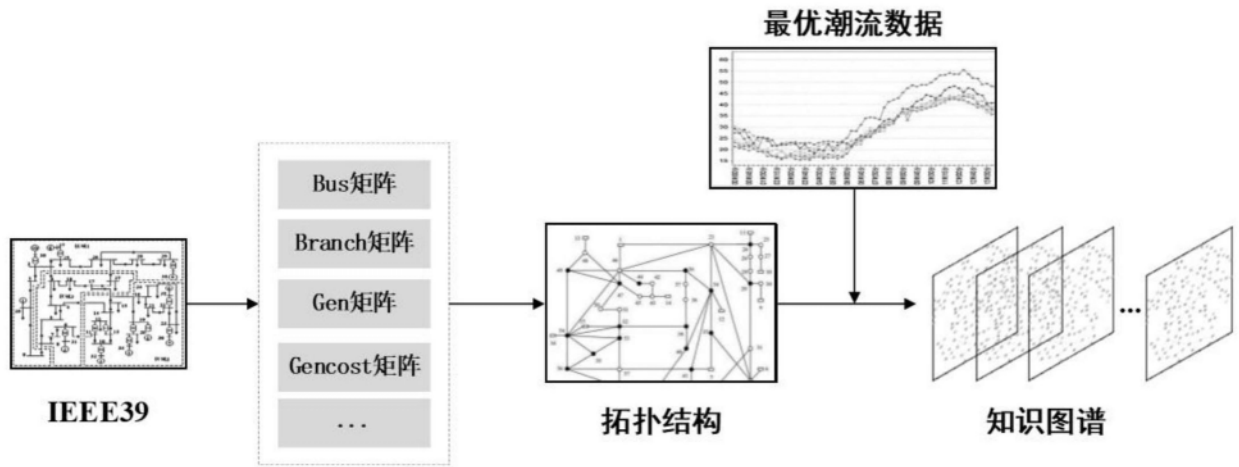


图3

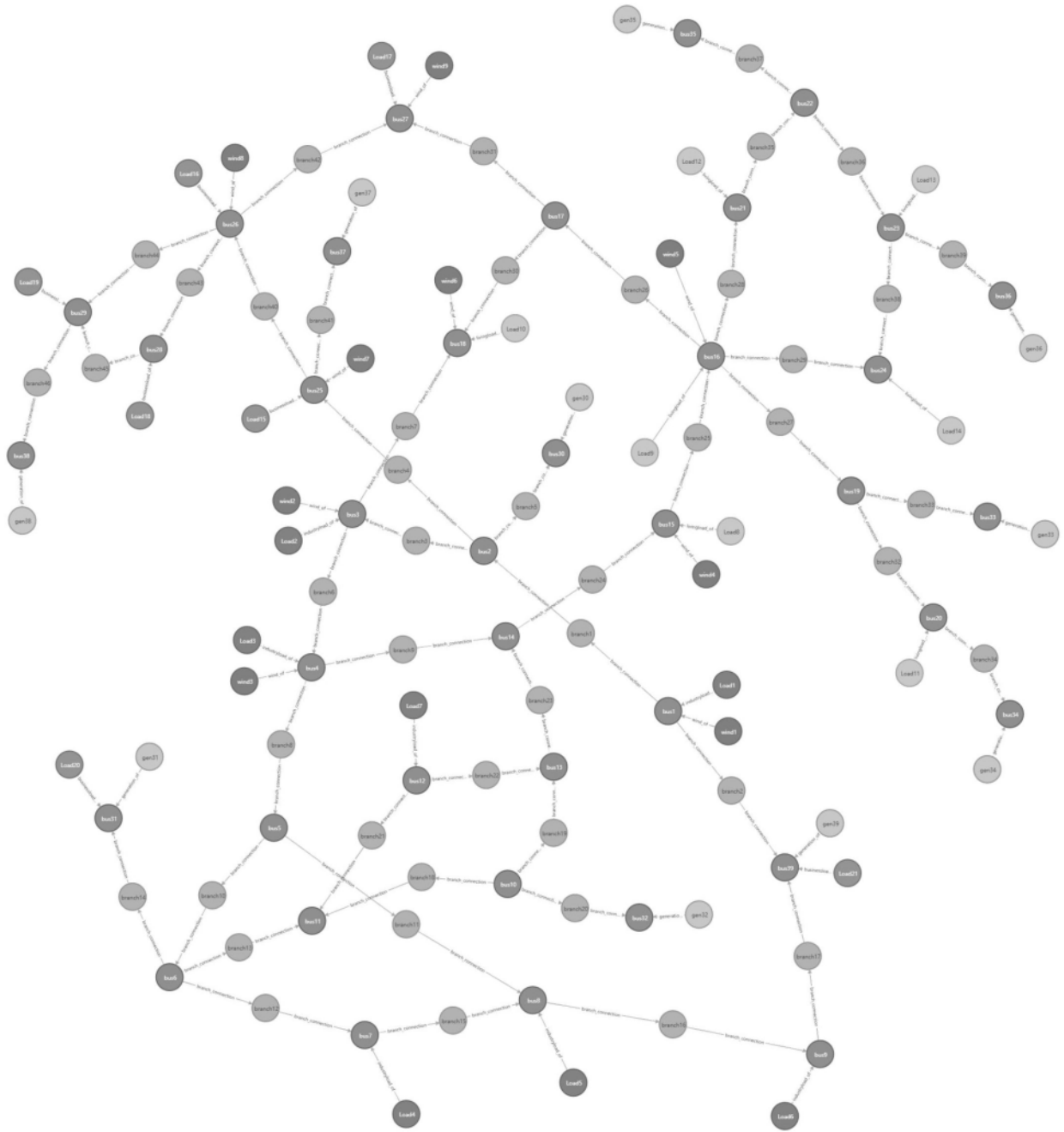


图4

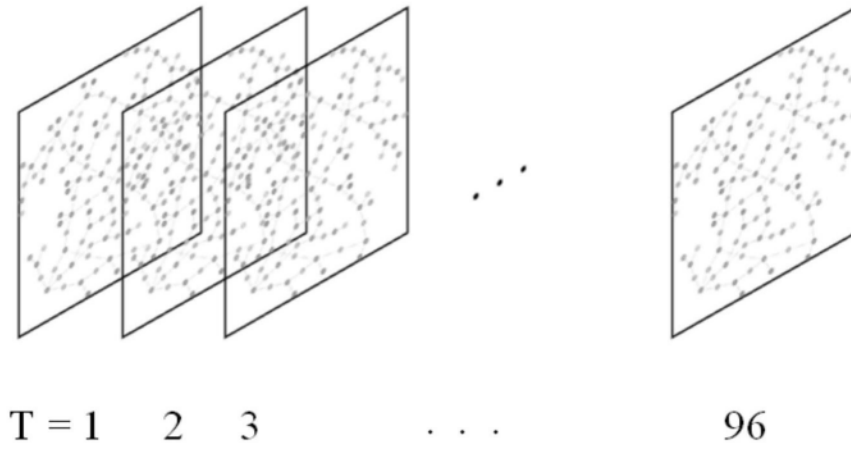


图5

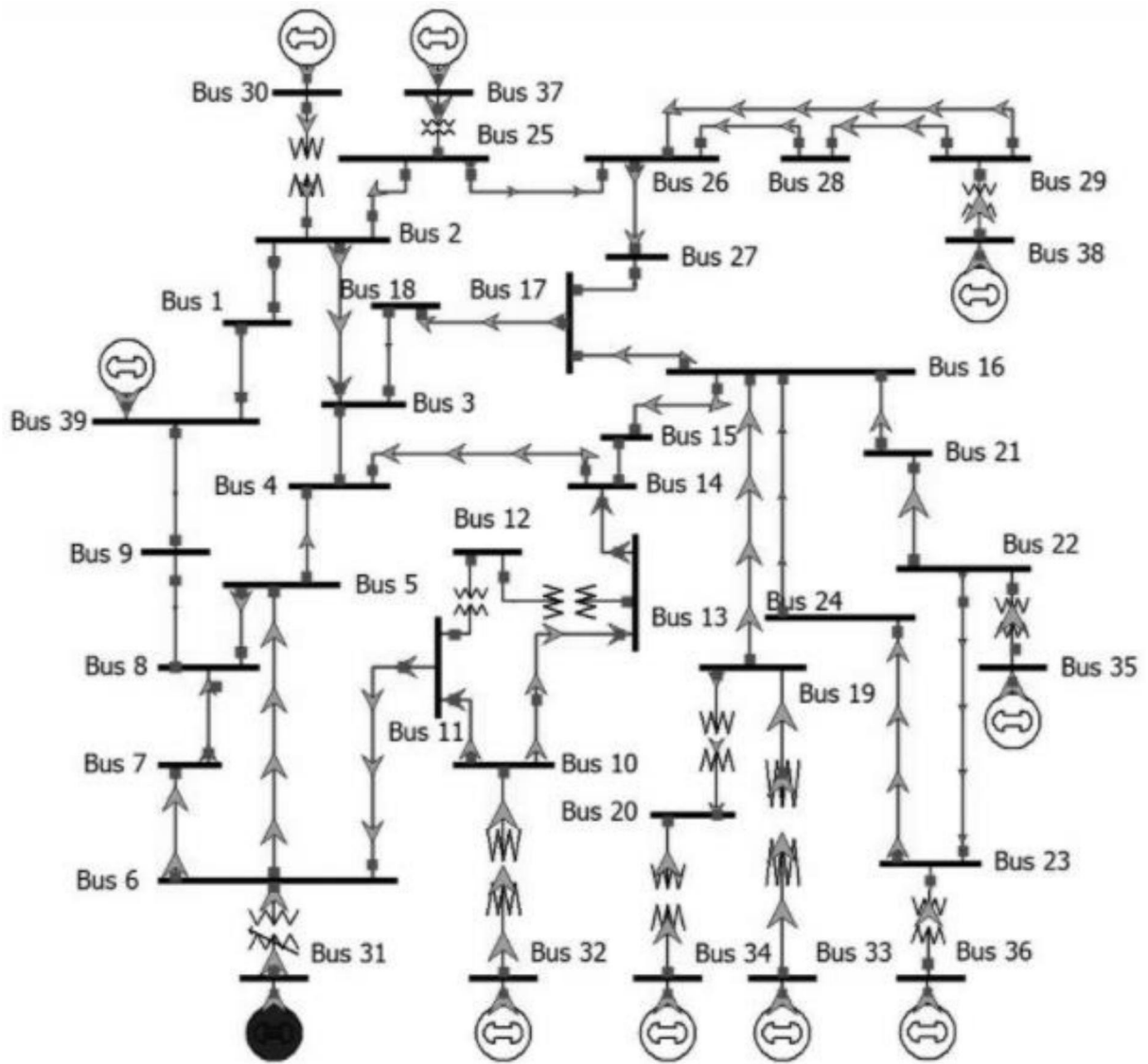


图6

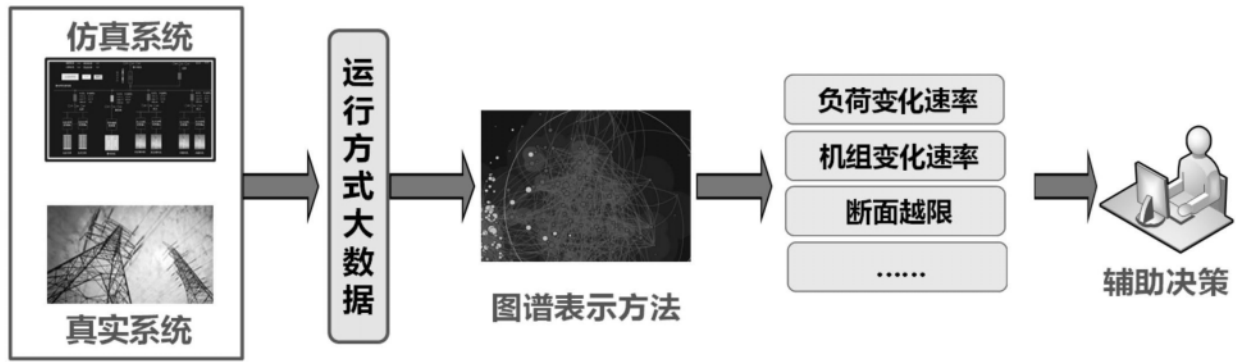


图7