

ZJSEE

浙江省电力学会标准

[状态]

虚拟电厂系统通用技术条件

General technical conditions of the virtual power plant system

单击或点击此处输入文字。

(立项草案)

2022-12-11 发布

2023-01-01 实施

浙江省电力学会 发布

目 次

12		
13		
14		
15	前 言	
16	III
17		
18	引 言	
19	IV
20	1 范围	2
21	2 规范性引用文件	2
22	3 术语和定义	2
23	4 符号、代号和缩略语	2
24	5 系统架构	2
25	5.1 主要参与者关系及其职责	2
26	5.2 虚拟电厂系统互操作架构	3
27	5.3 虚拟电厂系统组成结构	3
28	6 系统功能	4
29	6.1 基本功能	4
30	6.2 能量管理	4
31	6.3 计划管理	4
32	6.4 协调控制	5
33	6.5 市场交易	5
34	7 性能指标	5
35	7.1 总体性能指标	5
36	7.2 可调节负荷接入能力指标	5
37	7.3 可调节负荷参与电网调峰指标	5
38	7.4 虚拟电厂可调性能指标	6
39	8 接口与通信	6
40	8.1 与电网侧交互	6
41	8.2 与用户侧交互	7
42	8.3 网络传输要求	7
43	8.4 安全防护要求	7
44	附 录 A	9
45		
46	(资料性)	
47	9
48		
49	单击或点击此处输入文字。	
50	9
51	A.1 新能源消纳率	9
52	A.2 灵活性提升率	9

[状态]

53	A. 2. 1 瞬时灵活性.....	9
54	A. 3 协调控制性能指标.....	9
55	附 录 B	11
56	B. 1 虚拟电厂系统互操作架构.....	11
57		

58
59

前 言

60 由于缺少虚拟电厂系统通用技术条件技术标准，国网浙江新兴科技有限公司组织浙江大学、浙江浙
61 达能源科技有限公司、国电南瑞科技股份有限公司、国网浙江省电力有限公司、国网浙江省电力有限公
62 司电力科学研究院、国网浙江省电力有限公司杭州供电公司、国网浙江省电力有限公司台州供电公司编
63 制本标准。

64 本标准是在参考 GB/T 2589 综合能耗计算通则、GB/T 13730 地区电网数据采集与监控系统通用技
65 术条件、GB/T 31991 电能服务管理平台技术规范、GB/T 32127 需求响应效果监测与综合效益评价导
66 则、GB/T 32672-2016 电力需求响应系统通用技术规范、GB/T 33593 分布式电源并网技术要求、GB/T
67 35681 电力需求响应系统功能规范、GB/T 36548 电化学储能系统接入电网测试规范、GB/T 37136 电
68 力用户供配电设施运行维护规范、DL/T516-2017 电力调度自动化系统运行管理规程、DL/T 1008 电力
69 中长期交易平台功能规范、DL / T 1644-2016 电力企业合同能源管理技术导则、DL/T 1867-2018 电力需
70 求响应信息交换规范、DL/T 2162-2020 用户参与需求响应基线负荷评价方法、DL5003 电力系统调度自
71 动化设计技术规程、Q/GDW 373-2009 电力用户用电信息采集系统功能规范的基础上编制。

72 (以下是基本部分)。

73 本文件(或本部分或本指导性技术文件)由浙江省电力学会××××提出并解释。

74 本文件(或本部分或本指导性技术文件)起草单位(包括第一承担单位和参加起草单位,按对标准
75 的贡献大小排列):国网浙江新兴科技有限公司、浙江大学、浙江浙达能源科技有限公司、国电南瑞科
76 技股份有限公司、国网浙江省电力有限公司、国网浙江省电力有限公司电力科学研究院、国网浙江省电
77 力有限公司杭州供电公司、国网浙江省电力有限公司台州供电公司

78 本文件(或本部分或本指导性技术文件)主要起草人(按对标准的贡献大小排列):XXX、XXX。

79 本文件(或本部分或本指导性技术文件)首次发布(或本文件×年×月首次发布,×年×月第一次
80 修订,×年×月第二次修订)。

[状态]

81

82

引 言

83 近年来，随着我国“双碳”政策的推动，可再生能源大量接入电网成为趋势，分布式智能电网技术
84 成为国家战略。但是，由于可再生电源的不确定性特性，对电网的稳定调控带来难度。同时，随着我国
85 经济建设的大力发展，用电负荷增长也很迅速，电力系统的供需不平衡矛盾更加凸显，用电高峰期多地
86 拉闸限电，对企业生产及人民生活都造成了较大冲击，用电的峰谷差更加显著。面对上述问题，虚拟电
87 厂提供的分布式能源及柔性可调负荷聚合与协调优化管理能力具有重要意义，成为有效解决系统平衡
88 及分布式可再生能源消纳问题的新方案。

[状态]

89

90

虚拟电厂系统通用技术条件

91 1 范围

92 本文件(或本部分或本指导性技术文件)规定了虚拟电厂系统总体要求,包括系统架构、基本功能、
93 性能指标、网络安全要求等内容。

94 本文件(或本部分或本指导性技术文件)适用于明确虚拟电厂系统通用技术条件。

95 2 规范性引用文件

96 下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中,注日期的引用文件,
97 仅该日期对应的版本适用于本文件;不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本
98 文件。

- 99 GB/T 2589 综合能耗计算通则
- 100 GB/T 13730 地区电网数据采集与监控系统通用技术条件
- 101 GB/T 31991 电能服务管理平台技术规范
- 102 GB/T 32127 需求响应效果监测与综合效益评价导则
- 103 GB/T 32672-2016 电力需求响应系统通用技术规范
- 104 GB/T 33593 分布式电源并网技术要求
- 105 GB/T 35681 电力需求响应系统功能规范
- 106 GB/T 36548 电化学储能系统接入电网测试规范
- 107 GB/T 37136 电力用户供配电设施运行维护规范
- 108 DL/T516-2017 电力调度自动化系统运行管理规程
- 109 DL/T 1008 电力中长期交易平台功能规范
- 110 DL/T 1644-2016 电力企业合同能源管理技术导则
- 111 DL/T 1867-2018 电力需求响应信息交换规范
- 112 DL/T 2162-2020 用户参与需求响应基线负荷评价方法
- 113 DL/T 2473.5-2022 可调节负荷并网运行与控制技术规范 第5部分:负荷能力评估
- 114 DL5003 电力系统调度自动化设计技术规程
- 115 Q/GDW 373-2009 电力用户用电信息采集系统功能规范术语和定义

116 3 术语和定义

117 下列术语和定义适用于本文件。

118

119 4 符号、代号和缩略语

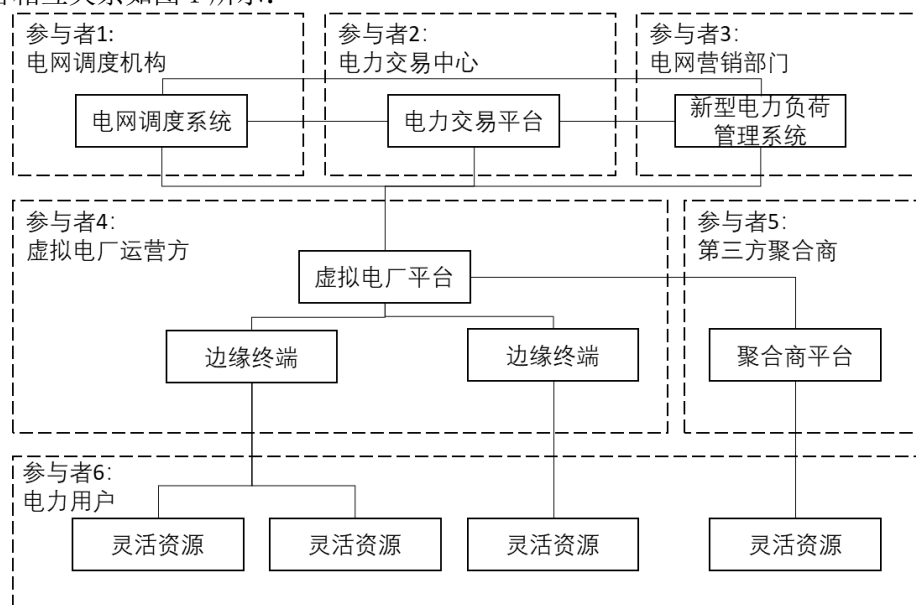
120 下列符号、代号和缩略语适用于本文件。

121 5 系统架构

122 5.1 主要参与者关系及其职责

123 虚拟电厂运营方的虚拟电厂平台与电网调度机构的电网调度系统、电力交易中心的电力交易平台、
124 以及电网营销部门的新型电力负荷管理系统进行交互;虚拟电厂运营方的虚拟电厂平台通过边缘终端
125 与电力用户的灵活资源进行交互,也可通过平台对接方式接入第三方聚合商的灵活资源。虚拟电厂系统

126 中，各参与者相互关系如图 1 所示：



127 图 1 虚拟电厂系统参与者关系图

128 各参与者职责如下：

129 a) 参与者 1，电网调度机构，利用电网调度系统，在实际调度过程中，根据调度缺口发布需求，并
130 对虚拟电厂运营方的调控过程进行监视；

131 b) 参与者 2，电力交易中心，利用电力交易平台，向虚拟电厂运营方发布电力交易信息、辅助服务
132 信息等，并对虚拟电厂调控效果进行评估；

133 c) 参与者 3，电网营销部门，利用新型电力负荷管理系统，对虚拟电厂进行档案管理、调节能力校
134 验，发布需求响应通知、并对虚拟电厂调控效果进行评估；

135 d) 参与者 4，虚拟电厂运营方，利用虚拟电厂平台及边缘计算设备、智能感知设备聚合电力用户
136 分散的灵活响应资源，根据接收到的电力价格信息、辅助服务信息，组织下辖的灵活资源进行调控；

137 e) 参与者 5，第三方聚合商，可作为次级聚合商接入虚拟电厂系统，对上接受虚拟电厂指令，对下
138 调度灵活资源；

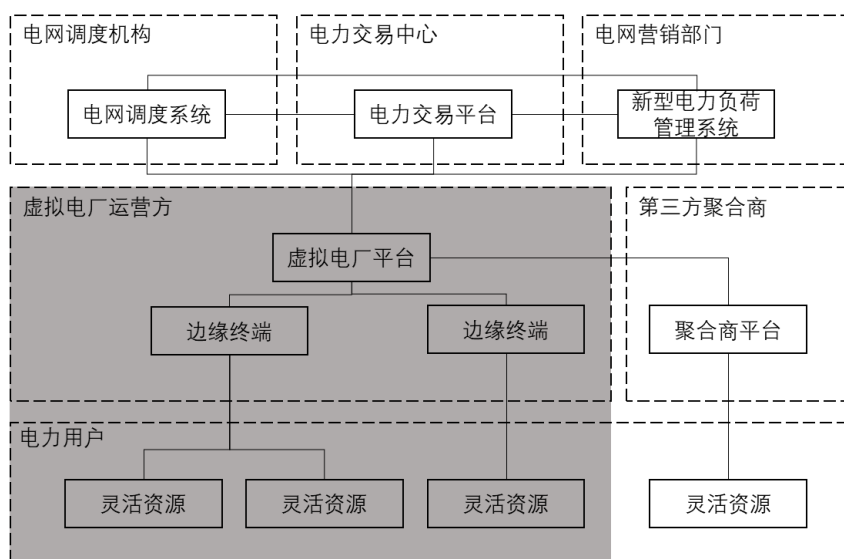
139 f) 参与者 6，电力用户，通过智能感知设备和边缘计算设备参与虚拟电厂调控，边缘计算设备能
140 接收虚拟电厂平台发来的事件信息，并能通过智能感知设备与电力用户的灵活响应资源进行交互。

142 5.2 虚拟电厂系统互操作架构

143 按照 GB/T 9387.1-1998 信息技术开放系统互连基本参考模型的分层思想，宜将虚拟电厂系统划分
144 成业务层、功能层、信息层、通信层和组件层五个层面，虚拟电厂系统参与者通过上述五层实现互操作，
145 互操作架构详见附录 B。

146 5.3 虚拟电厂系统组成结构

[状态]



147

148

图 2 虚拟电厂系统组成结构

149

虚拟电厂系统主要由虚拟电厂平台、边缘终端和灵活资源，以及保证以上系统运行的通信信息网络系统等组成，系统组成结构如图 2 所示。

150

151

a) 虚拟电厂平台，提供负荷实时监测、负荷潜力预测、优化调控策略制定、负荷调节等应用服务。支持海量多类型设备接入管理、高速数据处理和可调资源可视化管理。利用边端、云边设备协同控制，提升用户侧资源柔性调控能力。

152

153

154

b) 边缘终端，内置标准化的信息模型及优化调控策略算法模块，通过属地边缘计算，完成本地化自洽优化运行，同时可接收虚拟电厂平台整体调优策略，满足不同应用场景、不同时间尺度的调控需求。

155

156

c) 灵活资源，通过采集设备采集边端层各类电气量（电压、电流）、热工量（温度、压力、流量）等数据，实现对用户侧灵活资源的负荷特性识别和运行状态感知，为边缘终端和虚拟电厂平台制定调控策略提供状态数据支撑。

157

158

159

6 系统功能

160

6.1 基本功能

161

6.1.1 虚拟电厂应具有数据监视能力。

162

6.1.2 虚拟电厂应具有用户管理能力。

163

6.1.3 虚拟电厂应对所有资源有注册、维护、分类、管理和演练等能力。

164

6.2 能量管理

165

6.2.1 对于包含多种负荷和多种分布式电源的虚拟电厂，配置相应的预测功能。

166

6.2.2 对于包含多种储能系统的虚拟电厂，配置相应的荷电状态管理功能。

167

6.2.3 应根据多种条件对系统内负荷进行分类管理。

168

6.2.4 应具备能效分析功能，并将结果推送至系统内各用户。

169

6.3 计划管理

170

6.3.1 为满足不同场景需求，虚拟电厂需制定调节计划并上交审核。

171

6.3.2 虚拟电厂可综合考虑多种运行目标制定各种调节计划。

172

6.3.3 调节计划审核通过后，以多种途径向用户发布。

173

6.3.4 调节计划执行应综合考虑多种相关指标。

- 174 6.3.5 历史调节计划应进行保存。
- 175 6.4 协调控制
- 176 6.4.1 根据区域内各设备的运行及出力状况，做好设备运行维护，防范安全生产风险。
- 177 6.4.2 在正常运行状态下，调整可控资源的运行状态来满足调节计划。
- 178 6.4.3 在事故紧急状态下，充分调动可控资源来保持虚拟电厂的安全稳定控制。
- 179 6.4.4 应根据不同规则生成资源协调辅助策略。
- 180 6.5 市场交易
- 181 6.5.1 严格遵守市场规则，服从市场管理，维护市场秩序，接受地方能源监督办、地方政府有关部门
- 182 等的监督，履行法律法规规定的权利和义务。
- 183 6.5.2 按照自主意愿参与市场，自行承担市场风险，获得公平服务。
- 184 6.5.3 明确虚拟电厂整体在电力市场中的多重身份定位。
- 185 6.5.4 可引入多种新型辅助服务交易品种来体现虚拟电厂主体特性
- 186 6.5.5 虚拟电厂在市场的交易收益及风险需要进行相关分析。
- 187
- 188 7 性能指标
- 189 7.1 总体性能指标
- 190 7.1.1 可调节资源总量
- 191 可调节资源总量不小于虚拟电厂总容量的 10%；
- 192 7.1.2 快速调频指令响应时间
- 193 快速调频指令响应时间小于 100ms；
- 194 7.1.3 虚拟电厂灵活性提升率
- 195 虚拟电厂灵活性调节能力提升大于 10%；
- 196
- 197 7.2 可调节负荷接入能力指标
- 198 可调节负荷接入能力指标应符合下列要求：
- 199 a) 第三方独立聚合商参与电网调控后装置信息采集覆盖率应为 100%。
- 200 b) 参与电网调节的大用户信息采集覆盖率应为 100%。
- 201 c) 基础模型信息完整率不应小于 95%。
- 202 d) 遥信传动时间不应大于 30s；遥测变化传送时间不应大于 4s。
- 203 e) 可调节负荷每分钟爬坡速率和下调速率不应低于额定容量 1%。
- 204 f) 接入电网的可调节负荷最大调节功率不应低于 5MW。
- 205 g) 接入电网的可调节负荷连续响应时间不应小于 1h。
- 206 [来源：DL/T 2473.5-2022，6.2]
- 207
- 208 7.3 可调节负荷参与电网调峰指标
- 209 可调节负荷参与电网调峰指标应符合下列要求：
- 210 a) 可调节负荷的可调节量不应小于在运功率的 10%。
- 211 b) 可调节负荷参与电网调峰的月可用率不应低于 98%。

[状态]

212 c) 可调节负荷参与电网调峰实际执行出力与下达计划偏差不应大于 30%，大于 30%应视为该时刻未
213 执行。

214 [来源：DL/T 2473.5-2022，5.2]

215

216 7.4 虚拟电厂可调性能指标

217 虚拟电厂可调性能指标应包含下列指标：

218 a) 可靠性指标。

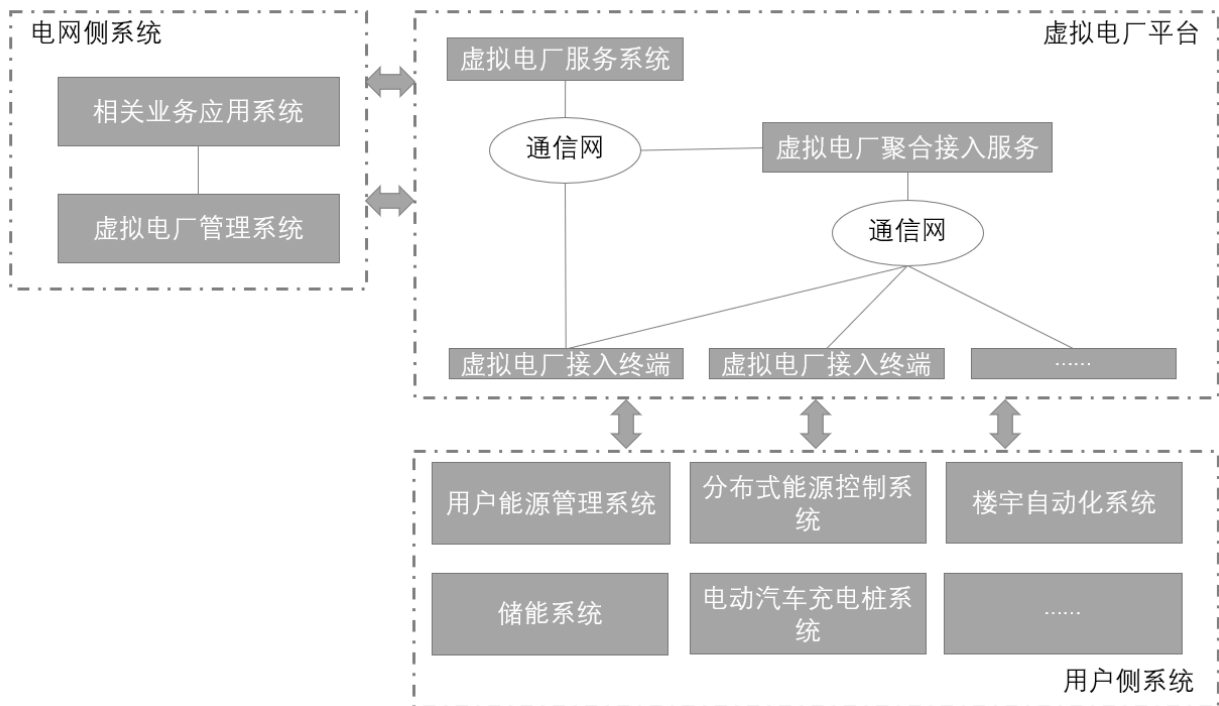
219 b) 调度性指标。

220 c) 新能源指标。

221

222 8 接口与通信

223 虚拟电厂系统数据接口如图 4 所示，应包括两类：虚拟电厂与用户侧系统交互接口、虚拟电厂与电
224 网侧系统交互接口。



225

226

227

228 8.1 与电网侧交互

229 8.1.1 数据交互要求

230 应结合虚拟电厂参与的业务类型提供数据构成和频次，应包含模型类数据和运行类数据。

231 (1) 模型类数据：虚拟电厂应具备中文名称、所聚合资源类型、容量等基本信息；调节容量、响
232 应时长、调节速率、响应时间、调节精度等聚合资源能力、调节响应能力数据模型；单体负荷名称、类
233 型、额定功率、地理位置（经、纬度）、并网馈线、并网变电站等单体负荷基本信息。模型类数据交互
234 频次不大于 1 天/次。

235 (2) 运行类数据：用户侧应具备实时有功、无功、电流、电压、遥信等运行类数据交互，仅参与
236 中长期和现货交易的运行类数据交互频率不大于 15 分钟/次，参与辅助服务交易的运行类数据交互频
237 次不大于 1 分钟/次。

238 8.1.2 通讯服务要求

239 应支持 IEC60870-5-104 、 DL476-92 等网络通信协议或 Webservice、E 文件等通用接口。

240 8.2 与用户侧交互

241 8.2.1 数据交互要求

242 用户侧接口信息应分为四种类型,分别为价格类信息、削减量类信息、控制决策类信息和直接控制
243 类信息:

244 (1) 价格类信息,通过发送电价信息向电力用户传递需求响应需求,由电力用户根据电价信息,制
245 定决策方案,按照决策方案调控相应的用电系统或设备。

246 (2) 削减量类信息,通过发送削减负荷量信息向电力用户传递需求响应需求,由电力用户根据削减
247 负荷量信息制定决策方案,按照决策方案调控相应的用电系统或设备。

248 (3) 控制决策类信息,向电力用户传递针对用电系统或设备的控制决策信息,由电力用户按照控
249 制 C 决策中的控制时间表等信息调控相应的用电系统或设备。

250 (4) 直接控制类信息,直接向电力用户所属用电系统或设备传递基本的控制信息,如开关、调高
251 /调 d 低以及调快/调慢等。

252 8.2.2 通讯服务要求

253 应支持 XMPP、Modbus、MQTT、HTTP、BACnet 等多种通讯协议;

254 信息交互模式可采用客户端/服务器、浏览器/服务器等方式。

255 8.3 网络传输要求

256 虚拟电厂应符合实时控制要求,按照相关要求通过调度数据网接入相应调控机构技术支持系统。数
257 据交互应采取加密措施,不允许明文传输,互联网出口带宽应不低于 100M,网络延时不超过 500ms,数
258 据丢包率不高于 0.5%。虚拟电厂通过光纤直联或 4G/5G 无线专网等方式实现对所聚合调节资源遥测、
259 遥信的全覆盖,网络速率延迟不超过 500ms,丢包率不高于 0.5%。

260 8.4 安全防护要求

261 虚拟电厂信息安全防护规划,应具体包括但不限于以下内容:

262 a) 安全保护等级:信息安全防护应参照 GB/T 22240 中第三级标准要求进行规划设计,应遵循 GB/T
263 22239 中的相关规定;

264 b) 网络安全:应满足结构安全、访问控制、安全审计、边界完整性检查、入侵防范、恶意代码防
265 范和网络设备防护等方面要求;

266 c) 应用安全:应满足身份鉴别、访问控制、安全审计、剩余信息保护、通信完整性、通信保密性、

[状态]

267 抗抵赖、软件容错、资源控制和代码安全等方面要求；

268 d) 数据安全：应满足数据完整性、数据保密性、数据备份和恢复等方面要求；

269 e) 主机安全：安全规划范围包括服务器、工作站等操作系统和数据库系统，应满足身份鉴别、访
270 问控制、安全审计、剩余信息保护、入侵防范、恶意代码防范和资源控制等方面要求。

271 应具备国网公司对接入系统要求的信息安全防护措施，满足信息系统安全防护等级要求，满足国网
272 公司信息通信、网络安全等专业的要求并经过许可。

273
274
275
276

附录 A (资料性)

单击或点击此处输入文字。

277 A.1 新能源消纳率

$$278 \quad N_{EUR} = \frac{\sum_{t=1}^T (P_{w,t} + P_{pv,t})}{\sum_{t=1}^T (P_{w,t} + P_{pv,t} + P_{sh,t})} \times 100\%$$

279 式中：

280 P_t ：该时刻虚拟电厂出力；

281 $P_{w,t}$ 、 $P_{pv,t}$ 、 $P_{sh,t}$ ：分别为时刻风电、光伏、水电出力。

282 A.2 灵活性提升率

283 A.2.1 瞬时灵活性

284 虚拟电厂的电力用瞬时灵活性刻画，有向上和向下两个调节方向：

285 1) 向上瞬时灵活性：

$$286 \quad FLEX_{P_UP} = P_{max}(t + DT) - P(t)$$

287 2) 向下瞬时灵活性：

$$288 \quad FLEX_{P_DOWN} = P(t) - P_{min}(t + DT)$$

289 A.2.2 过程灵活性

290 虚拟电厂的电量用过程灵活性刻画，有向上和向下两个调节方向：

291 1) 向上过程灵活性：

$$292 \quad FLEX_{Q_UP} = \int_t^{t+DT} [P_{max}(\tau) - P(\tau)] d\tau$$

293 2) 向下过程灵活性：

$$294 \quad FLEX_{Q_DOWN} = \int_t^{t+DT} [P(\tau) - P_{min}(\tau)] d\tau$$

295

296 其中 $DT = 15min$ 、 $2h$ 、 $4h$ 等时间尺度。

297 A.3 协调控制性能指标

298 A.3.1 调节速率

$$299 \quad K_1^{i,j} = \frac{v_{i,j}}{v_{N,j}}$$

[状态]

300

$$v_{i,j} = \frac{P_{Ei,j} - P_{Si,j}}{T_{Ei,j} - T_{Si,j}}$$

301

式中:

302

$K_1^{i,j}$: 机组 i 第 j 次实际调节速率与其应达到的标准速率比值;

303

$v_{N,i}$: 机组 i 标准调节速率;

304

$v_{i,j}$: 机组 i 第 j 次调节的速率;

305

$P_{Ei,j}$: 机组 i 结束响应负荷变化过程时的出力;

306

$P_{Si,j}$: 机组 i 开始响应负荷变化时的出力;

307

$T_{Ei,j}$: 机组 i 调节结束时刻;

308

$T_{Si,j}$: 调节开始时刻。

309

A. 3. 2 调节精度

310

$$K_2^{i,j} = 2 - \frac{\Delta P_{i,j}}{\text{调节允许的偏差量}}$$
$$\Delta P_{i,j} = \frac{\int_{T_{Ei,j}}^{T_{Si,j}} |P_{i,j}(t) - P_{i,j}| \times dt}{T_{Ei,j}(t) - T_{Si,j}}$$

311

式中:

312

$K_2^{i,j}$: 常数 2 与具有 AGC 功能机组 i 第 j 次实际调节偏差量与其允许达到的偏差量比值的差值;

314

$\Delta P_{i,j}$: 机组 i 在第 j 次调节的功率偏差量;

315

$P_{i,j}(t)$: 机组 i 在第 j 次调节时段内的实际出力;

316

$P_{i,j}$: 机组 i 在第 j 次调节时段内的机组负荷设定值。

317

A. 3. 3 响应时间

318

$$K_3^{i,j} = 2 - \frac{t_{i,j}}{\text{标准响应时间}}$$

319

$$t_{i,j}^{up} = T_{up} - T_0$$

320

$$t_{i,j}^{down} = T_{down} - T_0$$

321

式中:

322

$K_3^{i,j}$: 常数 2 与具有 AGC 功能机组 i 第 j 次实际响应时间与标准响应时间比值的差值;

323

$t_{i,j}$: 机组 i 第 j 次 AGC 调节的响应时间;

324

$t_{i,j}^{up}$: 机组 i 第 j 次升负荷过程的响应时间;

325

$t_{i,j}^{down}$: 机组 i 第 j 次降负荷的响应时间;

326

T_0 : 虚拟电厂发出 AGC 指令的起始时刻;

327

T_{up} : 可调机组有功功率变化第一次上升到原来负荷的 110% 的时刻;

328

T_{down} : 可调机组有功功率变化第一次下降到原来负荷的 90% 的时刻。

329

330
331
332

附录 B (资料性) 虚拟电厂系统互操作架构

B.1 虚拟电厂系统互操作架构

334 虚拟电厂系统互操作架构如图 B.1 所示，各层的功能如下：

335 a) 业务层规定电力交易及辅助服务政策、业务模式、业务流程和参与者分工等，支持实施机构开
336 展电力调控业务，支持电力交易中心定义新的市场模式，支持业务细化，保证各个具体业务的实现；

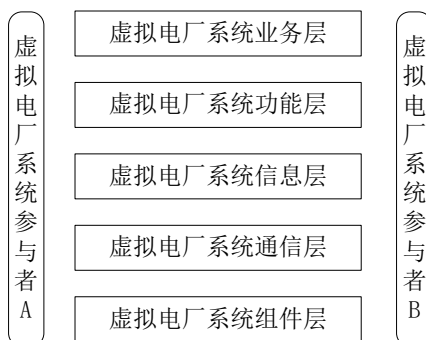
337 b) 功能层规定系统功能和服务，提供相应功能，支撑具体业务流程的实现；

338 c) 信息层规定在功能层和通信层、组件层之间交互的信息，定义信息对象和数据模型的基本规范，
339 提供通信互操作的通用语义；

340 d) 通信层规定信息交换的协议和机制，包括语法的互操作性，并提供网络交互；

341 e) 组件层规定虚拟电厂系统物理分布，为虚拟电厂系统参与者所属的软件系统、硬件设备等提供
342 基本连接。

343



344
345
346
347
348

图B.1 虚拟电厂系统互操作架构