

# 电网事故应急体系模型探讨

杨成龙

(四川省电力公司,四川 成都 610041)

**摘要:**结合成都电网应急体系的建设情况,介绍了电网大面积停电应急体系模型框架,提出了基于关键链的应急响应和基于协同论的应急处置方法,分析和探讨了应急体系模型完善和深入研究的方向,旨在为应急体系的科学建立提供一定的理论基础。

**关键词:**电网;应急体系;模型

**中图分类号:**TM73

**文献标志码:**B

**文章编号:**1009-0665(2011)05-0053-04

近年来电力应急管理得到高度重视和广泛关注,电网事故应急体系的建立和完善得到了长足发展<sup>[1-3]</sup>。但是,由于电网安全运行涉及诸多环节,除电网设备故障和人员失误外,电网安全时刻受到许多外部因素的影响,电力应急管理工作显得异常复杂,目前应急体系和应急预案不能满足各种电网事故应急处置的需要,对电网应急管理和应急体系的研究和探索正在进行<sup>[4-7]</sup>中,还没有一套成熟、有效的应急理论指导具体应急实践,有待深入和广泛进行电力应急理论研究。文中针对电网事故应急体系模型的构建进行研究,提出了基于关键链方法和协同论的应急响应与处置方法,试图为应急体系的科学建立提供一定的理论基础。

## 1 电网事故应急体系

电网结构复杂、覆盖面广,受自然环境和社会环境影响较大,其运行涉及的技术系统复杂多样。电网突发事故具有涉及环节多、灾害源多、损失巨大、影响面广且次生灾害多的显著特点<sup>[8]</sup>。电网事故应急体系的建立必须紧密结合电网运行和电网突发事故的特点,除遵循应急体系建设的基本原则外,还要遵守政府主导、电网企业为主体、社会联动、快速有效和技术支持原则。

电网事故应急体系主要包括应急组织体系、应急运作机制、应急预案体系和技术支持系统。其中应急组织体系、运作机制和应急预案体系需基于应急管理理论以及电力应急管理的经验,充分分析电网大面积停电的风险和危害,结合电网的特点及政府和电力企业应急工作情况建立,应急组织机制包括应急指挥体系的建立、应急管理机构的设置和职责、功能部门划分及相应职能、应急救援队伍的建设;应急运作机制包括停电事件分级标准、应急响应工作流程;应急预案体系包括总体应急预

案、专项预案和现场处置预案的建立、维护及应急预案演练等内容。应急技术支持系统需运用现代计算机、通信、控制等技术和手段实现电网监测控制、应急指挥决策、应急资源管理和信息发布等功能,可包括应急指挥中心系统、电网调度运行支持系统、电网应急决策支持系统、协同应急处置系统、应急资源管理系统、客户服务技术支持系统、应急信息发布系统等,或将已有的相关系统进行有机整合和集成,以满足电网大面积停电应急处置的需要。成都电网大面积停电事故应急体系结构如图1所示。

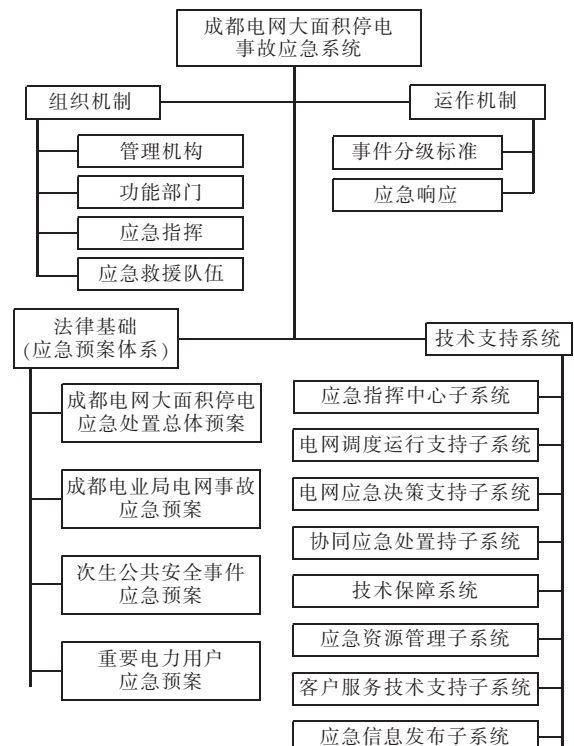


图1 电网事故应急体系结构

## 2 电网事故应急体系工作模型和方法

### 2.1 突发事件作用下电网运行状态的变化

电网在正常方式下,通过常态控制和调整,发电

与用电负荷平衡,电压、频率等参数均控制在正常范围内。但是电网的稳定运行受诸多不安全因素的威胁,在遭受自然灾害、外力破坏、人为失误、设备故障等突发事件后,继电保护、安控等装置按事先设定的原则进行动作,电网结构、运行参数、系统状态将变化,电网进入紧急运行状态。调度和运行单位紧急进行运行方式的调整,使得电网进入特殊运行状态。同时通过应急抢险,逐渐恢复停运的设备、元件和对停电客户的供电,电网逐步恢复到应急后的稳定状态。在突发事件发生前,往往会基于积累的数据和经验对突发事件进行预测预警,并在一定情况下对电网进行预先干预,减少突发事件对电网的影响。突发事件作用下电网状态变化流程如图2所示,其中预警预测干预、应急方式调整、应急抢险工作属于应急处置内容。

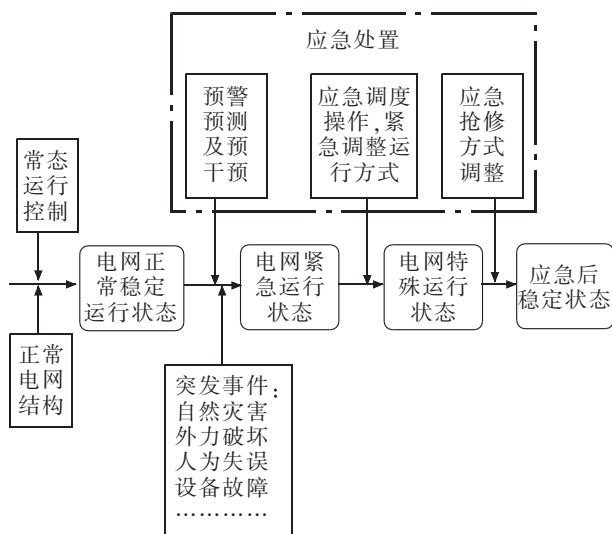


图2 突发事件作用下电网状态变化流程

## 2.2 电网应急体系工作模型

根据电网应急体系结构和应急处置内容,应急工作需在突发事件作用到电网后,启动相应预案,组织指挥进行应急调度、方式调整,积极协同开展应急抢险,将电网状态从紧急状态转变为应急后的稳定状态。应急处置工作内容主要包括,一是可采用基于关键链的应急响应方法,在包含众多专业、众多种类的应急预案体系中快速、科学地决策并结合实际启动相对应的应急预案,分析确定整个应急处置的关键环节;二是可采用基于协同论的应急处置方法,依据确定的预案和关键环节,在应急组织体系和技术支持系统的支撑下调集和协同各种应急资源紧急开展应急调度、方式调整和应急抢险、恢复等应急处置工作。根据应急处置内容和应急体系结构,电网事故应急体系工作的框架模型构造如图3所示。

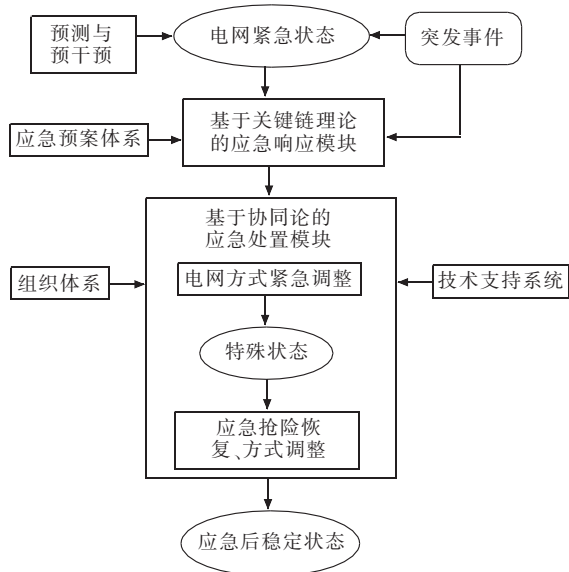


图3 电网事故应急体系工作模型

其中,电网紧急状态包括事故后电网运行参数  $S=\{V,\delta,f,P,Q,t\cdots\}$ 、电网结构参数  $Z$ 、以及相对正常状态的变化量  $\Delta S,\Delta Z$ ;突发事件信息  $E$  指突发事件种类、严重程度、影响范围等,  $E=\{c,l,b\}$ 。二者作为应急体系工作模型的输入状态量。应急后的稳定状态包括电网运行参数和电网结构参数及应急处置完成的时间。

应急预案体系、应急组织体系和技术支持系统是应急体系工作模型的基础数据。应急预案体系  $P$  为应急预案启动模块提供分层、分类的专项、专业和现场预案  $\{p\}$ ;应急组织体系  $O$  包括应急指挥、应急救援力量、应急功能机构等人力资源,  $O=\{I,R,F\cdots\}$ ,技术支持系统  $T$  包括应急体系运作的通信、信息发布、电源的硬件支撑和应急指挥、调度运行、应急决策、应急资源管理、客户服务等软件支撑,  $T=\{C,I,P;Z,D,R,C\}$  为协同控制应急组织提供人力和物质基础。

## 2.3 基于关键链的应急响应方法

关键链方法是以色列学者高德拉特提出的一种基于约束理论的任务管理方法。关键链方法强调在制定项目计划时考虑现实存在的资源约束、在项目执行过程中的动态管理以及整个项目管理流程的持续改进,并可以全力保证关键环节所需要的时间和资源,非关键环节在不占用关键环节的时间和同类资源时可以与关键环节并行启动,否则就让关键环节先行启动。

电网事故应急处置是一项复杂、时间性极强的任务,特别是对电网大面积停电事故的应急处置尤其如此。对于应急处置这一任务,关键链方法也具有应用的普遍意义。利用关键链方法,在电网进入紧急

状态后,快速辨明事故类型,并分析出事故处理的关键环节和非关键环节,为高效快速进行应急处置提供直接有效的依据。

在电网应急调度方面,根据分析出的关键环节,在齐全完备、纵横交错、全面覆盖的停电事故综合预案体系中快速定位应启动的预案,并根据已有资源,以关键环节为主线开展应急调度处理,具体运作流程如图4所示。

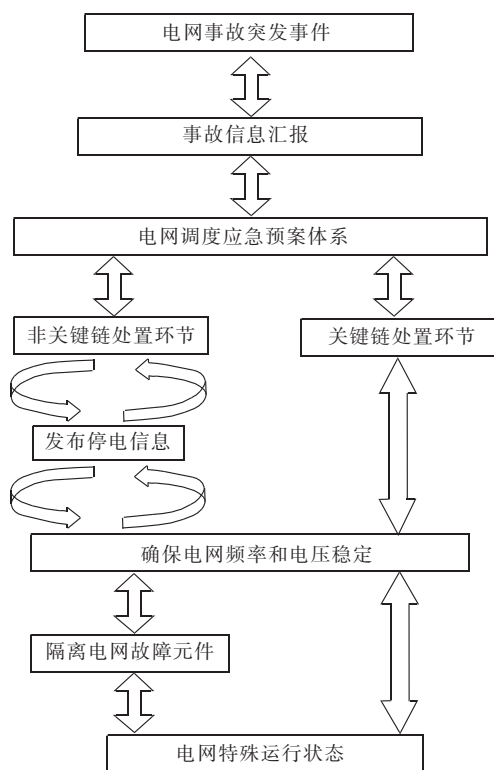


图4 应急调度体系应急处置流程

对于应急抢修相关工作,依据应急调度处置后的电网特殊运行状态、停电区域及其影响、设备故障情况、分布、环境等因素,应用关键链方法分析出应急抢修的关键环节,为协同控制的应急抢险提供直接有效的依据。

#### 2.4 基于协同论的应急处置方法

协同论研究一个或多个不同的系统在远离平衡时如何通过内部子系统之间的协同合作,自发地出现时间、空间和功能上的从无序状态变成有序状态。基于“很多子系统的合作受相同原理支配而与子系统特性无关”的原理,着重探讨各种系统从无序变为有序时的相似性,从而发现各种系统和现象中从无序到有序转变的共同规律。其核心思想是协同导致有序。

电力系统是一个非常复杂的系统,电网停电事故的发生时间通常是不确定的,突发电网事故将导致电网运行的有序状态被打破,同时也将打乱电力部门的有序状态,电网、电力部门将进入无序状态。

由于电力又是当今支撑整个社会组织运转不可替代的要素,受停电影响的社会组织也会进入无序状态。协同论的思想和解决方法对电网事故应急处置具有典型适用性。

利用协同论的模型可分析电网运行控制各子系统、电力企业内部各种专业和机制、电力和社会组织在电网事故紧急无序状态下进行应急处置到有序状态转变的共同规律,并通过协同理论处理方案对各种应急技术支持系统、电力与社会应急救援力量(组织)进行协同,形成电网事故应急处理的协同一致的状态,通过协同使得电网、各项技术支撑子系统功能、电力和社会各个组织机构之间由无序状态达到有序状态,即完成应急处置恢复到应急后的稳定状态。电网事故应急处理将主要涉及两方面不同的协同目标,一是电力企业内部的各专业和机制的协同一致,二是电力企业和社会组织之间的联动与协同。但整体目标都是要在最短的时间内恢复供电和以最安全和快速的手段稳定社会的正常运转。协同的目的是为了达到这个整体目标的实现,达到平衡有序。

根据协同理论,需从技术和机制上采用两种协同模式。一是集成化技术模式,该模式将由电力企业相关技术服务平台以及电网事故应急处置需要的技术手段组成,例如现有的自动化系统以及卫星通信等,应急指挥中心要求有一个综合的集成各种相关的应急技术支持系统;二是协同机制服务模式,该模式是为了达到应急指挥和恢复供电的目标,建设应对电网事故处理相关的电力企业内部业务系统的协同机制以及电力企业与政府联动的协同机制,从而达到降低事故带来的损失和社会影响的模式,在技术上主要表现出企业办公系统、电力营销系统、对外服务的95598、政府机构的指挥中心以及相关的诸如110,119,120等联动服务系统。

### 3 分析与探讨

(1) 为构建应急体系模型的工作平台,应急体系模型的基础数据必须非常健全。基础数据包括电网的基本结构、网络拓扑、参数,电网的正常运行方式和运行状态,种类齐全、层次分明、适用性强并具有相应启动标志参数的应急预案组成的应急预案体系以及由管理机构、功能部门、应急指挥、应急救援力量组成的应急组织体系,还包括各种技术支持系统。这些基础数据需数字化,转发为向量、矩阵等数学组织方式。

(2) 应急体系模型还应包括预警预测和干预干预功能。依据日常收集和 Historical 积累的数据,对电网事故



发生的各种条件、因素预测电网发生事故和何种事故的可能,对电网调度、运行维护单位发出预警,根据预警可进行必要的方式调整、强化运行维护措施、改善运行环境等方式对电网进行预干预。

(3) 关键链理论需与电网事故应急处置的实际特点有效结合起来,研究和制定具体应用的方法、流程和算法,才能发挥其有效作用。

(4) 协同论方法的具体应用需要深入研究,需结合电力应急处置的实际特点和参与应急处置各种资源,运用协同论的模型和方法建立相应的模型,明确协同的范围、对象,编制其相应算法。

(5) 本文应急体系模型需要进一步拓展,特别是对大面积停电将造成对社会和电力重要客户的巨大影响,模型中需输入停电对社会造成的影响,加入全局的应急指挥、社会应急救援力量、重要电力客户、公共安全和各种非电网生产事故应急预案,以适用电网事故应急处置的实际所需。

#### 4 结束语

随着电力应急管理工作越来越得到高度重视,对应急体系的研究、建立和完善工作在广泛深入进行,但对电力应急体系的理论研究比较缺乏。本文结合成都电网应急体系的建设情况,探讨了电网事故

应急体系的模型构建,将关键链方法和协同论引入到应急响应和应急处置模块中,分析和探讨了应急体系模型完善和深入研究的内容,有利于带动应急理论的深入研究,促进电力应急管理水平的提高。

#### 参考文献:

- [1] 龚建平,苏志鹏,卢廷杰,等.广州市电网大面积停电演习的组织与实践[J].广东电力,2006,19(10):1-5.
- [2] 金波,卢廷杰,张志辉,等.对建设城市大面积停电应急指挥技术支持系统的探讨[J].广东电力,2006,19(3):28-31.
- [3] 吴江.构建电力应急管理体系[J].中国电力企业管理[J].2007(6):22-23.
- [4] 钟守熙,杨成龙.地震灾害给电力应急管理的启示[J].电力安全技术,2008(12):31-33.
- [5] 徐瑞卿,周渝慧.突发事件下的电力应急管理[J].中国电力企业管理[J].2007(6):26-27.
- [6] 张文亮,周孝信,白晓民,等.城市电网应对突发事件保障供电安全的对策研究[J].中国电机工程学报,2008,28(22):1-7.
- [7] 田世明,陈希,朱朝阳,等.电力应急管理理论与技术对策[J].电网技术,2007,31(24):23-27.
- [8] 赵洪山,米增强,任惠.电力系统事件建模与分析[J].中国电机工程学报,2006,26(22):11-16.

作者简介:

杨成龙(1975-),男,四川武胜人,工程师,从事电力安全监督管理工作。

### Discussions on the Model of Power Grid Blackouts Emergency System

YANG Cheng-long

(Sichuan Electric Power Company, Chengdu 610041, China)

**Abstract:** Based on the construction of Chengdu power grid emergency system, the model construction of large-scale power blackouts emergency system was discussed. In addition, the emergency response methods based on critical chain and the emergency disposal approaches based on synergetics were also put forward. The paper provides the theoretical study for the construction of the emergency system.

**Key words:** power grid; emergency system; model

(上接第 52 页)

### Study and Application of Remote Monitoring System for Charging and Battery Swap Station and Electric Vehicle

XU Min-rui

(Jiangsu Electric Power Company Research Institute, Nanjing 211103, China)

**Abstract:** To promote safe, reliable and economic operation of charging and battery swap station and electric vehicle, a remote monitoring system for charging and battery swap station and electric vehicle was developed. It was composed of monitoring center, electric power wide area network, GPRS wireless communication network, communication manager and video system of charging and battery swap station, vehicle terminal of electric vehicle. Besides, the functions of the monitoring system mainly includes monitoring of charging, distribution, video, Electric Vehicle operation. The monitoring system realizes real-time monitoring and effective management of all charging and battery swap stations and electric vehicles in Jiangsu province. The operation results show that the system is excellent in the many aspects, such as real-time performance, reliability, accuracy and so on, and it raises the automation level of operation monitoring.

**Key words:** electric vehicle; charging and battery swap station; monitoring system; remote monitoring