

# 自愈型配电网安全运行 主动控制理论

盛万兴 宋晓辉 孟晓丽 著

非外借



科学出版社

# 自愈型配电网安全运行 主动控制理论

盛万兴 宋晓辉 孟晓丽 著

科学出版社

北京

## 内 容 简 介

本书阐述了自愈型配电网的基本特征以及配电网安全运行主动控制理论，主要内容包含三部分：一是自愈型配电网安全运行主动控制技术体系、主动控制模型等；二是基于主动控制模型的配电网故障诊断与阻断方法，以及基于多源信息融合的可信故障诊断方法；三是自愈型配电网风险辨识理论和方法、风险挖掘理论和方法、含分布式电源的配电网风险评估方法等。

本书适合电力系统及其自动化、配电网等领域的科研与开发人员以及相关专业的学生使用。

### 图书在版编目 ( CIP ) 数据

自愈型配电网安全运行主动控制理论 / 盛万兴, 宋晓辉, 孟晓丽著. —北京: 科学出版社, 2019.6

ISBN 978-7-03-060228-2

I. ①自… II. ①盛… ②宋… ③孟… III. ①配电系统-电力系统运行-安全控制论 IV. ①TM727

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 291778 号

责任编辑: 裴育 陈捷 纪四稳 / 责任校对: 彭珍珍

责任印制: 师艳茹 / 封面设计: 陈敬

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

北京通州皇家印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

\*

2019 年 6 月第 一 版 开本: 720 × 1000 1/16

2019 年 6 月第一次印刷 印张: 17 1/2

字数: 340 000

定价: 128.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

# 前 言

经过大规模建设改造,我国配电网规模已居世界首位,从单辐射、少联络网络向多分段多联络的有源网络转变,安全运行形势日益复杂、严峻。近年来,国内外城市配电网安全事故引发的大面积停电及人身损害、设备损毁、爆炸、火灾等公共安全事件,社会危害严重、经济损失巨大。保障配电网安全特别是城市配电网安全运行,对社会经济发展、公共安全具有重要意义,因此十分迫切需要全面提升我国配电网安全运行水平。

风险和故障是导致配电网安全运行事故的主要原因。传统配电网安全运行防御以事后的故障控制与供电恢复为主,属于被动防御。在国家自然科学基金项目(51177152、51377148)和国家电网公司科技计划项目支持下,作者提出自愈型配电网安全运行主动控制理论,构建“事前预防风险演变-事中阻断故障连锁-事后快速供电恢复”的自愈型配电网安全运行三级主动防御控制体系,以期促进配电网安全运行技术进步,实现配电网控制技术由被动控制到主动防御的转变,为我国配电网安全运行尽绵薄之力。

本书是中国电力出版社出版的《智能配电网自愈控制基础》一书的姊妹篇,是作者对近20年配电网运行控制研究及工程实践的总结。全书共10章。第1章绪论,阐述配电网主动控制的概念、体系和功能特征;第2章介绍配电网层次递阶主动控制模型,针对配电网点多面广、规模大及智能化发展要求,阐述基于多智能体技术的配电网主动控制模型及其关键环节;第3章是第2章的延续,阐述风险控制、紧急控制、优化控制、恢复控制等主动控制关键技术概念、特征及主要内容等;第4~6章阐述故障诊断与控制技术,其中第4章介绍分布-集中协同的配电网故障处置理论及其在短路故障处置中的应用技术;第5章基于分布-集中协同故障处置理论,介绍单相接地、断线故障的处置技术及应用模式;第6章针对连锁故障的诊断与处置技术进行探索;第7章阐述多源信息在主动控制中的应用方法,起承上启下作用,一方面支撑故障诊断、提高故障诊断精度,另一方面为风险辨识提供技术支撑;第8~10章阐述风险辨识与预警技术,其中第8章提出配电网风险的概念及风险挖掘理论、三层风险挖掘技术体系;第9章重点阐述大规模分布式电源并网及电动汽车充放电条件下的配电网风险辨识技术;第10章阐述配电网运行风险的高效预防控制技术。

本书由盛万兴博士统稿，其中，盛万兴博士撰写了第 1、2、4、8 章；宋晓辉高级工程师撰写了第 5、7、9 章，孟晓丽高级工程师撰写了第 3、6、10 章。在本书的撰写过程中，研究团队成员张瑜、李雅洁、李建芳、高菲、赵珊珊等参与了部分章节的撰写、文字和图形整理工作，在此表示感谢。此外，本书参考了一些刊物上已公开发表的文献资料，在此对这些文献的作者表示衷心感谢。

由于作者水平所限，书中难免存在不妥之处，敬请广大读者批评指正。

作 者

2018 年 10 月于中国电力科学研究院

# 目 录

## 前言

第 1 章 绪论 .....	1
1.1 配电网结构特征与发展趋势 .....	1
1.2 自愈型配电网安全运行主动控制的概念 .....	3
1.3 配电网安全运行主动控制的技术体系 .....	3
1.4 配电网安全运行主动控制的功能特征 .....	4
第 2 章 配电网层次递阶主动控制模型 .....	6
2.1 配电网主动控制顶层结构 .....	6
2.2 配电网递阶主动控制结构模型 .....	9
2.2.1 低层局控级智能体 .....	11
2.2.2 高层局控级智能体 .....	13
2.2.3 中间控制级智能体 .....	14
2.2.4 协调控制级智能体 .....	16
2.2.5 主动控制智能体的协调机制 .....	19
2.3 多层次主动控制结构与模型 .....	20
2.3.1 多层次主动控制结构 .....	20
2.3.2 配电网运行状态辨识 .....	21
2.3.3 主动控制过程模型 .....	26
2.4 多层次主动控制基本模式 .....	28
第 3 章 配电网安全运行主动控制关键技术 .....	30
3.1 配电网风险控制技术 .....	30
3.1.1 风险控制的概念 .....	30
3.1.2 风险控制与主动控制 .....	30
3.1.3 风险控制理论框架 .....	30
3.1.4 风险控制的约束条件 .....	31
3.1.5 风险控制的影响因素 .....	32
3.2 配电网紧急控制技术 .....	33
3.2.1 紧急控制的概念 .....	33
3.2.2 紧急控制与主动控制 .....	33
3.2.3 紧急控制理论框架 .....	33

3.3	配电网优化控制技术	35
3.3.1	优化控制的概念	35
3.3.2	优化控制的内容	35
3.3.3	优化控制理论	37
3.3.4	配电网分级优化	41
3.4	配电网恢复控制技术	43
3.4.1	恢复控制的基本概念及特征	43
3.4.2	恢复控制的原则	44
3.4.3	恢复控制的决策方法	44
3.4.4	配电网馈线的快速恢复控制方法	46
3.4.5	含分布式电源的恢复控制方法	47
3.4.6	配电网大面积断电快速恢复控制方法	50
<b>第4章</b>	<b>配电网分布-集中协同故障诊断与保护技术</b>	<b>52</b>
4.1	配电网故障时空特性	52
4.1.1	短路故障时空特性	52
4.1.2	单相接地故障时空特性	54
4.1.3	断线故障时空特性	55
4.2	分布-集中协同故障诊断	61
4.2.1	故障诊断与保护需求分析	61
4.2.2	分布-集中协同故障处置机理	62
4.3	模式化故障诊断与保护方法	64
4.3.1	配电网紧急控制模式的组成要素	64
4.3.2	配电网紧急控制模式的建立方法	65
4.3.3	配电网典型紧急控制模式体系	67
4.3.4	模式化的配电网紧急控制方法	68
4.3.5	配电网紧急控制模式的生成示例	68
4.3.6	模式化的配电网紧急控制方法应用示例	70
4.3.7	各级智能体协调机制及通信方式	71
4.4	分布-集中协同的配电网故障短路诊断与保护典型处置模式	73
4.4.1	短路故障诊断与分析规则	73
4.4.2	就地主控总保后备模式	76
4.4.3	先总保后就地模式	80
4.4.4	典型应用场景	81
<b>第5章</b>	<b>弱特征故障的分布-集中处理模式</b>	<b>83</b>
5.1	基于故障指示器的处理模式及适应性分析	83

5.1.1	暂态录波处理模式	83
5.1.2	外施信号处理模式	87
5.2	基于智能终端的处理模式及适应性分析	88
5.2.1	方向性自适应处理模式	88
5.2.2	多级方向保护处理模式	91
5.2.3	相不对称检测处理模式	93
5.2.4	外施信号处理模式	93
5.3	基于分界开关的处理模式及适应性分析	95
5.3.1	稳态量方向性检测处理模式	95
5.3.2	暂态量幅值处理模式	96
5.4	处理模式及适应性对比分析	97
5.5	基于数据层与特征层融合的单相接地故障分析方法	99
5.5.1	最优 FIR 滤波器设计	100
5.5.2	特征的层次聚类	102
5.5.3	基于最优 FIR 滤波器和层次聚类的故障选线方法	103
5.5.4	算例分析	104
5.6	分布-集中协同的断线故障诊断方法	108
5.6.1	分布-集中协同的断线故障诊断规则	108
5.6.2	融合营销系统信息的断线故障分析方法	110
第 6 章	连锁/并发复杂故障诊断技术	114
6.1	多重故障诊断分析与仿真	114
6.2	断线与单相接地连锁/并发故障诊断	124
第 7 章	配电网多源并发信息协同分析与融合方法	127
7.1	配电网中的并发信息源	127
7.2	配电网多源故障信息归类	129
7.3	配电网多源信息协同分析与深度挖掘方法	133
7.3.1	配电网故障分析相关知识生成原理	134
7.3.2	配电网故障分析相关知识生成方法	135
7.3.3	基于粗糙集知识生成方法的配电网用户投诉故障分析方法	138
7.3.4	配电网故障分析各要素间的映射关系	140
7.4	考虑信息不确定性的配电网多源信息融合方法	142
7.4.1	配电网多源信息融合故障分析	142
7.4.2	数据融合技术	143
7.4.3	基于概论和统计模型的不确定性问题处理方法	146
7.4.4	知识融合技术	153
7.4.5	多级别配电网信息融合故障分析模型	160

<b>第 8 章</b>	<b>配电网风险辨识及预警方法</b>	164
8.1	配电网风险辨识的难题	164
8.2	配电网风险定义及特征	164
8.2.1	配电网风险定义	164
8.2.2	配电网风险特征	165
8.3	配电网风险隐患发生及演变机理	165
8.4	配电网风险隐患挖掘机理及理论方法	167
8.5	基于状态转移的配电网风险预警方法	170
8.5.1	基于隐马尔可夫模型的铁磁谐振过电压风险预警机理	172
8.5.2	铁磁谐振过电压风险预警的隐马尔可夫模型建模	173
8.5.3	算例分析	174
8.6	基于概率统计的配电网风险预警方法	182
8.6.1	配电网故障停电概率风险评估及预警方法	183
8.6.2	基于机器学习和时间序列的配电网区域故障次数预测方法	198
8.7	配电网风险辨识方法	202
8.7.1	风险辨识的基本信息	202
8.7.2	可辨识的配电网风险及分类	202
8.7.3	多源信息融合的配电网风险辨识方法	204
8.8	配电网连锁并发故障风险辨识	214
8.8.1	配电网连锁并发故障风险演变	214
8.8.2	配电网连锁并发故障风险特征及辨识机理	215
<b>第 9 章</b>	<b>含大规模分布式电源配电网风险评估及预警方法</b>	217
9.1	分布式电源对配电网风险的影响	217
9.2	风险影响因素	217
9.3	大规模分布式电源接入引起的主要风险	219
9.4	含大规模分布式电源的配电网电压波动风险预警方法	219
9.4.1	电压波动对配电网接纳分布式电源能力的制约机制	219
9.4.2	电压波动影响下配电网接纳分布式电源能力的边界模型	221
9.4.3	风险预警方法及仿真验证	223
9.5	含大规模分布式电源配电网电压升高风险预警方法	228
9.5.1	分布式电源接入引起的电压升高风险机理及风险辨识关键点	229
9.5.2	分布式电源接入引起的电压升高风险预警模型及方法	230
9.5.3	仿真验证	230
9.6	含大规模电动汽车充放电装置的配电网电压暂降风险预警方法	235
9.6.1	含电动汽车配电网电压暂降风险发生及辨识机理	235

---

9.6.2 含电动汽车配电网电压暂降风险预警模型及方法·····	239
9.6.3 含电动汽车配电网电压暂降风险预警信息·····	240
<b>第 10 章 配电网风险预防控制方法·····</b>	<b>241</b>
10.1 配电网风险预防控制总体思路·····	241
10.2 风险预防控制策略·····	242
10.3 配电网运行层面风险预防控制方法·····	243
10.3.1 电压升高风险预防控制·····	243
10.3.2 低电压风险预防控制·····	258
<b>参考文献·····</b>	<b>265</b>

# 第1章 绪 论

## 1.1 配电网结构特征与发展趋势

经过多次大规模配电网建设改造以及分布式电源、以电动汽车充放电为代表的柔性负荷的接入,我国配电网得到了较快发展,逐渐成为具有复杂结构、复杂运行方式和复杂环境特征的有源智能供电系统。

配电网结构演变大致经历了以下几种结构形态。

### 1) 辐射结构

辐射结构是配电网发展的最初结构形态,如图 1.1 所示。辐射结构具有单电源、无联络、串联供电、运行方式单一等特征,其控制设备为不具有遥测和遥控功能的普通开关和重合闸,主要目标为满足基本用电需求,保障一定的供电可靠性,可靠率为 99.2%~99.9%,年户均停电时间为 8~70h。在运行控制分析方面,它侧重于简单的保护控制,主要采用变电站出口主保护和重合闸配合的方式实现。

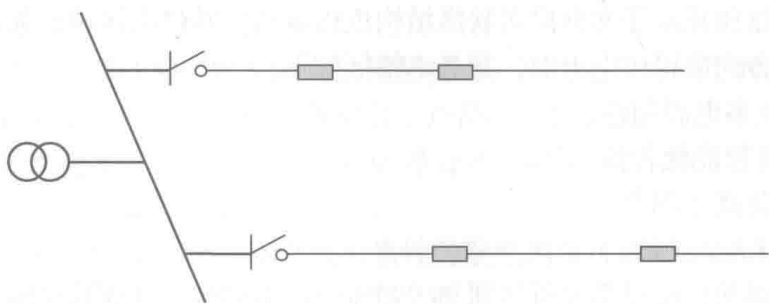


图 1.1 辐射结构

### 2) 手拉手联络结构

手拉手联络结构(图 1.2),又称单环网、双环网结构。相对于辐射结构,手拉手联络结构有如下特征:

- (1) 双电源、单联络。
- (2) 遥测/遥控功能的开关、重合闸。
- (3) 闭环设计、开环运行。
- (4) 运行方式可调。

该结构在实现有电可用的基础上,可提高供电可靠率。供电可靠率通常为 99.9%~99.99%,年户均停电时间为 50min~8h。

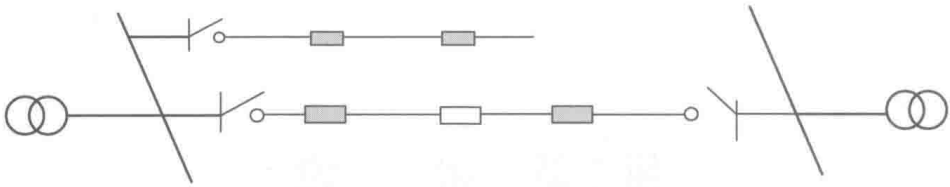


图 1.2 手拉手联络结构

手拉手联络结构运行安全保护的主要技术手段是馈线自动化，自动实现故障诊断和隔离。

### 3) 多分段多联络结构

多分段多联络结构是在手拉手联络结构的基础上增加了分段和联络电源，其基本特征如下：

- (1) 3~5 分段、多电源。
- (2) 具有一定的自动化装备。
- (3) 网-荷相互影响、作用复杂。
- (4) 运行方式多样。

多分段多联络结构在实现自动化的基础上，使供电可靠率达到 99.99%~99.999%，年户均停电时间为 5~50min，其实现的技术手段主要是高级配电自动化。

### 4) 网络状结构

网络状结构相对于多分段多联络结构更加复杂，其供电区域、关键供电节点可以从多个方向取得供电电源，其基本特征如下：

- (1) 节点多电源相连。
- (2) 具有智能化装备。
- (3) 网-荷高度耦合。
- (4) 运行方式灵活。

网络状结构供电可靠率可达到 99.999%~99.9999%，年户均停电时间为 30s~5min。当供电可靠率达到 99.995%以上时，结构、设备对提高供电可靠性的作用降低，运行控制对提升可靠性的作用突出。网络状结构运行控制的实现技术手段包括自愈控制、智能分析与控制。

随着分布式电源的发展，配电网将逐步成为有源网络。源-网-荷、多级配电网间交互复杂，特别是大型城市配电网，结构、运行、控制等日益复杂，逐渐呈现“3C(complex)”特征：①网络拓扑多分段、多联络，结构复杂；②与上级输电网及下级用户高度耦合，环境复杂；③运行方式多样且多变，运行复杂，这导致故障诊断与处理、运行控制困难，因此亟须改变传统事故发生后被动处理和响应方式，以实现安全运行的主动控制。

## 1.2 自愈型配电网安全运行主动控制的概念

自愈型配电网是指具有自愈特征、可以自己“治愈”自己的配电网,即通过连续不断地评估从而发现、分析问题,再采取正确措施来解决问题,需要时还可快速恢复配电网中某些部件,以实现配电网的安全、可靠运行。

自愈型配电网的安全和可靠是两个紧密相关而又不完全相同且有不同内涵的概念。安全强调不出现人身、火灾等公共安全及大面积停电事故,而可靠是综合衡量电能质量合格与否以及中断供电时间长短,两者并不相同。从指标上看,供电可靠率较高时,仍可能发生严重安全事故,而安全事故多发甚至严重时,也可能会有较高的供电可靠率。

配电网安全运行主动控制是在配电网运行过程中,采取必需的分析、控制技术手段,提前、主动介入配电网运行,防范配电网发生大面积停电以及人身、火灾、设备损毁等公共安全事故。

配电网安全运行主动控制技术的关键是提前发现存在的安全隐患并将其快速处置,以态势感知、虚拟测量、风险预警、状态检修、安全防护、优化控制、在线辅助决策等技术为支撑,有效阻断配电网大面积停电演化过程,消除或减小事故影响,防范公共安全和大面积停电,提高供电可靠性。

配电网安全运行主动控制的作用主要体现在以下四个方面:

- (1) 提升配电网抵御风险和应对故障的能力,减少户均停电时间。
- (2) 有效减少因停电造成的设备损毁、产品报废损失。
- (3) 提升配电网光伏发电、风力发电等分布式电源的接纳能力,促进新能源发展与利用。
- (4) 改变依靠重复建设提高供电可靠性的配电网发展方式,促进配电网安全优质、经济高效的发展。

配电网安全运行主动控制是一个综合性问题,涉及配电网结构,以及配电自动化、信息化、运维等各个方面,是一个极其复杂的系统工程。

## 1.3 配电网安全运行主动控制的技术体系

大量配电网安全事故发生都存在两个共同点:①潜在风险未能及时识别,突破边界发生故障;②故障未及时控制,持续传导至配电网薄弱环节,形成连锁、大面积停电事故(如图 1.3 所示)。不同的中间状态均具有一定的特征,事故状态向下一状态转移具有从秒级到分钟/小时级的时间间隔,在技术特征和时间上为实现主动控制提供了基本条件。

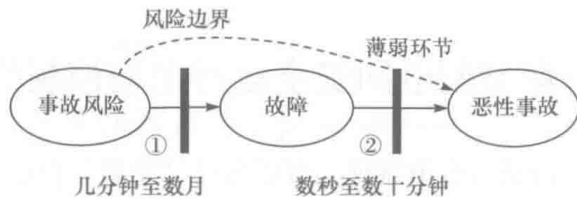


图 1.3 配电网事故演变示意图

图 1.4 给出了“事前预防风险演变-事中阻断故障连锁-事后快速供电恢复”的配电网安全运行三级主动防御控制体系，一级防御通过在线风险辨识与预防，避免潜在风险向故障转化及人身触电、火灾等安全事故发生；二级防御通过故障精确诊断与快速阻断，避免大面积停电和故障危害扩大；三级防御通过自愈控制，快速恢复供电，使配电网回到正常运行状态。

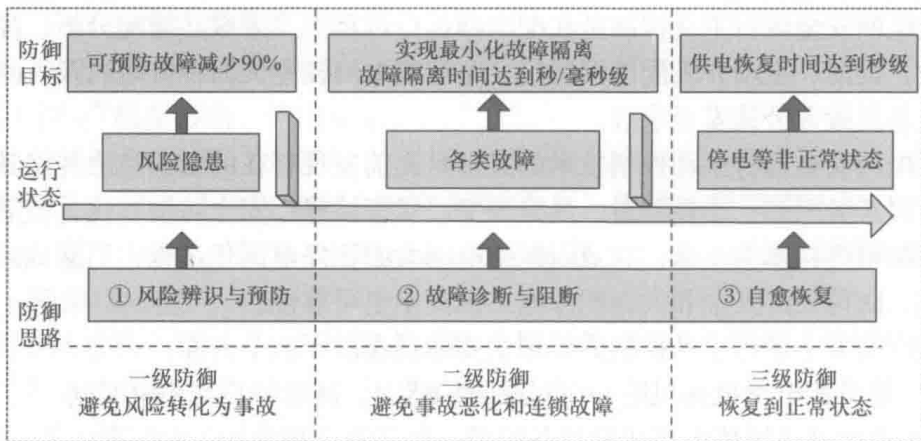


图 1.4 配电网安全运行主动防御控制体系

## 1.4 配电网安全运行主动控制的功能特征

配电网安全运行主动控制主要实现以下功能：配电网状态监测及状态评估，配电网事故预警及动态故障诊断，配电网风险预防控制，配电网事故处理及安全防护，配电网自然灾害应对，配电网的智能分析、仿真、计算及决策等。配电网安全运行主动控制的功能特征主要体现在事故的预见性和及时性、防御的动态性、控制的自适应优化性、时空综合协调性，以及应急预案的前瞻性，具体体现在以下几个方面：

(1) 配电网主动控制对配电网事故前的征兆和典型特征具有良好的预见性和及时性，能及时发现配电网运行的异常现象或薄弱环节，并进行及时预警。

(2) 配电网主动控制的功能既涉及配电网静态分析方面的问题，也支持对实际已发生的动态行为的分析以及对潜在动态行为的预测和决策。

(3) 在配电网预防控制和紧急控制过程中，能不断地跟踪配电网拓扑和工况

的变化,及时更新最优决策,具有自适应优化的功能特性。

(4) 在自适应优化的基础上,配电网的主动控制还能实现各控制功能之间的时空协调,在大面积停电演化过程的不同阶段能最大限度地缓解或终止电力灾变。

(5) 配电网的主动控制在配电网规划、建设、运营、维护及管理等方面的应急预案的制定,为事故的预防、灾害应对以及事故后的快速恢复提供了指导,具有前瞻性的功能特性。

#### 1) 配电网状态监测及状态评估

灾害的发生及其演变过程中,需要识别配电网的各类异常运行状态,根据配电网的实时运行信息以及外部灾害信息,判断设备或配电网异常运行状态与外部灾害的关联性。配电网主动控制在实现配电网安全稳定实时预警的同时,可进行配电网运行状态监测与评估,实现配电网实时监视功能和超前预警功能,为配电网调度运行人员防范配电网运行状态越限提供决策建议。

#### 2) 配电网事故预警及动态故障诊断

配电网安全运行主动控制可根据配电网运行信息、环境变化信息,在配电网状态评估的基础上,对配电网可能出现的故障、问题提出警告及处理措施;对已出现的故障快速诊断出故障类型、故障位置及故障影响等。

#### 3) 配电网风险预防控制

配电网安全运行主动控制根据配电网运行状态及配电网预警情况,对配电网进行控制调节,以避免事故的发生或使发生的故障对配电网的影响、危害降到最小。

#### 4) 配电网事故处理及安全防护

按照采集到的实际工况,搜索并刷新最优的紧急控制决策。在配电网发生故障时,能可靠捕捉完整的暂态和动态过程,正确判断故障的具体场景,提取深层知识以支持调度决策。

#### 5) 配电网自然灾害应对

在故障发生后,采用限制事故范围、防止事故扩大、减小事故影响及损失的控制措施,并尽快恢复供电。在配电网灾害发生前,采取预防控制,在配电网灾害发生后,统筹考虑社会经济、配电网资源,兼顾全局与局部利益,采取限制事故范围、防止事故扩大、减小事故影响及损失的控制措施,确保重要负荷的持续供电,并分级、分区逐步恢复配电网供电。

#### 6) 配电网的智能分析、仿真、计算及决策

配电网安全运行主动控制体系的一个重要体现是决策智能化。衡量智能化的一个重要标准是:所做出的决策是否能随着环境变化而变化,并将未来可能发生的事件也作为决策的一部分加以考虑。配电网主动控制中的智能决策具有处理不确定事件的能力,能识别环境中随时发生的各种事件及可能发生的事件,通过搜索找到最优安全控制方案。

## 第2章 配电网层次递阶主动控制模型

### 2.1 配电网主动控制顶层结构

#### 1. 配电网主动控制层次结构设计

配电网是一个复杂的大系统，具有规模庞大、结构复杂、功能综合、影响因素众多等特点。配电网主动控制考虑的因素较多，涉及配电网的各个方面，可以采用分层分布控制体系。该控制体系由相互嵌套和衔接的多个部分组成，包括：

- (1) 监测/保护层。
- (2) 局部区域主动控制层，主要实现与变电站自动化、配电自动化的协调应用。
- (3) 全局主动控制层，位于配电网调度控制中心，处于协调层的配电网监控系统，实现与调度自动化、地理信息系统(GIS)等的协调应用。
- (4) 应用分析与信息交互层。

数据流、业务流贯穿各个层次，各个层次有机结合起来组成配电网主动控制系统，如图 2.1 所示。

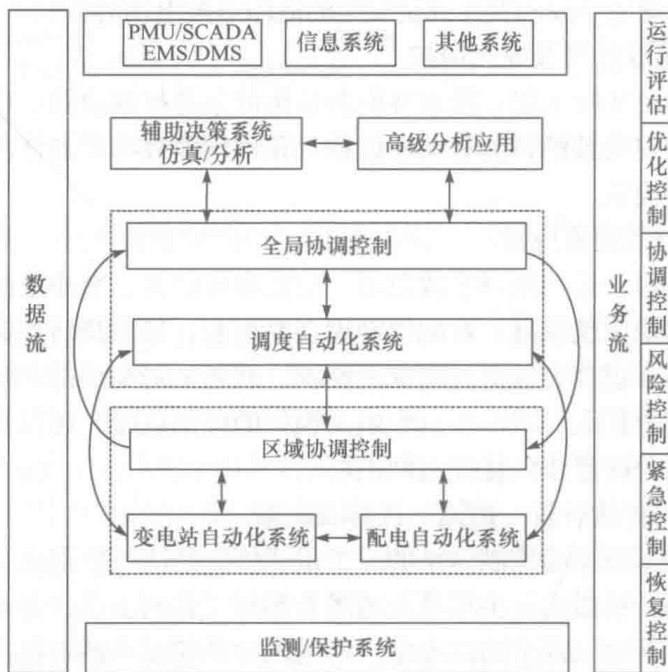


图 2.1 配电网主动控制系统架构设计图

PMU 代表相量测量单元；SCADA 代表数据采集与监控系统；EMS 代表能量管理单元；DMS 代表配电管理单元

## 2. 配电网主动控制功能设计

配电网主动控制主要包括以下内容。

(1) 配电网主动控制系统。

(2) 配电网主动控制应用, 包括:

① 配电网状态监测及状态评估。

② 配电网运行优化。

③ 配电网事故预警及动态故障诊断。

④ 配电网风险预防控制。

⑤ 配电网事故及自然灾害应对。

⑥ 配电网仿真及决策。

(3) 配电网主动控制需要的五种支撑如下:

① 配用电统一信息支撑平台(含用户用电信息采集平台)。

② 配电网分析与仿真平台。

③ 变电站自动化、配电自动化、调度自动化、抄表自动化及分布式电源自动化等自动化系统。

④ 配电网通信系统。

⑤ 配电网电源管理单元装置。

以上内容可以概括为一套系统、五种支撑、六项应用, 如图 2.2 所示。

配电网主动控制包括六种基本控制: ①直接控制; ②最优化控制; ③风险预防控制; ④紧急控制; ⑤恢复控制; ⑥协调控制。

(1) 直接控制对应配电网的二次保护及操作设备, 是主动控制的快速反应和各应用功能的操作指令执行层。

(2) 最优化控制对应配电网的正常运行状态, 是配电网的常态控制。当配电网处于正常运行状态时, 最优化控制通过仿真、优化, 提出配电网更经济、更安全可靠运行方式, 并通过直接控制将配电网调整到优化运行状态。

(3) 风险预防控制是指当配电网介于故障与正常运行状态时, 采取使配电网恢复到正常运行状态或者减少配电网事故发生范围的控制措施, 主要针对过负荷、过热、过电压、设备隐故障以及即将发生的自然灾害等风险运行状态进行控制。

(4) 紧急控制是故障发生过程中采用的主动控制措施。对于发生过程极短的故障, 紧急控制通常由直接控制完成; 对于发生过程相对较长的故障, 紧急控制根据事故发展变化的不同情况、不同阶段, 采取相应的措施避免事故的恶化, 减小事故影响范围。