

电气工程
新技术丛书

配电网故障诊断

何正友 编著



西南交通大学出版社
[Http://press.swjtu.edu.cn](http://press.swjtu.edu.cn)

电气工程新技术丛书

配电网故障诊断

何正友 编著

西南交通大学出版社

· 成 都 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

配电网故障诊断 / 何正友编著. — 成都: 西南交通大学出版社, 2011.1

(电气工程新技术丛书)

ISBN 978-7-5643-1007-3

I. ①配… II. ①何… III. ①配电系统—故障诊断
IV. ①TM727

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第259175号

电气工程新技术丛书

配电网故障诊断

何正友 编著

责任编辑	黄淑文
特邀编辑	宋彦博
封面设计	本格设计
出版发行	西南交通大学出版社 (成都二环路北一段111号)
发行部电话	028-87600564 87600533
邮政编码	610031
网 址	http://press.swjtu.edu.cn
印 刷	成都蜀通印务有限责任公司
成品尺寸	170 mm × 230 mm
印 张	12.5
字 数	224千字
版 次	2011年1月第1版
印 次	2011年1月第1次
书 号	ISBN 978-7-5643-1007-3
定 价	25.00元

图书如有印装质量问题 本社负责退换
版权所有 盗版必究 举报电话: 028-87600562

前 言

配电网作为电力网的末端，直接与用户相连，它能敏锐地反映用户对供电安全、品质等方面的要求，其运行安全性、可靠性和经济性直接关系到社会生产与人们的生活。配电网一旦发生故障，就会造成社会生产的巨大损失，给人们的生活带来极大的不便。

据统计，电力系统中 80% 以上的故障来源于配电网。因此，高自动化水平的配电网故障诊断系统是社会经济发展和人民生活质量提高的重要保障。配电网故障诊断的主要作用在于：当配电网发生故障或处于异常运行状态时，可以快速地模拟出需要隔离的区域和所要操作的开关，并根据实际停电状况及时地给出故障隔离后的最佳供电恢复方案，以显著地缩短停电时间、缩小故障停电面积和降低停电损失；同时，通过配电网电能质量扰动分析，可以给出全面的扰动分析结果，为扰动的治理及决策制定提供依据，保证电力供给品质和电力系统安全、经济运行。因此，对配电网故障诊断的深入研究，不仅有利于提高供电部门的故障处理水平，也有利于今后配电网管理系统的迅速建立，可望有效地提高供电可靠性、改善供电质量。

鉴于此，本书作者将配电网故障选线、故障定位与恢复重构以及配电网电能质量扰动分析纳入配电网故障诊断体系。作者总结多年教学和科研的心得体会，同时吸纳国内外同行的研究成果，对电力系统和铁路系统配电网故障诊断理论与方法的研究作了一个初步总结。

全书包括以下 8 章内容：第 1 章简要介绍了配电网的基本概念，配电网故障诊断的数据源、内容、目的和意义，同时分析了配电网故障诊断的难点并作出展望；第 2 章详细介绍了配电网的构成，包括配电网基本设备、网络结构、中性点接地方式以及配电自动化系统；第 3 章对配电网单相接地故障进行了故障特征分析，包括稳态分析、暂态分析以及基于相模变换的故障模量分析；第 4 章总结了现有的配电网故障选线方法，包括利用故障稳态信息、故障暂态信息以及融合信息的选线方法，同时分析了其难点和发展趋势；第 5 章阐明了基于矩阵运算、过热弧搜索、人工智能方法和注入法的配电网故障定位方法，并简要介绍了配电网故障后恢复重构的数学模型；第 6 章重点阐述了电能质量扰动分析方法，包括电能质量扰动检测、识别和扰动源定位

方法，同时分析了电能质量扰动分析的难点；第7章系统论述了铁路配电网故障诊断方法，首先简要介绍了铁路配电网及其特点，然后给出了自闭/贯通线路单相接地故障分析方法，分析了自闭/贯通线路典型故障的原因，并给出了处理方法。最后重点介绍了基于FTU和S注入法的自闭/贯通线路故障定位方法；第8章构建了铁路配电网故障信息管理及诊断系统框架，分析了该系统应具备的功能和结构，并详细介绍了一个应用实例——铁路配电网故障信息管理及诊断系统（Fis I1.0.0）。

本书由何正友教授编著。参与本书整理工作的有臧天磊、张钧、贾勇、张海平、张海申、叶德意、陈双与吴双等博士、硕士研究生，在此向以上学生的付出表示衷心的感谢！

本书有幸得到了国家自然科学基金（No.50407009 小波熵理论及其在电力系统故障检测与分类中的应用、No.50877068 基于信息论的多信源电网故障诊断方法与系统研究）、教育部优秀新世纪人才项目基金（No.NCET-06-0799 基于信息理论的电力系统故障诊断系统理论及实现）、四川省青年基金项目（No.06ZQ026-012 信息熵的泛化及其在电网故障诊断中的应用研究）、教育部高等学校博士学科点专项科研基金（No.200806130004 基于单端行波自然频率提取的输电线路故障测距新方法）和中铁第四勘察设计院集团有限公司项目（铁路配电网故障信息管理与故障诊断系统研究）等项目的资助，同时还得到了西南交通大学电气工程学院及国家轨道交通电气化与自动化工程技术研究中心同事的鼎力支持，特此致谢！

在本书的撰写过程中，作者参考和引用了国内外同行专家和学者的相关研究成果，在此谨向他们表示由衷的谢意！

感谢西南交通大学出版社社长兼总编辑张雪以及编辑宋彦博等老师为本书的出版所做的辛苦工作！

编写本书，旨在抛砖引玉，为电力系统及其自动化和轨道交通电气化与自动化等专业的研习者和从事相关工作的人员提供参考。但百密难免一疏，由于作者水平有限，书中难免存在疏漏和不妥之处，期待与广大读者深入交流，并敬请各位专家、同行学者和相关技术人员不吝赐教。

何正友

2010年10月于西南交通大学

目 录

第1章 概 述	1
1.1 配电网	1
1.2 配电网故障诊断的信息源和诊断内容	3
1.3 配电网故障诊断的目的和意义	6
1.4 难点与展望	7
参考文献	8
第2章 配电网的构成	9
2.1 配电网的基本设备	9
2.2 配电网的网络结构	13
2.3 配电网的中性点接地方式	17
2.4 配电自动化系统	20
参考文献	23
第3章 配电网单相接地故障分析	24
3.1 引 言	24
3.2 配电网单相接地故障稳态分析	24
3.3 配电网单相接地故障暂态分析	28
3.4 故障模量分析	34
参考文献	38
第4章 配电网故障选线	39
4.1 引 言	39
4.2 基于故障稳态信息的选线方法	40
4.3 基于故障暂态信息的选线方法	44
4.4 基于信息融合的选线方法	54
4.5 配电网故障选线的难点和发展趋势	66
参考文献	67

第5章 配电网故障定位与重构	68
5.1 引 言	68
5.2 基于矩阵运算的故障定位方法	69
5.3 基于过热弧搜索的故障定位方法	71
5.4 基于人工智能的故障定位方法	80
5.5 基于注入法的故障定位方法	87
5.6 配电网重构	93
参考文献	96
第6章 配电网电能质量扰动分析	98
6.1 引 言	98
6.2 电能质量扰动检测	100
6.3 电能质量扰动识别	104
6.4 电能质量扰动源定位	110
6.5 电能质量扰动分析的难点	115
参考文献	116
第7章 铁路配电网故障诊断	118
7.1 引 言	118
7.2 铁路配电网简介及其特点	118
7.3 自闭/贯通线路单相接地故障分析	126
7.4 自闭/贯通线路典型故障原因分析与处理方法	143
7.5 基于FTU的自闭/贯通线路故障定位方法	150
7.6 基于S注入法的自闭/贯通线路故障定位方法	158
参考文献	173
第8章 铁路配电网故障信息管理及诊断系统	174
8.1 引 言	174
8.2 系统的功能和结构	174
8.3 铁路配电网故障信息管理及诊断系统 (Fis I1.0.0) 简介	181
参考文献	193

第1章 概述

1.1 配电网

在现代电力系统中，大型的发电厂往往远离负荷中心，发电厂发出的电能一般要通过高压或超高压输电网络输送到负荷中心，然后在负荷中心由电压等级较低的网络把电能分配到不同电压等级的用户。这种在电力网中主要起分配电能作用的网络就称为配电网（distribution network）。它由架空线、电力电缆、配电变压器、开关以及变电站等设备组成，其功能是从输电网或地区发电厂获取电能，并组成多层次的配电网络，将电能安全、可靠、经济地分配给用户。

1.1.1 配电网的分类

依据不同的分类方式，可将配电网分为不同的类型。

根据电压等级的不同，配电网可分高压配电网（110 kV, 66 kV, 35 kV）、中压配电网 [10 (20) kV] 和低压配电网（380/220 V）。世界上许多国家仍依照传统习惯将 10 kV 及其相邻电压称为一次配电电压，将 380/220 V 及其相邻电压称为二次配电电压，而将 110 kV、66 kV、35 kV 等曾经在电网发展历史中起过输电作用的电压称为次输电电压，但在性质上仍将其列入配电电压一类。也有些国家主张将电压等级明确划分为三类：输电电压、次输电电压与配电电压。我国则把被这些国家称为次输电电压的电压称为高压配电电压，以突出其配电性质。

根据供电地域特点和服务对象的不同，配电网可分为城市配电网和农村配电网。

根据配电线路形式的不同，配电网可分为架空配电网和电缆配电网。根据体系结构的不同，配电网可分为辐射状网、树状网和环状网等。

1.1.2 对配电网的基本要求

对配电网的基本要求是：在具有充分供电能力的前提下，满足供电可靠性、合格的电能质量和运行的安全性和经济性等要求^[1]。

(1) 供电可靠性。对配电网原则上要求停电的次数最少，而且每次停电所影响的用户数和持续时间尽可能降至最小限度。规划配电网时应满足电网供电安全准则（N-1 准则）和用户供电可靠率高、恢复供电目标时间短等要求。

(2) 合格的电能质量。这主要是要求配电网的电压保持在规定的电压波动范围之内。考察电能质量的指标包括供电电压允许偏差、电压允许波动值、三相电压允许不平衡度、注入电网的谐波电流及电压畸变率、电压闪变值等。

(3) 安全性和经济性。这是要求网络完善、合理，与社会发展和环境保护协调一致，陈旧设备得到更新，电网技术水平的先进程度符合运行要求，以保证安全运行并最大限度地降低电能损耗。

1.1.3 配电网的特点

配电网相对于输电网来说，其电压等级低、供电范围小，但与用户直接相连，是供电部门对用户服务的窗口，因而配电网的运行一般具有如下特点：

(1) 为了提高供电可靠性，配电系统在设计时一般采用闭环结构，各配电馈线之间通过联络开关相互连接。而为了故障定位和继电保护整定的方便，在正常运行情况下，配电网结构一般又呈严格辐射状。

(2) 配电系统的线路类型众多，包括架空线路、地下电缆等。线路的电阻与电抗比值一般远较输电线路大，其并联电导和容纳很小，一般情况下可以忽略不计。

(3) 配电系统的设备数量众多（如环网开关、重合器、分段器等）且沿配电馈线分布，并且设备所处的气候环境一般较为恶劣。

(4) 配电系统的运行与用户用电情况紧密相关，因此它常处于三相不平衡运行状态。

(5) 配电系统不必考虑电力系统暂态稳定性问题，也不必细致地考虑负荷的动态特性。

(6) 我国的配电网还有一个显著特征，就是在电压等级为 6~66 kV 的配电网中广泛采用中性点不接地或者经消弧线圈接地的方式。这种系统属于小电流接地系统。小电流接地系统的故障绝大多数是单相接地短路故障，其显

其特征是在发生单相接地故障时不形成低阻抗短路回路，故障电流非常小，电网线电压仍然对称，允许供电 1~2 h，从而提高了系统运行可靠性。尤其在瞬时故障条件下，短路点可以自行灭弧、恢复绝缘，这对保证供电的连续性具有非常积极的意义^[2]。因此，本书的研究重点也是小电流接地系统，若无特别说明，本书中所涉及的配电系统均为小电流接地系统。

配电系统作为电力系统的最后一个环节直接面向终端用户，它的完善程度直接关系到广大用户的用电可靠性和用电质量，因而它在电力系统中具有重要的地位。

1.2 配电网故障诊断的信息源和诊断内容

1.2.1 故障诊断的信息源

配电网发生故障时，首先反映的信息是电网各节点电压、支路电流等电气量的变化，其次是保护装置依据电气量信息判断故障后生成的保护动作信息或者报警信息，最后是由保护跳开相应的开关以隔离故障时断路器的动作信息。随着科技的不断发展和技术的不断完善，大量配电网自动化装置能够将上述信息测量并记录下来，为配电网故障诊断提供充足的信息源。按照现场的情况，这些装置将测得的信息上送至变电站层的分站，分站对信息进行初步处理，再上送至调度层的主站。配电网故障诊断系统所采用的信息源主要包含以下三类：测控-变电站自动化系统信息、保护信息以及录波信息。如图 1.1 所示为各种信息上送的情况^[3]。

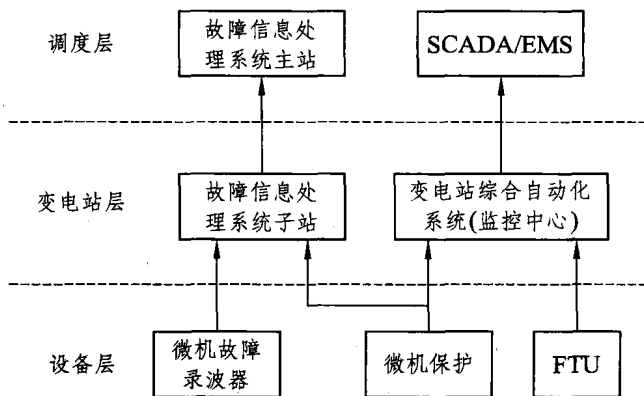


图 1.1 配电网故障诊断信息源上送情况

1. 测控信息

测控装置将采集到的测量信息和断路器状态信息上传至综合自动化系统，综合自动化系统将信息进行初步处理，再上送至调度端 SCADA 系统。SCADA 系统主要采集三种量：状态量、量测量和电气量。对于配电网故障诊断系统来讲，可使用的是状态量，包括：断路器状态、隔离开关状态、各种保护和自动装置信号以及 FTU 的报警信号等。其中，断路器状态信息和 FTU 的报警信息是配电网故障诊断的主要依据之一。这些状态量由 0-1 二进制位表示，通过 0-1 的变化表示各种运行设备的位置和发出的信号，一般表示为合-分以及动作-复归。SCADA 系统信息刷新时间为秒级。

2. 保护信息

保护装置将保护信息同时上传至综合自动化系统和故障信息处理系统子站。

综合自动化系统对保护信息进行过滤，将部分信息上送至调度端 SCADA 系统。它所采集的保护动作信息直接对应于现场保护装置的继电器的节点，而这些节点大多是公用的出口节点，如××线路保护动作，并没有详细表达具体动作的保护类型和时间段。

故障信息处理系统子站采集变电站内的微机保护装置报发的各种事件报告，主要包括保护装置的動作信息、保护报文等，并将各种信息集中、分类处理，上送至故障信息处理系统主站，供调度端进行故障分析使用。保护信息到达调度中心的时间同样为秒级。

3. 录波信息

故障录波分为集中录波和分散录波两种形式。集中录波一般通过 RS232/485、电话拨号和以太网通信接入子站；对于分散录波，一般都有录波网，可以直接接入子站。此处接入的子站可能是录波子站，也可能是故障信息处理系统子站，这将视厂站的实际情况而定。但无论是接入哪个子站，最终都是将信息送入调度中心。

录波信息提供故障状态下的暂态数据，为电力系统故障分析及对各种保护动作行为的分析和评价提供了主要依据。由于录波器联网、数据远传及综合数据处理的逐渐实现，要求不同厂家生产的录波器具备数据兼容的能力，输出的录波信息均按 COMTRADE 格式存储，以便于调度部门对数据进行综合分析处理。录波信息上送调度中心的时间约为 10 min。

1.2.2 故障诊断的内容

配电网故障诊断就是依据测控、保护、录波等故障信息，采用某种诊断机制来确定故障馈线、故障位置，并隔离故障区域，尽量减少停电面积和缩短停电时间；同时，对配电网电能质量扰动进行分析，给出全面的扰动分析结果，以便于电力工作人员掌握电网中电能质量扰动的实时状况，为扰动的治理及决策制定提供依据。借鉴输电网故障诊断体系，配电网故障诊断系统框架如图 1.2 所示^[4]。

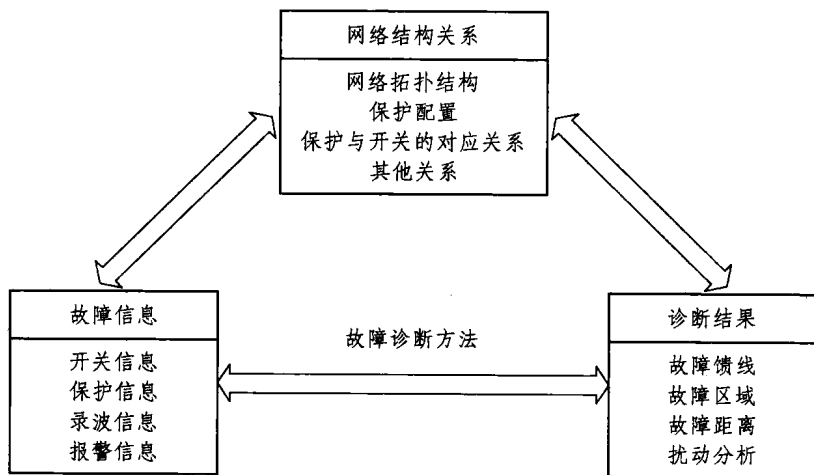


图 1.2 配电网故障诊断系统框架

配电网故障诊断主要包括故障选线、故障定位、故障隔离与重构和配电网电能质量扰动分析等内容。

1. 故障选线

我国在电压等级为 6~66 kV 的配电网中广泛采用中性点不接地或者经消弧线圈接地的方式。这种系统属于小电流接地系统，在上一节已对其优点进行了说明。其缺点是：随着系统容量的增大，馈线增多，尤其是电缆线路的大量使用，导致系统电容电流增大，长时间运行可能会发展成两相短路，也易诱发持续时间长、影响面广的间歇电弧过电压，进而损坏设备，破坏系统运行安全。为避免上述情况的发生，应尽快找到故障线路并排除故障。配电网故障选线是指当配电网发生单相接地故障时，根据 SCADA、录波器等提供的故障信息尽快选择出故障馈线，以便及时对故障进行排除，避免故障的扩大。

2. 故障定位、隔离与恢复重构

配电网故障诊断的重要内容之一就是当配电网发生故障时，快速准确定位和隔离故障区域，尽量减少停电面积和缩短停电时间。配电网故障定位是故障隔离、故障排除和供电恢复的基础和前提，它对于提高配电网运行效率、改善供电质量、减少停电面积和缩短停电时间等具有重要意义。故障定位是指根据 SCADA、保护、录波器等提供的故障信息来判断故障发生在馈线哪个区段或者是给出故障点与某个变电站（或配电所、开关站）出线端之间的距离，为故障分析和供电恢复提供条件。故障隔离与重构是指把永久性故障从配电网中隔离出来，以避免在故障恢复的过程中将故障区段再次连接到正常供电馈线上，并实现对无故障停电区域的最优恢复供电。

3. 配电网电能质量扰动分析

配电网电能质量扰动分析主要包括扰动检测、扰动识别和扰动源定位分析。扰动检测是判断扰动是否发生并确定扰动发生的起止时刻，以便记录扰动信号，它是后续电能质量扰动分析的前提；扰动识别是通过分析扰动电流、电压等电气量，确定扰动的类型；扰动源定位是分析电网中扰动源发生的位置。通过电能质量扰动分析，给出全面的扰动分析结果，能使电力工作人员掌握电网中电能质量扰动的实时状况，为扰动治理决策的制定提供依据，从而保证电力供给品质和电力系统安全、经济运行。

1.3 配电网故障诊断的目的和意义

作为电力网的末端，配电网直接与用户相连，它能敏锐地反映用户对供电安全、品质等方面的要求，其运行安全性、可靠性和经济性直接关系到社会生产与人们的生活。配电网一旦发生故障，就会造成社会生产的巨大损失，给人们生活带来极大的不便。

据统计，电力系统中 80% 以上的故障来源于配电网，因此，高自动化水平的配电网故障诊断是经济发展和人民生活质量提高的重要保障。加强配电网故障诊断的研究具有相当大的社会效益和经济效益，其主要目的在于：当配电网发生故障或运行异常时可以快速地模拟出需要隔离的区域和所要操作的开关，并根据实际停电状况及时给出故障隔离后最佳的供电恢复方案。故障后的快速诊断和供电恢复，能显著地缩短停电时间、减小停电带来的不便、

缩小故障停电面积和降低停电损失，并最终最大限度地提高供电部门的故障处理水平，确保供电可靠性、供电质量和系统安全稳定运行。同时，通过电能质量扰动分析，给出全面的扰动分析结果，能为扰动的治理及决策制定提供依据，以保证电力供给品质和电力系统安全、经济运行。由此可见，对配电网故障诊断的深入研究，有利于今后配电网管理系统的迅速建立，有利于有效地提高供电可靠性、改善供电质量。

1.4 难点与展望

随着配电网自动化系统的建设以及在配电网层面对智能电网研究的开展，配电网故障诊断系统的研究和实现受到了广泛关注。但与此同时，配电网故障诊断还存在以下三方面亟待解决的问题：

(1) 信息源的数据庞大问题。可用于故障诊断的数据数量庞大、来源广泛，这些数据在蕴涵信息上存在冗余，且在故障后短时间内涌入调度中心，使得操作人员人工诊断故障十分困难。随着我国配电网数字化和信息化进程的加快以及各类自动装置的安装，在系统发生故障时，将有大量的报警数据在短时间内上报主/子站，如故障录波数据、保护装置报警、断路器/开关跳闸数据等。这些数据数量庞大、蕴涵故障信息丰富，反映故障特征全面，如故障录波装置能记录开关和保护动作的顺序以及各电气量的波形，FTU可提供负荷开关变位信息以及馈线电压/电流的有效值，但如何有效利用这些数据是摆在研究者面前的一个课题。

(2) 信息的不确定性问题。可用于诊断研究的故障信息不仅数量庞大，而且具有不确定性这一重要特点，通常包括随机性和模糊性。一般认为这些数据可分为以下三类：一类是由设备本身的测量误差引起的，如TV/TA的测量误差；一类是通信信道带来的误差，这一类在配电系统中尤为突出，因为配电网报警信息大量来自户外的通信装置，其工作环境恶劣、温度变化范围较大，大多装设在电力线柱上或配电柜内，要承受高电压、大电流、雷电等干扰因素，而且配电网的通信点多且分散，难以采用统一的通信方式（在实际应用中，一般都采用混合的通信方式）^[5]，这些因素增加了上送故障信息的不确定性；最后一类则是一些启发性、语言性的模糊信息，如领域专家、调度人员的经验等。

(3) 故障智能识别方法选用问题。智能技术的应用是配电网故障诊断的

一个趋势,采用多种智能方法混合来实现配电网故障诊断是配电网故障诊断研究的发展趋势。配电网故障诊断是一个多层次、多种类问题的求解过程,需要综合利用多个信息系统的数据库,如各类保护装置报警信息、断路器/开关的变位信息以及电压/电流等电气量的特征进行分析,并利用保护动作的逻辑、连续量计算、运行人员的经验来判断可能的故障位置和故障类型。这一过程很难用传统的数学方法描述^[6],而人工智能技术善于模拟人类处理问题的过程,容易计及人的经验并具有一定的学习能力,所以 IEEE PES 2004 会议明确提出智能型故障诊断的概念。同时,我们必须认识到采用单一智能模式虽然使诊断性能有一定的提高,但不可能很好地解决故障诊断所面临的所有难题。

参考文献

- [1] 郑健超. 中国电力百科全书·输电与配电卷[M]. 北京: 中国电力出版社, 1995.
- [2] 贺家李, 宋从矩. 电力系统继电保护原理[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2003.
- [3] 李倩. 基于多信息源的分层故障诊断方法研究[D]. 华北电力大学硕士学位论文, 2007.
- [4] 毛鹏, 许扬, 蒋平. 输电网故障诊断研究综述及发展[J]. 继电器, 2005, 33(22): 79-86.
- [5] 侯玉琤, 束洪春. 配电网故障诊断方法综述[J]. 云南水力发电, 2007, 23(04): 13-17.
- [6] 毕天姝, 倪以信, 杨奇逊. 人工智能技术在输电网络故障诊断中的应用述评[J]. 电力系统自动化, 2000, 24(2): 11-16.

第2章 配电网的构成

2.1 配电网的基本设备

配电网是由多种配电设备（或元件）和配电设施组成的，用于变换电压并直接向终端用户分配电能的电力网络系统。采用不同的配电设备（元件）连接方式，可构成了不同结构的配电网。

配电设备按电压等级可分为高压配电设备和低压配电设备。习惯上，高压配电设备包含用于高、中压[110 kV, 35 kV, 10 (6.3) kV]配电系统的设备。低压配电设备则是用于低压（0.4 kV）配电系统的设备。

配电设备按功能可分为一次设备和二次设备。一次设备用于直接输送电能，如配电线路、配电变压器、自动调压器（或电压调整器）、配电电容器、（配电）母线和配电开关设备等都属于一次设备。二次设备用于实行系统的测量、保护与控制等，主要有：电流互感器（TA）、电压互感器（TV）、馈线终端单元（FTU）、变压器终端单元（TTU）、避雷器、故障指示器等。其中，馈线终端单元 FTU 又包括杆上 FTU、柱上 FTU、环网柜 FTU、开闭所 FTU 等。

配电系统由几种配电基本元件组成，其主要设施则包括配电变电站、馈线、开关站、环网柜等。下面扼要介绍几种常见的配电设备和设施^[1]。

2.1.1 配电变电站

配电变电站俗称变电所，是具备变换电压和分配电能功能的配电设施。最常见的配电变电站有 110 kV（高压配电）变电站、35 kV（高压配电）变电站和 10 kV（中压配电）变电站。其中，10 kV 变电站又可分为 10 kV 箱式变电站（简称箱式变）、10 kV 配电站（俗称配电室）和 10 kV 配电变压器台（简称变台）。

10 kV 箱式变电站用于从中压系统向低压系统输送电能。它是由 10 kV

开关设备、电力变压器、低压开关设备、电能计量设备、无功功率补偿设备、辅助设备和连接件等组成的成套配电设备，这些设备和元件在工厂里被预先组装在一个或几个箱壳内。

10 kV 配电站包含 10 kV 进线配电装置、配电变压器和低压配电装置，是仅带低压负荷的户内配电设施。10 kV 配电站分为 10 kV 户内配电站和 10 kV 地下配电站。10 kV 户内配电站是将设备安装在建筑物内的配电站。10 kV 地下配电站是将设备安装在地下建筑物内的配电站。

10 kV 变台是用于将中压降压到低压的简易集合式设备的总称，包含配电变压器、开关设备、测量设备及相关的附属设施等。10 kV 变台主要包括 10 kV 柱上变台、10 kV 屋顶变台和 10 kV 落地变台。10 kV 柱上变台指安装在一根或多根电杆上的 10 kV 变台，10 kV 屋顶变台指安装在屋顶的 10 kV 变台，10 kV 落地变台指安装在地面的 10 kV 变台。

2.1.2 馈 线

在我国，通常将 110/10 kV 或 35/10 kV 中压配电变电站（降压变电站）的每一回 10 kV 出线称为 1 条馈线。每条馈线由 1 条主馈线、多条三相或两相或单相分支线、电压调整器、配电变压器、电容器组、配电负荷、馈线开关、分段器、熔断器等组成。图 2.1 表示出了从同一中压配电变电站的同一条 10 kV 母线引出的 3 条馈线：馈线 F_1 、馈线 F_2 和馈线 F_3 。其中，馈线 F_1 和馈线 F_2 、馈线 F_2 和馈线 F_3 之间通过动合的联络开关相连。

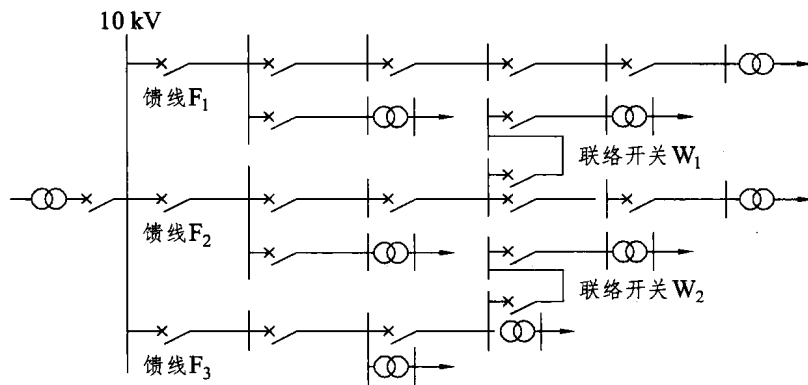


图 2.1 典型的配电馈线结构