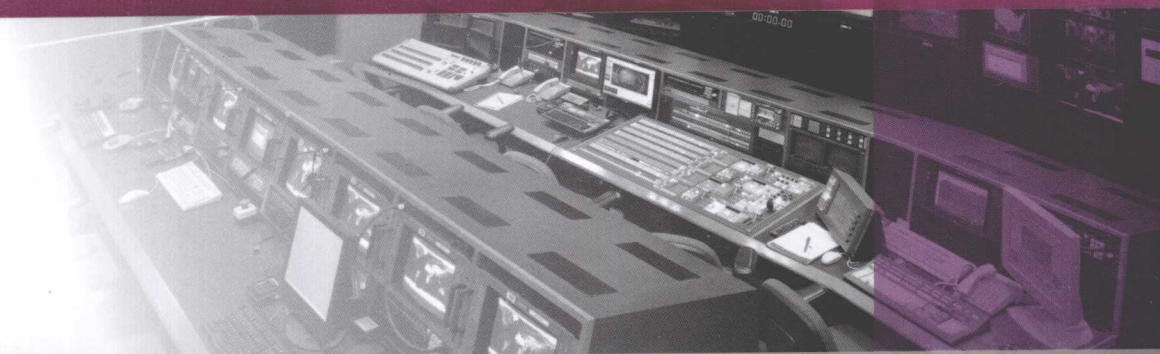




普通高等教育“十一五”国家级规划教材
电气工程、自动化专业规划教材

电器智能化原理及应用 (第3版)

宋政湘 张国钢 编著



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

013043449

TM5
13-3

普通高等教育“十一五”国家级规划教材
电气工程、自动化专业规划教材

电器智能化原理及应用

(第3版)

宋政湘 张国钢 编著



电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING



北航

C1651846

TM5
13-3

01308388

内 容 简 介

本书是一本系统介绍电器智能化原理及应用的教材,全书分为8章。第1章介绍智能电器和电器智能化的基本概念等内容;第2章说明智能电器一次设备的分类、功能和控制方法,分析了其智能控制的条件和原理;第3、4章主要介绍智能电器现场参量的类型、传感原理、测量电路的形式和元件选择,讨论参量的数字化处理方法和相关算法,并分析测量误差;第5章从硬件和软件两方面介绍智能电器监控器设计的基本原理;第6章介绍智能电器电磁兼容性的基本概念和设计原理,给出了相关的测试标准;第7章介绍与电器智能化网络有关的基础知识,分析电器智能化网络的特点和设计方法;第8章给出多种智能电器设计实例,说明智能电器及电器智能化网络的设计过程。

本书适合作为高等院校电气工程、自动化等相关专业本科生和硕士研究生的教材,也可作为电气工程领域各类电器方向研发进修班的培训教材,对从事电器智能化研发的科技人员也有很好的参考价值。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

电器智能化原理及应用 / 宋政湘, 张国钢编著. —3 版. —北京: 电子工业出版社, 2013.5

电气工程、自动化专业规划教材

ISBN 978-7-121-20378-7

I. ①电… II. ①宋… ②张… III. ①电器—智能控制—高等学校—教材 IV. ①TM5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 098683 号

责任编辑: 凌 毅

印 刷: 北京中新伟业印刷有限公司

装 订: 北京中新伟业印刷有限公司

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本: 787×1 092 1/16 印张: 16 字数: 400 千字

印 次: 2013 年 5 月第 1 次印刷

印 数: 3 000 册 定价: 36.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系。联系及邮购电话: (010)88254888。

质量投诉请发邮件至 zltts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线: (010)88258888。

前 言

电器是实现电路检测并完成电路接通或分断操作的设备,也是电力系统中最重要的保护设备。随着经济发展和社会进步,特别是目前广泛开展的智能电网建设,对电器运行的经济性、安全性和自动化程度提出了更高的要求,传统电器由于无法感知其运行过程中的故障类型,也不具备思维、判断和基于故障特征的智能操作等功能,因此难以适应现代电器工业发展的要求。智能电器融合了现代电器理论与电子信息技术,是开关电器适应现代电器工业发展的必然趋势。智能电器能够自动适应电网、环境及控制要求的变化,并保证自身与所控制保护的对象处于最佳运行工况。目前,智能电器及相关理论研究已经成为电器学科最重要的发展领域之一。

为了适应电器学科的发展需求,西安交通大学和电子工业出版社合作出版了《电器智能化原理及应用》教材,自2003年6月出版第1版(普通高等教育“十一五”国家级规划教材)、2009年1月出版第2版(普通高等教育“十二五”国家级规划教材)至今,已历10年。本教材的出版和使用,既为我国普通高等学校相关专业提供了一本比较系统、全面地阐述电器智能化理论及研发方法的教材,也为该领域的科技工作者提供了一本有益的参考书,受到了各方面的好评。从第2版出版后,随着智能电网建设的全面开展,电器智能化理论与技术得到了快速发展,应用领域更加广泛,设计技术大大提高,对于智能电器定义和功能的认识也发生了很大的变化。通过教材编著者近年来的教学和科研实践,感到第2版教材在对电器智能化基本概念的认识方面存在不足,且有些内容已落后于当前的发展,需要进行适当修改,使其更准确地反映电器智能化的概念、理论和技术。为此,在西安交通大学和电子工业出版社的大力推荐和支持下,编著者重新编写了《电器智能化原理及应用(第3版)》。

本书对智能电器和电器智能化的基本概念、智能电器的基本结构、软硬件设计原理、电磁兼容设计与电器智能化网络的结构与开发等内容进行了全面、系统的阐述,并给出了多种设计实例,以便读者理解学习。全书共分8章。第1章“绪论”,讨论了智能电器和电器智能化的基本概念、电器智能化的主要应用、国内外研究的发展现状和趋势,说明了本课程学习的内容和方法。第2章“智能电器的一次设备”,说明智能电器一次设备的分类和功能,分别介绍了各类开关元件操作控制方法,分析了实现其操作智能控制的条件和原理。第3章“现场参量及其检测”,重点讨论各类智能电器设备运行现场需要检测的工作参量类型和传感原理、常用测量通道的结构、电路形式和元件的选择,分析通道误差及其抑制措施。第4章“被测模拟量的信号分析与处理”,介绍了需要检测的各类现场模拟量信号常用的数字处理方法、测量和保护精度的概念及影响精度的主要因素,说明了数字处理方法引起的主要误差及减小误差的基本方法。第5章“智能电器监控器的设计”,从硬件和软件两方面介绍智能电器监控器设计的基本原理。硬件部分在讨论其整体结构和模块划分的基础上,分别阐述了中央处理与控制模块、开关量输出模块、通信模块、人机交互模块和电源模块常用电路结构、模块中的IC元件及其与处理器件的接口方法;软件部分给出了常用的设计模式及适用场合,重点分析了智能电器中实时多任务调度操作系统基本概念和设计方法。第6章“智能电器监控器的电磁兼容性设计”,系统地说

明了电磁兼容性的基本概念和电磁干扰的传播机制;从系统级和印制电路板级两个层面讨论智能电器电磁兼容性设计的原理和方法;给出了与智能电器电磁干扰相关的 IEC 标准和测试方法。第 7 章“电器智能化网络”,介绍与电器智能化网络有关的计算机通信网络和数字通信的基本知识,说明电器智能化网络的功能、结构和信息传输特点,并在介绍 IEC61850 协议的基础上着重讨论了电器智能化局域网的组成结构、运行方式和设计原理。第 8 章“智能电器及其应用系统设计实例”,通过低压断路器智能脱扣器、电能质量在线监控器、基于专用集成电路的智能电器监控器和变电站自动化系统的设计实例,说明智能电器及电器智能化网络的设计过程。

本书由西安交通大学电器教研室组织编写,宋政湘负责第 1 章中 1.1 节、第 3 章、第 4 章、第 6 章 6.1 节、第 8 章中 8.1~8.2 节的编写和全书统稿,第 5 章中 5.4~5.6 节、第 7 章和第 8 章中的 8.3~8.4 节由张国钢执笔编写,王汝文负责编写了第 1 章中 1.2 节和 1.3 节、第 2 章、第 5 章中 5.1~5.3 节和第 6 章中 6.2~6.3 节。

需要特别说明的是,本书是在总结西安交通大学电器教研室全体教师多年科研和教学工作的基础上编写完成的,是教研室全体教师辛勤工作的成果。同时,教材编写过程中还吸取了国内在这一领域中研发工作的宝贵经验。编著者也在此对从事电器智能化教学、科研和产品开发的全体同行专家致以崇高的敬意。

编著者还要感谢电子工业出版社对本书出版给予的关注、支持和帮助。

本书虽然是在第 1、2 版基础上改编的,但鉴于编著者对相关领域知识的了解深度和对电器智能化认识仍然存在局限,书中难免有不足和谬误之处,诚挚地希望广大读者给予批评和指正。

编著者

2013 年 5 月

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 电器智能化概述	1
1.1.1 智能电器与电器智能化的基本概念	1
1.1.2 智能电器的基本特征	2
1.1.3 智能电器的一般组成结构	3
1.1.4 电器智能化网络的结构和特点	5
1.2 电器智能化技术的应用	7
1.2.1 电器智能化在电力系统自动化中的应用	7
1.2.2 电器智能化在工业自动化中的应用	10
1.2.3 电器智能化在楼宇智能化管理中的应用	11
1.3 电器智能化技术的发展	11
1.3.1 智能电器监控器功能的完善与开发	12
1.3.2 监控器设计技术的现状与发展	13
1.3.3 电器元件工作机理的变革	18
1.3.4 电器智能化网络设计的现状与发展	19
1.4 本课程学习内容	20
本章小结	21
习题与思考题 1	21
第 2 章 智能电器的一次设备	22
2.1 智能电器一次设备的功能及分类	22
2.1.1 一次设备的基本功能	22
2.1.2 一次设备的分类	22
2.1.3 一次设备实现智能化的基本要求	24
2.2 断路器及其智能控制	25
2.2.1 传统断路器操动机构的工作特点和控制要求	25
2.2.2 永磁操动机构的基本工作原理及其控制	26
2.2.3 断路器的选相分/合闸操作	28
2.2.4 智能断路器监控器的功能和要求	30
2.3 接触器及其智能控制	31
2.3.1 接触器的特点及应用	31
2.3.2 接触器智能控制的目标及基本方法	33
2.4 其他一次开关元件	35
2.4.1 负荷开关	35
2.4.2 隔离开关	36

2.4.3 接地开关	36
2.5 成套开关设备	36
2.5.1 成套开关设备概述	36
2.5.2 常用成套开关设备及其智能控制	37
本章小结	40
习题及思考题 2	40
第 3 章 现场参量及其检测	42
3.1 智能电器现场参量类型及数字化测量方法	42
3.2 电量信号检测方法	43
3.2.1 基于电磁感应定律的电压、电流互感器	43
3.2.2 霍尔电流、电压传感器	51
3.2.3 光学电流、电压互感器	55
3.3 非电量信号检测方法	58
3.3.1 温度检测传感器及在智能电器中的应用	58
3.3.2 湿度检测传感器及应用	65
3.3.3 电器操动机构机械特性测量	66
3.4 被测量输入通道设计原理	69
3.4.1 输入通道的基本结构	69
3.4.2 模拟量输入通道中信号调理电路原理及常用芯片	71
3.4.3 多路模拟参量信号与 A/D 转换器的接口	76
3.4.4 模拟量采样环节设计原理及常用电路芯片	77
3.4.5 隔离概念及其措施	80
3.5 测量通道的误差分析	84
3.5.1 误差及其表示方法	84
3.5.2 智能电器监控器被测模拟量输入通道产生的误差	85
本章小结	86
习题与思考题 3	86
第 4 章 被测模拟量的信号分析与处理	88
4.1 被测模拟量的信号分类	88
4.2 被测模拟量的采样及采样速率的确定	89
4.2.1 采样速率对测量结果的影响分析	89
4.2.2 采样频率的选择	91
4.3 数字滤波	92
4.4 非线性传感器测量结果的数字化处理	94
4.4.1 直接算法	94
4.4.2 查表法	94
4.4.3 插值法	95
4.5 被测电参量的测量和保护算法	97
4.5.1 电压和电流信号的采样方法	97

4.5.2 常用的电量测量算法	97
4.5.3 基本保护算法	99
4.5.4 测量和保护计算的误差分析	104
4.5.5 常用提高计算结果精度的措施	107
本章小结	109
习题与思考题 4	109
第 5 章 智能电器监控器的设计	110
5.1 智能电器监控器的功能和硬件模块的划分	110
5.1.1 监控器的基本功能	110
5.1.2 监控器硬件功能模块的划分	111
5.2 中央处理与控制模块的一般结构和设计方法	113
5.2.1 中央处理与控制模块结构设计步骤	113
5.2.2 中央控制模块常用处理器件和外围电路芯片	119
5.3 其他功能模块的结构组成	123
5.3.1 开关量输出模块的结构组成	123
5.3.2 通信模块的基本功能和设计原则	127
5.3.3 人机交互模块的设计步骤	129
5.3.4 电源模块	133
5.4 监控器的时序设计	136
5.5 监控器的软件设计	137
5.5.1 监控器软件设计的基本要求	137
5.5.2 监控器软件常用的设计模式与适用场合	138
5.6 RTOS 及其在监控器软件中的应用	141
5.6.1 任务调度的概念和实时操作系统的分类	141
5.6.2 基于 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 的智能电器监控器软件设计	142
5.6.3 智能监控器软件的数据格式	145
本章小结	148
习题与思考题 5	149
第 6 章 智能电器监控器的电磁兼容性设计	150
6.1 电磁兼容概述	150
6.1.1 电磁兼容基本概念	150
6.1.2 智能电器电磁兼容的研究进展	153
6.2 智能电器监控器的电磁兼容性设计问题	155
6.2.1 监控器受到的主要干扰	155
6.2.2 监控器的系统级电磁兼容性设计	156
6.2.3 监控器 PCB 的抗干扰设计	162
6.3 智能电器监控器的抗扰度试验标准和方法	167
6.3.1 静电放电抗扰度试验标准和方法	167
6.3.2 电快速瞬变脉冲群(EFT)抗扰度试验	168

6.3.3	浪涌(冲击)抗扰度试验	170
6.3.4	电压跌落、短时中断和电压变化抗扰度试验	171
本章小结	.....	172
习题与思考题 6	.....	172
第 7 章 器智能化网络	.....	173
7.1 数字通信基础	.....	173
7.1.1 数字通信系统的基本概念	.....	173
7.1.2 信道的截止频率与带宽	.....	175
7.1.3 信道的最大数据传输速率	.....	176
7.1.4 数据编码方式	.....	177
7.1.5 数据信号的传输方式	.....	179
7.1.6 多路复用技术	.....	179
7.1.7 信号传输的同步方式	.....	180
7.1.8 数字通信网络的传输介质	.....	181
7.2 计算机网络基础	.....	183
7.2.1 计算机通信网络的基本特点	.....	183
7.2.2 计算机网络的分类与拓扑结构	.....	183
7.2.3 网络通信协议和分层模型	.....	185
7.2.4 开放系统互连参考模型	.....	187
7.2.5 电器智能化网络与通用信息网络的特性比较	.....	188
7.3 电器智能化网络中常用的现场总线	.....	189
7.3.1 现场总线的特点及总线标准类型	.....	189
7.3.2 MODBUS	.....	191
7.3.3 CAN	.....	194
7.3.4 PROFIBUS	.....	197
7.4 IEC61850 标准体系	.....	199
7.4.1 IEC 61850 标准概述	.....	199
7.4.2 IEC61850 标准的模型体系	.....	200
7.5 电器智能化网络的设计	.....	204
7.5.1 电器智能化网络的基本要求	.....	205
7.5.2 电器智能化局域网的结构与设计	.....	206
7.5.3 保证系统开放性的设计方法	.....	210
7.5.4 常用数据交换方式及数据包格式	.....	211
7.5.5 软件的可靠性、稳定性设计	.....	212
本章小结	.....	213
习题与思考题 7	.....	214
第 8 章 智能电器及其应用系统设计实例	.....	215
8.1 低压塑壳式断路器的智能脱扣器设计	.....	215
8.1.1 智能脱扣器的基本功能和设计要求	.....	215

8.1.2 智能脱扣器的硬件设计	216
8.1.3 智能脱扣器的程序设计	220
8.2 电能质量在线监测器	221
8.2.1 电能质量在线监测器的设计要求	221
8.2.2 电能质量在线监测器的硬件设计	222
8.2.3 电能质量在线监测器的软件设计	224
8.3 基于专用集成电路的智能电器监控器	227
8.3.1 智能电器监控器的设计要求	227
8.3.2 智能电器监控器的总体设计	228
8.3.3 智能电器监控器中主要 IP 模块设计	230
8.4 分布式变电站自动化系统	233
8.4.1 分布式变电站自动化系统概述	233
8.4.2 系统功能的分析及整体设计	234
8.4.3 系统后台管理软件的设计	237
本章小结	242
习题与思考题 8	243
参考文献	244

第1章 绪 论

电器智能化是传统电器学科、现代传感器技术、微机控制技术、现代电子技术、电力电子技术、数字通信及其网络技术等多门类学科交叉和融合的结果,是电器学科的一个新的发展领域。本章阐明电器智能化和智能电器的基本概念,明确了智能电器的基本特征,根据智能电器元件和开关设备的主要特点给出了它们的定义,说明智能电器的基本结构及电器智能化网络的组成;介绍了智能电器在电力系统自动化、工业自动化和楼宇智能化管理中的应用;从智能电器的功能、智能监控器的设计技术、电器元件及其操动机构工作机理的变革以及电器智能化网络几方面,讨论了电器智能化发展的现状和前景;最后介绍了本课程学习的主要内容。

1.1 电器智能化概述

电器是用于完成电路监测,并根据不同的运行状态与要求,实现电路接通或分断操作的设备,如电压、电流互感器和断路器、接触器、各类继电器等开关电器及其成套设备,主要用于电力传输与分配、电力系统继电保护、工业及民用用电设备供电、保护及控制等场合。本书涉及的电器仅指开关电器及其成套设备。

随着现代信息技术的快速发展和应用领域的不断拓展,它所带来的巨大革命性变化越来越让人们认识到信息技术的巨大潜能,目前在电力生产、传输、分配和应用领域中,各种信息技术不断被加以应用,从而推进了电力工业技术的快速发展。电器是电力系统构成中非常重要的组成部分,为了适应电力系统不断发展和进步的需要,同时也是电力设备自身性能提高及现代社会生产生活要求,现代信息技术与传统电器结合的产物——智能电器已经成为发展的必然。它融合了传统电器与现代传感器技术、计算机与数字控制技术、微电子技术、电力电子技术、计算机网络及数字通信等多个学科,是建设现代化电力系统的基础。

1.1.1 智能电器与电器智能化的基本概念

智能电器与电器智能化的基本概念及它们之间的关系,是学习这门课程首先应解决的问题。

智能电器是以具体产品的形式出现的,它指的是有形的各种开关电器元件或系统,这些产品应能够自动适应电网、环境及控制要求的变化,并始终处于最佳运行工况。由于电力系统及电力设备具有物理过程的复杂性、不确定性和模糊性等特点,难以有精确的数学描述,所以应采用计算机技术,通过感知、学习、记忆和大范围的自适应等手段,及时适应环境和任务的变化,以有效地处理和控制在电力设备和电力系统达到其最佳的性能指标。智能电器包含3个层次:智能电器元件、智能化成套开关设备和智能化供配电系统。

智能电器元件是采用微机控制技术、现代传感器技术、模拟量数字处理技术及计算机数字通信技术,具有自动监测和识别故障类型及操作命令类型,能根据故障和操作命令类别来控制电器元件操作机构动作的电器元件。这一定义给出了智能电器元件最基本的特征;智能开关

设备由一次开关电器元件和智能监控器组成。智能监控器不仅可替代原有开关设备二次系统的测量、保护和控制功能,还应能记录设备各种运行状态的历史数据、各种数据的现场(当地)显示,并通过数字通信网络向系统控制中心传送各类现场参数,接受系统控制中心的远方操作与管理。此外,开关设备的一次开关电器为智能电器元件时,也可由控制中心直接进行远方的智能控制;智能化供配电系统是指以智能电器元件与智能开关设备为基础,通过现场总线等数字化网络技术,对供配电系统的设备、供电质量等进行全面监控,实现智能化、自动化管理。

在智能电器发展的初期,对智能电器的定义曾有过一个不很确切的认识,即“微机控制+开关电器”就是智能电器。从智能电器元件和成套设备的硬件结构看,它们确实主要包含这两部分。但把这类产品称为智能电器的实质,则是因为微机控制和现场各类参量的数字处理技术的应用,使这类产品不仅具有自动监测和显示开关电器运行工况的能力,还能自动识别电器元件的运行状态、判别故障及其类型,并根据运行工况控制开关电器的操动机构进行智能操作,以充分提高开关电器的性能。在本书后面的叙述中,若无特别说明,将把智能电器元件和智能开关设备统称为“智能电器”。

相对于智能电器这种有形产品,电器智能化围绕智能电器的设计、开发、应用所产生的一系列理论与方法,是实现智能电器产品的理论基础。电器智能化一方面涉及与智能电器设计相关的各学科的理论知识和技术,如现代传感器技术、数字信号处理技术、微电子和电力电子技术、现代微机控制系统设计、计算机网络与数字通信技术等;另一方面,还关注智能电器的应用,包括如何最充分地发挥智能电器产品的优良性能,如何通过智能电器自身的监测、保护、记录、通信等功能实现对它们的远程管理和控制,如何有效地通过统一的、开放的通信协议把不同的智能电器产品组成适应用户要求的智能化管理和控制网络的方法。因此,可以认为电器智能化是以智能电器这种有形产品为基础建立的相关基础理论及应用技术的系统集成。

1.1.2 智能电器的基本特征

智能电器应当满足现代电力系统发展的基本需要,这就是能够以数字方式全面提供系统中的各种信息、状态,也能够以数字化的方式被加以有效控制。从开关电器自身技术指标的改进与提高而言,智能电器应具有强大的自我诊断能力和自适应的控制能力,同时所有信息可以高度共享。

智能电器应当具备以下 5 方面的特征。

1. 参量获取和处理数字化

智能电器所有功能的实现基于数字化的信息,这是智能电器区别于其他采用电子电路实现控制功能的电器和开关设备最重要的标志,因此必须能够实时获取各种参量并加以数字化,这其中包括电力系统运行和控制中需要获取的各种电参量,以及能够反映设备自身状态的各种电、热、磁、光、位移、速度、振动等物理量。另外,各种参量都以数字化形式提供,信息的后续传播与处理也都以数字化形式进行。各种参量全部采用数字化处理,不仅大大提高了测量和保护的精度,减小了产品保护特性的分散性,而且可以通过软件改变处理算法,不需修改硬件结构设计,就可以实现不同的控制和保护功能。

2. 电器设备的多功能化

以数字化信息为载体,智能电器可以利用软件编制、硬件扩展等多种手段集成用户需要的各种功能,如可实时显示要求的各种运行参数;可以根据工作现场具体情况设置保护类型、保护特性和保护阈值;对运行状态进行分析和判断,并根据结果操作开关电器,实现被监控对象要求的各种保护;真实记录并显示故障过程,以使用户进行事故分析;按用户要求保存运行的历史数据,编制并打印报表等。

3. 自我监测与诊断能力

智能电器具有自我监测与诊断能力,它可以随时监测各种涉及设备状况和安全运行所必需的物理量,包括机械特性、绝缘特性、开关动作次数等,同时对这些物理量进行计算和分析,掌握设备的运行状况以及故障点与发生原因。

4. 自适应控制与操作

传统电力设备一旦安装就位,其功能参数就固化下来。为了保证安全可靠,很多设备的设计参数存在很大冗余。这样的设计固然能够完成基本功能,但往往存在很大的能源与资源浪费,其功能的实现也不是处于最佳状态的。智能电器依靠数字技术,能够根据实际工作的环境与工况对操作过程进行自适应调节,使得所实现的控制过程和状态是最优的,这不但可以进一步提高电力设备自身的指标和性能,还可以在很大程度上节约原材料和运行所消耗的能源。

5. 信息交互能力

智能电器的重要特征之一在于它的信息能够以数字化的方式广泛而便利地进行传播与交互。数字化信息传播的重要方式是网络连接,由于智能电器一般都包括微型计算机系统,因此它完全可以作为数字通信网络中的信息交互节点,获取连接于网络的设备提供的任意参数,这样不仅仅完成了信息传输、实现智能电器设备的分布式管理和设备资源共享,更为重要的是,信息交互为拓展智能电器的功能提供了广阔的空间。目前网络技术正在飞速发展,传播的介质有光纤、电缆、红外和无线方式等,网络的规约不断更新,传播速度不断提升,这些发展与进步也必将不断影响智能电器的发展,甚至包括运行模式、操作方式、管理理念的根本改变。

1.1.3 智能电器的一般组成结构

如上所述,智能电器分为元件、成套电器设备、供配电系统 3 类,其中的元件与成套电器设备是构成供配电的基础,本节主要介绍这两者的基本结构。智能电器元件与成套电器设备都包括一次开关和监控器,其中的监控器是核心,其基本结构如图 1.1 所示。从工作原理上看,智能电器监控器具有相同的模块结构,由输入、中央处理与控制、输出、通信和人机交互 5 大模块组成。

输入模块主要完成对开关元件和被监控对象运行现场的各种状态、参数和特性的在线检测,并将检测结果送入中央处理与控制模块。来自运行现场的输入参量可分为模拟量和开关量两类,分别经过相应的变换器转换成同中央处理与控制模块输入兼容的数字量信号和逻辑

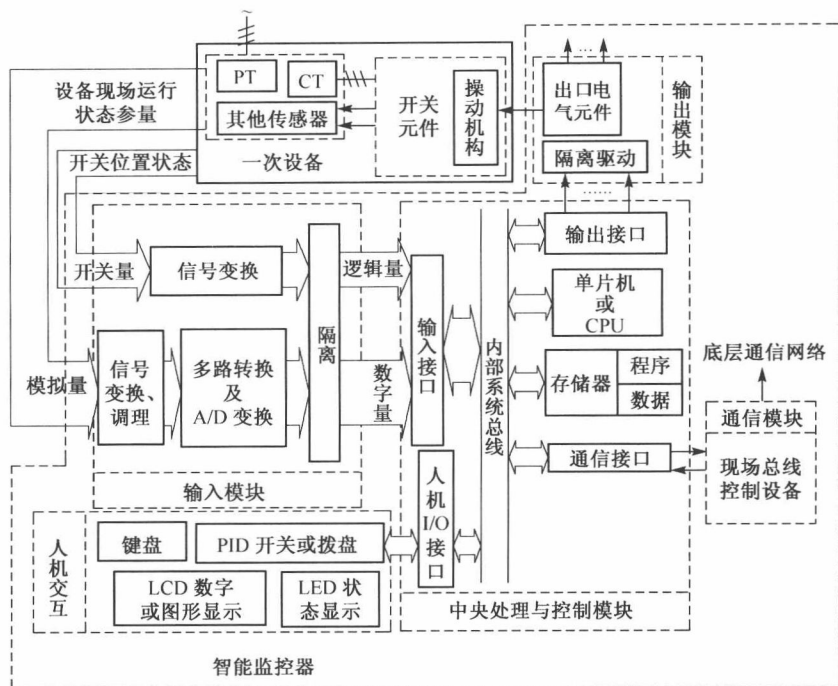


图 1.1 智能电器的基本结构

量信号。为提高中央处理与控制模块的可靠性和抗干扰能力，在变换器输出及中央处理与控制模块的输入接口间必须有可靠的隔离。

中央处理与控制模块基本上是一个以 MCU 或其他可编程数字处理器件为中心的最小系统，完成对一次开关或被保护控制对象的运行状态和运行参数的处理；根据处理结果判断是否有故障，有何种类型的故障；按照判断结果或管理中心经通信网络下达的命令，决定当前是否进行一次开关的合、分操作；输出操作控制信号，并确认操作是否完成。

输出模块接收中央控制模块输出并经隔离放大后的操作控制信号，传送至一次开关的操动机构，使其完成相应的操作。

通信模块把智能电器现场的运行参数、一次开关工作状态等信息通过数字通信网络上传至后台管理系统计算机（上位机），并接收它们发送给现场的有关信息和指令，完成“四遥”功能。

人机交互模块为现场操作人员提供完善的就地操作和显示功能，包括现场运行参数和状态的显示、保护特性和参数的设定、保护功能的投/退以及一次开关的现场控制操作。

尽管智能电器元件和开关设备有基本相同的结构组成，但是无论在实现的主要功能和实际物理结构上，二者仍然存在某些差别。

1. 智能电器元件物理结构及基本功能

从物理结构上看，智能电器元件的监控器总是与一次开关集成为一个整体。例如，当一次开关是断路器时，智能监控器就是附属于它的智能脱扣器，完成传统断路器的脱扣器具有的各种保护和操作控制功能。

智能电器元件不仅能根据监控器发出的指令实现一次开关的简单合、分闸操作,重要的是能根据操作命令发出时一次开关的运行状态,控制其操动机构的运动速度,实现对开关元件的智能操作。在这种情况下,智能监控器的中央处理与控制模块输出的控制信号一般为数字量,输出模块中的执行元件选择取决于一次开关操动机构的工作方式。

根据被控制和保护对象的工作性质,智能电器元件可以独立封闭式使用,也可以作为电器智能化网络中的一个现场设备。

2. 智能化成套电器设备

与智能电器元件的物理结构不同,智能化成套电器设备(以下简称智能电器设备)中的监控器一般安置在设备面板上,空间位置上与一次开关相对独立,在输入、输出端口的设置和处理器完成的功能等方面也有较大的区别。

智能电器设备主要用做电力系统自动化和各种智能化低压配电系统的现场设备,在智能化网络中一般都作为节点设备。为了满足电器设备通用化、标准化以及组成分布式开放系统的要求,智能电器设备的监控器除完成传统成套电器设备中二次电路全部的测量、保护和控制功能外,需要将大量的设备现场记录传至后台管理系统上位机,接收上位机传来的各种操作命令和网络重组命令。因而中央处理与控制模块需要处理、记录和显示的信息量更大。

成套电器设备一次元件应包含设备中所有安装在一次侧电路的电器元件,如电压互感器、电流互感器、变压器、隔离开关、执行电器(断路器、接触器、负荷开关)、接地开关等。监控器通过电压、电流互感器取得设备中一次元件及其被控制和保护对象的运行电参数,从设备内部各开关元件、各种机械联锁开关及相互关联的其他开关设备取得相关的状态信息,作为监控器输入模块的输入。因此,智能电器设备监控器的输入通道数量一般比智能开关元件监控器多。

此外,作为成套电器设备,在内部不同的一次开关元件间,同一系统中不同电器设备的一次开关元件间往往需要互相联锁,因此输出模块不仅要输出本设备开关元件的操作变位信号,还需要输出与其他设备的一次开关间联锁的信号,输出通道数往往不止一条,信号基本是开关量,操作命令执行元件用继电器或电力电子开关器件。

1.1.4 电器智能化网络的结构和特点

智能化供配电系统不仅仅需要各种智能电器元件和成套设备,还需要将这些设备通过数字通信技术,组成网络将它们连接在一起,以便实现全面监控和管理,这种采用现场总线和数字通信网络技术,由系统后台管理设备、现场智能电器和通信介质组成的网络就称为电器智能化网络。

1. 结构

电器智能化网络通常是一个局域网,典型结构如图 1.2 所示。可以看出,网络基本可分为两个层次。

(1) 现场设备网络层

这是网络中面向现场设备的子层。各种不同类型、不同生产厂家提供的智能开关元件或成套开关设备作为这层网络的节点,由选定的现场总线连接。在这一层网络中,可以设置一个微机或可编程控制器(Programmable Logic Controller, PLC)作为管理设备。管理设备也是

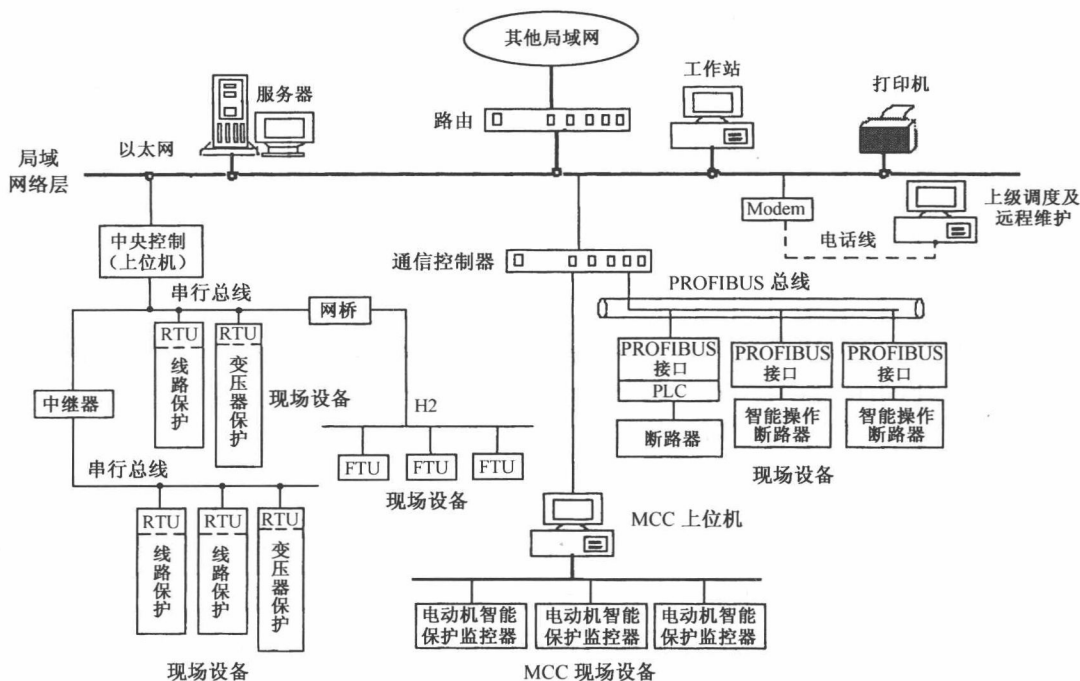


图 1.2 电器智能化网络典型结构

网络的节点,除完成对同一网络中的现场设备和网络管理外,还实现现场层网络与上层局域网之间通信协议的转换。

通过独立的协议转换接口,现场设备可直接接受局域网络层的管理设备管理。现场层网络还可通过中继器、集线器(Hub)、网桥连接,扩大其覆盖范围。

(2) 局域网络层

局域网络层的网络节点包括不同总线协议的现场层网络、具有独立协议转换接口的现场设备和局域网后台管理设备,它们之间一般采用以太网(Ethernet)连接。采用不同现场总线的现场层网络必须通过通信控制器完成协议转换,实现现场设备层与以太网之间的连接。根据局域网的规模,通信控制器可以是一台专用的物理设备,也可以是后台管理设备中的一个软件模块。

多个局域网经路由器连接,可组成更大的网络。通过网络互连技术,可实现各局域网之间的互连与互访。还可通过调制解调器(Modem)用电话网、电力线载波或无线网与远方的高层管理系统连接。

2. 主要特点

从以上分析可以看出,电器智能化网络有下述特点:

- ① 现场设备具有独立的监控、测量、保护、操作控制功能,并且具有通信能力;
- ② 网络应允许不同制造商、不同类型的产品之间的互连与互访;
- ③ 能包容采用不同传输介质、不同通信协议的网段或局域网;
- ④ 必须保证各类数据在网络中传输的实时性和准确性;

⑤ 通过数字通信和数据库管理系统,智能化网络的后台管理设备能实现对网络中各现场设备运行状态的实时监控和管理,包括对现场设备在网络中地理位置和设备功能的设置,按地理信息显示现场设备运行状态,并进行网络结构形式的构建和重组等;

⑥ 网络运行必须稳定、可靠,以保证现场设备安全运行。

电器智能化网络是实现电力系统变电站综合自动化、调度自动化、配电网自动化以及各种低压配电网智能化等智能化供配电系统的基础,也是智能电器的重要形式。通过电器智能化网络,可以真正实现现场用电设备管理的自动化和无人值守,完成用户用电质量和电力系统供电质量的全面管理,极大地提高供电系统可靠性和用电设备的安全性。

1.2 电器智能化技术的应用

如上所述,电器智能化是实现电力系统自动化、各类低压配电系统智能化的基础,也是提高电力用户用电质量和用电安全性、可靠性的主要方法,近年来得到了越来越广泛的应用。在现代工业设备运行的监控、保护及分布式管理方面,电器智能化也有着广阔的应用前景。本节将从以下几方面讨论电器智能化技术的应用。

1.2.1 电器智能化在电力系统自动化中的应用

电力系统自动化是保证电力发、输、配、供、用各环节安全性和可靠性,提高电网运行效率,降低运行成本,保证供电质量的基本措施。现代化大工业生产与现代社会生活要求电力系统有更完善可靠的自动化管理、保护、控制和供电质量监测,为各类电力用户提供更高质量的电能。

现代电力系统自动化除了传统的发电厂自动化、输配电设备继电保护和自动控制以外,还包含电网调度自动化、电力市场自动化等内容。传统电力系统自动化以电磁式继电器或分立的电子电器作为开关设备的控制和保护元件,设备体积庞大、线路复杂、维护困难,更重要的是它们没有数字处理和通信功能,只能组成单一的封闭式监控系统,无法满足现代电力系统自动化的要求。智能电器集成了对运行现场开关设备各种参量与状态的数字化处理,能够根据处理结果完成保护、自动控制和通信功能;通过数字通信网络,可以把从现场得到的系统各环节的运行信息,发送到电力系统自动化各相关职能的管理中心,再将管理中心对现场信息的处理和分析结果发送回现场,对现场设备进行参数调节和操作控制,从而实现现代电力系统自动化要求的各种功能。

原则上,电器智能化技术可以应用在电力系统发、输、配、供、用各个环节。但是由于使用现场环境等原因,当前主要用于发电厂和各类分布式变电站自动化、低压配电网自动化及其电能质量管理。在输电和高压配电系统中的馈电线路自动化方面,智能电器的应用已经开始,但在国内还不够成熟,需要进一步探索。本节简要介绍电器智能化在分布式变电站自动化、低压配电网自动化及其电能质量监控、电力设备在线监测方面的应用。

1. 分布式变电站自动化中的电器智能化技术

变电站是实现电力系统电能再分配的重要组成部分。根据在电力系统中的地位和功能,变电站电压从高到低大致可分为输电、配电和供电3类。输电变电站把发电厂发出的电能升