

# 变电站典型信号 原理与分析

主编 贺春 吴东



中国水利水电出版社  
www.waterpub.com.cn

# 变电站典型信号 原理与分析

主编 贺春 吴东

RFID



中国水利水电出版社  
www.waterpub.com.cn

· 北京 ·

## 内 容 提 要

本书围绕电力系统变电站各类信号产生机理及呈现方法,介绍了计算机网络技术、电力电子技术、自动化技术在变电站信号系统中的应用,针对典型的变电站信号产生原理、信号流动方向进行了系统阐述,为变电运维人员掌握设备运行状态、处置设备故障提供指导。

本书既可作为电站从业人员及从事继电保护人员的参考用书,亦可作为电力专业职业教育和电力企业入职人员的培训教材。

### 图书在版编目(CIP)数据

变电站典型信号原理与分析 / 贺春, 吴东主编. --  
北京: 中国水利水电出版社, 2019. 4  
ISBN 978-7-5170-7729-9

I. ①变… II. ①贺… ②吴… III. ①变电所—信号  
分析 IV. ①TM63

中国版本图书馆CIP数据核字(2019)第111982号

书 名	变电站典型信号原理与分析
作 者	BIANDIANZHAN DIANXING XINHAO YUANLI YU FENXI 主编 贺 春 吴 东
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658 (营销中心)
经 售	北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	清淤永业(天津)印刷有限公司
规 格	184mm×260mm 16开本 11.5印张 266千字
版 次	2019年4月第1版 2019年4月第1次印刷
印 数	0001—1200册
定 价	58.00元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

# 编 委 会

主 编：贺 春 吴 东

参编人员：王 博 呼翔宇 艾士超 黄 杰 郑 军

赵明星 贾 彬 任 佳 李 鑫 刘金香

赵东谨 任 磊

# 前 言

变电运维人员要实时掌握变电站设备的运行状态，需要借助大量的信号来监视变电设备。这是变电站尤其是交流特高压变电站中的一项高度复杂的系统。若要在第一时间掌握信号发生的原理及原因，变电运维人员必须掌握大量的变电一、二次知识。

目前，变电站自动化建设发展愈加完善。计算机技术、现代电子技术、通信技术和信息处理技术的广泛深入应用促进了变电站自动化水平的不断提升。变电站综合自动化系统实现了对变电站全部设备运行情况的监视和测量，对应的变电站信号种类与数量也大幅增加。

本书主要介绍了计算机网络技术、电力电子技术、自动化技术在变电站信号系统中的应用，针对典型的变电站信号产生原理、信号流动方向进行了系统阐述，为变电运维人员更好地理解 and 掌握变电信号原理，掌握设备运行状态、处置设备故障、保障变电站安全稳定运行提供指导。

希望本书的出版，能够对变电站变电运维人员更好地掌握变电站运行值班要领，加快推进我国变电站乃至智能电网的建设与发展做出贡献。本书成书得到了国网天津市电力公司和天津职业大学的大力支持，在此一并表示感谢！

由于变电站智能技术涉及领域广、技术发展迅速，实践经验有待进一步积累，书中难免有疏漏之处，敬请广大读者批评指正。

作 者

2019年1月于天津

# 目 录

## 前言

第 1 章 变电站常见信号分类 .....	1
1.1 变电站监控信息分级 .....	1
1.2 变电站常见事故信号 .....	2
1.2.1 变压器事故信号 .....	2
1.2.2 高压并联电抗器事故信号 .....	2
1.2.3 断路器事故信号 .....	3
1.2.4 线路事故信号 .....	3
1.2.5 母线事故信号 .....	3
1.2.6 站用变压器事故信号 .....	3
1.3 变电站常见异常信号 .....	4
1.3.1 变压器异常信号 .....	4
1.3.2 高压并联电抗器异常信号 .....	5
1.3.3 GIS 组合电器异常信号 .....	6
1.3.4 断路器异常信号 .....	7
1.3.5 隔离开关、接地开关异常信号 .....	8
1.3.6 电压互感器、电流互感器异常信号 .....	8
1.3.7 线路异常信号 .....	8
1.3.8 母线异常信号 .....	9
1.3.9 电抗器、电容器异常信号 .....	9
1.3.10 站用变压器异常信号 .....	11
1.3.11 辅助设施及公用设备异常信号 .....	11
1.4 变电站常见越限信号 .....	13
1.4.1 变压器越限信号 .....	13
1.4.2 电抗器越限信号 .....	13
1.4.3 线路越限信号 .....	13
1.4.4 母线越限信号 .....	13
1.5 变电站常见变位信号 .....	13
1.5.1 断路器变位信号 .....	13
1.5.2 隔离开关、接地开关变位信号 .....	14

1.6	变电站常见告知信号	14
1.6.1	主变遥信告知信号	14
1.6.2	高压并联电抗器告知信号	15
1.6.3	断路器告知信号	15
1.6.4	隔离开关、接地开关告知信号	15
1.6.5	电压互感器、电流互感器告知信号	15
1.6.6	线路告知信号	16
<b>第2章</b>	<b>变电站信号硬件基础与网络通信</b>	<b>17</b>
2.1	微型计算机原理	17
2.1.1	微型计算机硬件系统组成	18
2.1.2	微型计算机软件系统组成	19
2.2	单片机原理	19
2.2.1	单片机简介	20
2.2.2	MCS-51系列单片机硬件资源	20
2.2.3	单片机中断系统	21
2.2.4	单片机定时器/计数器	23
2.3	DSP简介	24
2.4	变电站信号处理	25
2.4.1	电气量处理	25
2.4.2	开关量处理	28
2.5	计算机网络通信	29
2.5.1	计算机网络概述	29
2.5.2	计算机网络组成	30
2.5.3	计算机网络拓扑	33
2.5.4	计算机网络体系结构	36
2.6	变电站通信与网络设备	43
2.6.1	电力通信网	44
2.6.2	站内通信网络	45
2.6.3	变电站通信设备	47
2.6.4	智能接口单元	57
2.7	变电站监控系统	58
2.8	监控防火墙	59
2.8.1	变电站监控系统安全防护体系	59
2.8.2	数据分区	61
2.8.3	网络隔离技术原理	63
2.8.4	通道分析	66

<b>第 3 章 厂站自动化系统原理</b>	68
3.1 RTU 基础知识	68
3.1.1 RTU 概述	68
3.1.2 RTU 结构	69
3.1.3 RTU 规约	71
3.2 测控装置	72
3.2.1 概述	73
3.2.2 硬件组成	73
3.2.3 测控装置“四遥”信息	74
3.3 数据采集及处理原理	75
3.3.1 直流采样原理	75
3.3.2 交流采样原理	78
3.4 常见运动规约介绍	80
3.4.1 循环式运动规约简介	80
3.4.2 IEC 60870-5-101 规约简介	81
3.4.3 IEC 60870-5-104 规约简介	83
3.4.4 IEC 61850 规约简介	84
<b>第 4 章 信号回路识图基础</b>	86
4.1 信号回路	86
4.1.1 概述	86
4.1.2 信号回路图识图	87
4.2 电气符号	89
4.2.1 图形符号	90
4.2.2 文字符号	93
4.2.3 项目代号	95
4.2.4 回路标号	97
4.3 信号回路常用元器件	98
4.3.1 浪涌保护器	98
4.3.2 双电源自动切换开关	99
4.3.3 低压熔断器	99
4.3.4 继电器	99
4.3.5 控制开关(转换开关)	101
4.3.6 按钮开关	102
4.3.7 微动开关	102
4.3.8 辅助开关	102
4.3.9 接触器	103
4.3.10 SF <sub>6</sub> 密度继电器	103

<b>第 5 章 变电站典型常见信号原理</b> .....	106
5.1 变压器及高压并联电抗器 .....	106
5.1.1 主变冷却器 I 段工作电源故障 .....	106
5.1.2 主变冷却器备用电源投入 .....	107
5.1.3 主变工作冷却器故障 .....	108
5.1.4 主变冷却器全停报警 .....	109
5.1.5 主变冷却器控制电源故障 .....	110
5.1.6 主变交流电源故障 .....	110
5.1.7 主变保护第一套高压侧断路器失灵（简称为“高压侧失灵”）联跳 .....	111
5.1.8 主变保护装置闭锁 .....	112
5.1.9 主变保护运行异常 .....	112
5.1.10 主变保护动作 .....	113
5.1.11 主变保护过负荷告警 .....	114
5.1.12 主变调压开关机电源故障 .....	114
5.1.13 主变调压开关操作中 .....	114
5.1.14 主变挡位 1（或 2-9）显示 .....	115
5.1.15 主变非电量保护 PST1210UA 装置闭锁 .....	116
5.1.16 主变非电量保护 PST1210UA 保护动作 .....	117
5.1.17 主变非电量保护 PST1210UA 非电量告警 .....	117
5.1.18 主变非电量保护 PST1210UA 运行异常 .....	118
5.1.19 主变本体压力释放告警 .....	118
5.1.20 主变本体压力突变告警 .....	119
5.1.21 主变油位异常告警 .....	119
5.1.22 主变绕组温度高告警 .....	120
5.1.23 主变绕组温度高跳闸 .....	120
5.1.24 主变油温高告警 .....	121
5.1.25 主变油温高跳闸 .....	121
5.1.26 主变轻瓦斯告警 .....	122
5.1.27 主变重瓦斯跳闸 .....	122
5.1.28 高抗关闭阀关闭告警 .....	123
5.1.29 高抗套管压力异常告警 .....	123
5.1.30 高抗风冷风扇电动机故障 .....	124
5.1.31 高抗冷却器 I 段工作电源故障 .....	125
5.2 断路器、线路与母线 .....	125
5.2.1 断路器气室 SF <sub>6</sub> 气压低告警 .....	125
5.2.2 断路器气室 SF <sub>6</sub> 压力低闭锁分合闸 .....	126
5.2.3 断路器低油压合闸告警 .....	127

5.2.4	断路器低油压分合闸闭锁	127
5.2.5	断路器保护动作	128
5.2.6	汇控柜储能电机失电告警	129
5.2.7	汇控柜交流电源消失	129
5.2.8	汇控柜直流电源消失	130
5.2.9	汇控柜储能电机运转	131
5.2.10	汇控柜储能电机运转超时	131
5.2.11	断路器三相合闸位置	132
5.2.12	断路器三相分闸位置	133
5.2.13	断路器三相不一致动作	133
5.2.14	断路器远方操作位置	134
5.2.15	断路器就地操作位置	135
5.2.16	线路 CVT 小开关分位	135
5.2.17	线路保护装置闭锁	136
5.2.18	线路保护装置异常	136
5.2.19	线路保护动作	137
5.2.20	线路保护装置通道 1 告警	138
5.2.21	线路保护启动远跳信号重动开入	138
5.2.22	线路保护远传收信	139
5.2.23	母线保护装置闭锁	140
5.2.24	母线保护装置运行异常	140
5.2.25	母线保护母差动作	141
5.2.26	母线保护失灵动作	141
5.2.27	断路器事故总信号	141
5.2.28	断路器第一组控制回路断线	142
5.2.29	断路器第一组控制电源断线	143
5.2.30	断路器第一组出口跳闸	144
5.3	站用电及附属设备	144
5.3.1	站用变压器 TV 小车试验、工作位置	144
5.3.2	35kV 站用变压器超温告警、跳闸	145
5.3.3	电容器同期分合闸装置失电告警	146
5.3.4	电容器组网门打开	146
5.3.5	一体化电源交流系统/进线/母线/馈电告警	147
5.3.6	火灾告警及主变消防控制交流电源消失	148
5.3.7	火灾告警及主变消防控制装置故障	148
5.3.8	消防泵手动状态	149
5.3.9	消防泵自动状态	150

5.3.10	消防控制柜 1 号消防泵故障	150
5.3.11	消防控制柜 1 号消防泵运行	150
5.3.12	消防水池水位低告警	151
<b>第 6 章</b>	<b>智能变电站典型组网</b>	<b>153</b>
6.1	标准依据	153
6.1.1	标准来源	153
6.1.2	标准特点	153
6.1.3	标准优势	154
6.2	SCD 文件配置	154
6.2.1	流程图	155
6.2.2	准备工作	155
6.2.3	添加子网	156
6.2.4	添加 IED	156
6.2.5	配置控制块	157
6.2.6	配置 GOOSE 连线	159
6.2.7	配置 SMV 连线	161
6.2.8	SCD 配置检测	162
6.2.9	插件及端口配置	163
6.2.10	配置导出及下载	164
6.2.11	SCD 配置注意事项	165
6.3	MMS 与 GOOSE 介绍	166
6.3.1	MMS 服务	166
6.3.2	GOOSE 服务	167
6.4	典型组网结构方案	168
6.4.1	独立装置模式	168
6.4.2	功能一体化模式	169
<b>参考文献</b>		<b>171</b>

# 第 1 章 变电站常见信号分类

变电站监控系统信息可称为变电站信号，分为硬接点信号和软接点信号。硬接点信号是指一次设备、二次设备及辅助设备用电气触点方式接入测控装置或智能终端的信号；软接点信号是指一次设备、二次设备及辅助设备自身产生并以通信报文方式传输的信号。

变电站监控系统信息应有如下特点：

(1) 全面完整。设备监控信息应涵盖变电站内一次设备、二次设备及辅助设备，采集应完整、准确，描述应简明扼要。设备编号和信息命名应满足 SD 240—87《电力系统部分设备统一编号准则》、DL/T 1171—2012《电网设备通用数据模型命名规范》的要求，信息描述准确，含义清晰，不引起歧义。

(2) 稳定可靠。不上送干扰信号，不误发告警信号，不受单个设备故障、失电等因素影响而失去全站监视；上送调控机构监控信息应有合理的校验手段和重传措施，不因通信干扰造成监控信息错误。

(3) 源端规范。继电保护及安全自动装置、测控装置、合并单元、智能终端等二次设备应优先通过设备自身形成其监控信息，以降低对外部设备的依赖，实现监控信息的源端规范。变压器、断路器等一次设备智能化后，应在源端形成其设备监控信息。

(4) 上下一致。变电站监控系统监控主机应能完整查看包含上送调度控制系统的设备监控信息，且内容、名称、分类保持一致。

## 1.1 变电站监控信息分级

监报告警是监控信息经调度控制系统、变电站监控系统处理后在告警窗出现的告警条文，是监控系统的主要关注对象，按对电网和设备影响的轻重缓急程度分为事故、异常、越限、变位和告知，级别对应 1~5，共五级。

1——事故信号。是由于电网故障、设备故障等原因引起断路器跳闸、保护及安全自动装置动作出口跳合闸的信息以及影响全站安全运行的其他信息，是需实时监控、立即处理的重要信息。主要对应设备动作信号。

2——异常信号。是反映电网和设备非正常运行情况的告警信息和影响设备遥控操作的信息，直接威胁电网安全与设备运行，是需要实时监控、及时处理的重要信息。主要对应设备告警信息和状态监测告警。

3——越限信号。是反映重要遥测量超出告警上、下限区间的信息。重要遥测量主要有设备有功功率、无功功率、电流、电压、变压器油温及断面潮流等，是需实时监控、及时处理的重要信息。

4——变位信号。指反映一次设备、二次设备运行位置状态改变的信息。主要包括断路器、隔离开关分合闸位置，保护软压板投、退等位置信息。该类信息直接反映电网运行方式的改变，是需要实时监控的重要信息。

5——告知信号。是反映电网设备运行情况、状态监测的一般信息。主要包括设备操作时发出的伴生信息以及故障录波器、收发信机启动等信息。该类信息需定期查询。

## 1.2 变电站常见事故信号

### 1.2.1 变压器事故信号

变压器事故信号应反映变压器本体和调压装置电量和非电量保护的動作信息，对于保护動作信号，还应区分主保护及后备保护。变压器事故信号主要包括以下内容：

- (1) 主变压器（本书简称“主变”）本体重瓦斯跳闸。
- (2) 主变本体油温高跳闸。
- (3) 主变本体压力释放跳闸。
- (4) 主变调压开关重瓦斯跳闸。
- (5) 主变调压开关油温高跳闸。
- (6) 主变调压开关压力释放跳闸。
- (7) 主变本体绕组温度高跳闸。
- (8) 主变冷却器全停跳闸。
- (9) 主变差动保护动作。
- (10) 主变高压侧后备保护动作。
- (11) 主变中压侧后备保护动作。
- (12) 主变低压侧 X 分支后备保护动作。
- (13) 主变过励磁保护动作。
- (14) 主变公共绕组零序过流保护动作。
- (15) 主变失灵保护联跳三侧。

### 1.2.2 高压并联电抗器事故信号

高压并联电抗器（以下简称“高抗”）事故信号主要包括以下内容：

- (1) 高抗重瓦斯跳闸。
- (2) 高抗压力释放跳闸。
- (3) 高抗油温高跳闸。
- (4) 小电抗重瓦斯跳闸。
- (5) 小电抗压力释放跳闸。
- (6) 高抗保护动作。
- (7) 高抗主保护动作。

(8) 高抗后备保护动作

### 1.2.3 断路器事故信号

断路器事故信号主要包括以下内容：

- (1) 间隔事故总信号。
- (2) 断路器保护动作。
- (3) 断路器失灵保护动作。
- (4) 断路器保护重合闸动作。
- (5) 断路器保护操作箱出口跳闸。
- (6) 断路器非全相跳闸。
- (7) 断路器保护沟通三跳动作。
- (8) 断路器保护死区保护动作。

### 1.2.4 线路事故信号

线路事故信号主要包括以下内容：

- (1) 线路保护动作。
- (2) 线路远跳过电压保护动作。
- (3) 线路远跳就地判别装置动作。
- (4) 线路主保护动作。
- (5) 线路后备保护动作。
- (6) 线路保护 A 相跳闸出口。
- (7) 线路保护重合闸出口。

### 1.2.5 母线事故信号

母线事故信号主要包括以下内容：

- (1) 母线保护母差动作。
- (2) 母线保护失灵动作。
- (3) 母线保护失灵重动开入继电器动作。

### 1.2.6 站用变压器事故信号

站用变压器事故信号主要包括以下内容：

- (1) 站用变压器超温跳闸。
- (2) 站用备用变压器超温跳闸。
- (3) 站用变压器保护动作。
- (4) 站用变压器备用自投保护动作。
- (5) 站用变压器备用进线开关间隔事故总。
- (6) 站用变压器低压开关跳闸。

- (7) 站用变压器分段开关跳闸。
- (8) 站用电备用自投装置出口。

## 1.3 变电站常见异常信号

### 1.3.1 变压器异常信号

变压器异常信号应反映变压器本体、冷却器、有载调压机构、在线滤油装置等重要部件的异常、故障情况。变压器保护应采集装置的异常及故障信息，装置故障信号应反映装置的闭锁、失电情况。对于智能变电站，还应采集 SV、GOOSE 告警信息及检修压板状态。

变压器异常信号主要包括以下内容：

- (1) 主变第一套保护装置异常/直流消失。
- (2) 主变第二套保护装置异常/直流消失。
- (3) 主变第一套保护装置闭锁。
- (4) 主变第二套保护装置闭锁。
- (5) 主变保护过负荷告警。
- (6) 主变本体压力释放告警。
- (7) 主变本体压力突变告警。
- (8) 主变冷却器全停告警。
- (9) 主变油温高告警。
- (10) 主变本体轻瓦斯告警。
- (11) 主变绕组温度高告警。
- (12) 主变油位异常。
- (13) 主变非电量保护装置闭锁。
- (14) 主变非电量保护动作告警。
- (15) 主变非电量保护运行异常/直流消失。
- (16) 主变 A 相冷却器 I 段工作电源故障。
- (17) 主变 A 相冷却器备用电源投入。
- (18) 主变 A 相工作冷却器故障。
- (19) 主变 A 相冷却器全停告警。
- (20) 主变 A 相冷却器控制电源故障。
- (21) 主变 A 相冷却器加热驱潮通风照明电源故障。
- (22) 主变 C 相本体端子箱交流电源故障。
- (23) 主变 B 相本体端子箱交流电源故障。
- (24) 主变 A 相调压开关机电源故障。
- (25) 主变 A 相调压变端子箱交流电源故障。

- (26) 主变高压侧 CVT 小开关跳闸。
- (27) 主变高压侧 CVT 小开关分位。
- (28) 主变中压侧 CVT 小开关跳闸。
- (29) 主变中压侧 CVT 小开关分位。
- (30) 主变低压侧 CVT 小开关跳闸。
- (31) 主变低压侧 CVT 小开关分位。
- (32) 变压器调压开关机构箱电源故障。
- (33) 变压器调压开关拒动。
- (34) 主变保护 TA 断线。
- (35) 主变保护 TV 断线。
- (36) 主变保护装置通信中断。
- (37) 主变保护 SV 总告警。
- (38) 主变保护 SV 采样数据异常。
- (39) 主变保护 SV 采样链路中断。
- (40) 主变保护 GOOSE 总告警。
- (41) 主变保护 GOOSE 数据异常。
- (42) 主变保护 GOOSE 链路中断。
- (43) 主变保护对时异常。
- (44) 主变保护检修不一致。
- (45) 主变保护检修压板投入。
- (46) 主变低压侧中性点电压偏移告警。
- (47) 主变调压开关轻瓦斯告警。
- (48) 主变调压开关压力释放告警。
- (49) 主变调压开关油位异常。
- (50) 主变过载闭锁调压开关。
- (51) 主变调压开关调挡异常。
- (52) 主变在线滤油运转超时。
- (53) 主变在线滤油异常。

### 1.3.2 高压并联电抗器异常信号

高压并联电抗器异常信号主要包括以下内容：

- (1) 高抗压力释放告警。
- (2) 高抗油温高告警。
- (3) 高抗油位异常告警。
- (4) 高抗套管油位异常告警。
- (5) 高抗关闭阀关闭告警。
- (6) 高抗轻瓦斯告警。

- (7) 高抗保护运行异常。
- (8) 高抗保护过负荷告警。
- (9) 高抗保护退出。
- (10) 高抗保护装置闭锁。
- (11) 高抗非电量保护运行异常。
- (12) 小电抗压力释放告警。
- (13) 小电抗油温高告警。
- (14) 小电抗轻瓦斯告警。
- (15) 小电抗油位异常告警。
- (16) 小电抗关闭阀关闭告警。
- (17) 小高抗保护运行异常。
- (18) 小高抗保护过负荷告警。
- (19) 高抗保护退出。
- (20) 高抗保护装置闭锁。
- (21) 高抗风冷电扇电动机故障。
- (22) 高抗风冷工作电源故障。
- (23) 高抗风机故障。
- (24) 高抗风机电源分位。
- (25) 高抗风机电源故障。
- (26) 高抗风机控制电源故障。
- (27) 高抗风机照明电源分位。
- (28) 高抗风机照明电源辅助。
- (29) 高抗保护 TA 断线。
- (30) 高抗保护 TV 断线。
- (31) 高抗保护装置通信中断。
- (32) 高抗保护 SV 总告警。
- (33) 高抗保护 SV 采样数据异常。
- (34) 高抗保护 SV 采样链路中断。
- (35) 高抗保护 GOOSE 总告警。
- (36) 高抗保护 GOOSE 数据异常。
- (37) 高抗保护 GOOSE 链路中断。
- (38) 高抗保护对时异常。

### 1.3.3 GIS 组合电器异常信号

GIS 组合电器异常信号主要包括以下内容：

- (1) 其他气室 SF<sub>6</sub> 气压低告警。
- (2) 汇控柜交流电源消失。