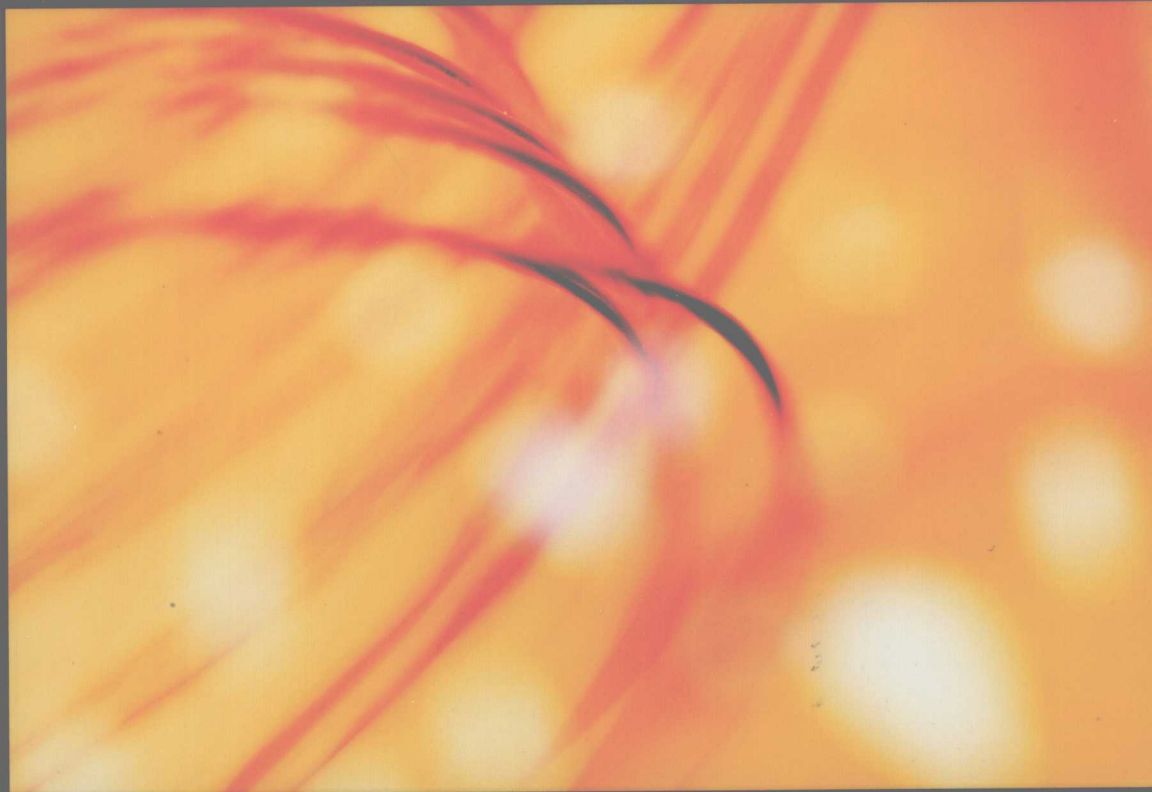


发电厂继电保护 整定计算及其运行技术

许正亚 编著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书系统阐述了发电厂电气主设备及厂用电系统设备继电保护的整定计算和运行技术,同时对电厂保护的基本工作原理、动作特性等也作了必要的阐明,突出大机组的工程实践和反措技术要求。对于近几年来大机组继电保护方面的新原理、新技术作了较全面的分析,并给出了相应的整定计算。对大机组上应用的国外继电保护装置,有针对性地介绍了基本工作原理和整定计算方法。全书共分11章,分别为发电机保护,(升压)变压器保护,发电机变压器组保护,励磁变压器(励磁机)保护,起动/备用变压器、高压厂用变压器保护,低压厂用变压器保护(6kV/0.4kV、10kV/0.4kV),高压电动机保护,厂用电快速切换、电缆线差动保护,400V厂用电系统保护,发电机自动调节励磁,降压变压器保护。

本书是从事继电保护整定计算人员,发电厂继电保护和电气技术人员,各类电气设计人员,继电保护调试、研发和运行管理人员的专业读物,也可作为电力系统运行及管理人士的读物,还可作为发电厂继电保护运行、管理及其他有关人员的培训教材,并可供大专院校电力工程类专业的师生学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

发电厂继电保护整定计算及其运行技术/许正亚编著.

北京:中国水利水电出版社,2009

ISBN 978-7-5084-6700-9

I. 发… II. 许… III. 发电厂-电力系统-继电保护
IV. TM621.3 TM77

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第129548号

书 名	发电厂继电保护整定计算及其运行技术
作 者	许正亚 编著
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 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	北京市兴怀印刷厂
规 格	184mm×260mm 16开本 15.75印张 373千字
版 次	2009年8月第1版 2009年8月第1次印刷
印 数	0001—4000册
定 价	42.00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

前 言

随着电网规模迅速发展和电压等级的提高，机组容量的增大，电网的安全、稳定运行越来越重要，其中电力主设备的安全可靠运行是电网安全、稳定运行的基础。要保障电力主设备安全可靠地运行，正确、合理的主设备保护定值的整定是必不可少的措施之一。目前，主设备保护装置普遍应用的是不同厂家生产的、工作原理和程序设计不完全相同的微机型成套保护装置，因而对保护定值的整定计算增加了一定的难度；而 DL/T 684—1999《大型发电机变压器继电保护整定计算导则》通过近年来的实际使用，不能涵盖新型微机保护所需全部技术标准。因此，在厂网分开的新形势下，很有必要对主设备保护整定计算作进一步研究，规范主设备保护整定，以利于主设备和电网的安全、稳定运行。

为保证大型发电机组安全、可靠地运行，厂用电的正常运行同样十分重要。同时，厂用电系统中采用的微机保护品种多，型号也各不相同，因此研究厂用高压电动机、厂用变压器等微机保护的整定计算十分必要。

全书共分 11 章，分别为发电机保护，（升压）变压器保护，发电机变压器组保护，励磁变压器（励磁机）保护，起动/备用变压器、高压厂用变压器保护，低压厂用变压器保护（6kV/0.4kV、10kV/0.4kV），高压电动机保护，厂用电快速切换、电缆线差动保护，400V 厂用电系统保护，发电机自动调节励磁，降压变压器保护。

本书主要引用标准和资料有：

- (1) GB 14285—2006《继电保护和安全自动装置技术规程》。
- (2) DL/T 559—94《220～500kV 电网继电保护装置运行整定规程》。

(3) DL/T 584—95 《3~110kV 电网继电保护装置运行整定规程》。

(4) DL/T 684—1999 《大型发电机变压器继电保护整定计算导则》。

(5) DL/T 755—2001 《电力系统安全稳定导则》。

(6) 江苏电网主设备保护整定计算标准的研究。

需要指出,本书不涉及保护配置与出口逻辑方案,对于具体配置与出口逻辑方案,各使用单位应按设计院设计配置结合本单位的具体情况执行。本书侧重火电厂继电保护的整定计算。

对于国外微机元件保护或其他形式的元件保护,整定时可以参考本书。

本书是从事继电保护整定计算的人员,发电厂继电保护和电气技术人员,各类电气设计人员,继电保护调试、研发和运行管理人员的专业读物,也可作为电力系统运行及管理人士的读物,还可作为发电厂继电保护运行、管理及其他有关人员的培训教材,并可供大专院校电力工程专业类的师生学习参考。

限于作者水平有限,书中难免存在疏漏之处,恳请广大读者批评指正。

江苏国瑞自动化工程有限公司

许正亚

2009年6月

目 录

前言

	1 发电机保护	1
1.1	发电机的故障和异常运行方式	1
1.2	发电机故障、异常运行时保护的出口方式	1
1.3	反应相间短路故障的主保护——纵差动保护	2
1.3.1	发电机双折线比率制动式完全纵差动保护	2
1.3.2	发电机双斜率比率制动式完全纵差动保护	5
1.3.3	发电机变斜率完全纵差动保护	7
1.3.4	发电机标积制动式完全纵差动保护	9
1.3.5	发电机不完全纵差动保护	9
1.3.6	发电机工频变化量比率纵差动保护	10
1.4	反应定子绕组匝间短路故障的保护	11
1.4.1	单元件横差保护	11
1.4.2	带相电流制动的单元件横差保护	12
1.4.3	电流比率制动式纵向零序电压保护	13
1.4.4	3次谐波制动式纵向零序电压保护	15
1.4.5	故障分量负序方向纵向零序电压保护	16
1.4.6	故障分量负序方向保护	18
1.4.7	工频变化量匝间短路保护	18
1.4.8	裂相横差保护	18
1.5	发电机定子接地保护	20
1.5.1	基波零序电压保护	21
1.5.2	3次谐波电压式定子接地保护	24
1.5.3	注入式定子接地保护	28
1.6	发电机转子接地保护	34
1.6.1	乒乓式转子一点接地保护	34
1.6.2	叠加式(注入)转子一点接地保护	36
1.6.3	乒乓式转子两点接地保护	37
1.6.4	2次谐波式转子两点接地保护	38
1.6.5	注入式转子接地保护	39
1.7	发电机相间短路故障的后备保护	42
1.7.1	低电压过流保护或复合电压过流保护	42

1.7.2	阻抗保护	45
1.7.3	电压制动过流保护	46
1.8	发电机定子绕组对称过负荷和反时限过电流保护	50
1.8.1	对称过负荷保护	50
1.8.2	反时限过电流保护	51
1.9	发电机负序过负荷和反时限负序过电流保护	52
1.9.1	负序过负荷保护	52
1.9.2	反时限负序过电流保护	53
1.10	发电机转子绕组过负荷和反时限过电流保护	54
1.10.1	转子绕组过负荷保护	54
1.10.2	转子绕组反时限过电流保护	56
1.11	发电机失磁保护	57
1.11.1	失磁保护(一)	57
1.11.2	失磁保护(二)	65
1.12	发电机失步保护	66
1.12.1	三元件失步继电器构成的失步保护	66
1.12.2	双遮挡器继电器构成的失步保护	68
1.13	发电机逆功率保护和程跳逆功率保护	70
1.13.1	基本工作原理	70
1.13.2	整定计算	71
1.13.3	注意事项	71
1.14	发电机频率异常运行保护	72
1.14.1	整定计算	72
1.14.2	注意事项	72
1.15	发电机过励磁保护	72
1.15.1	基本工作原理	72
1.15.2	整定计算	73
1.15.3	注意事项	73
1.16	发电机过电压、低电压保护	74
1.17	发电机误上电保护及断路器闪络保护	74
1.17.1	基本工作原理	74
1.17.2	整定计算	75
1.17.3	动作出口方式	77
1.17.4	注意事项	77
1.18	发电机起停机保护	77
1.19	发电机零功率保护	77
1.19.1	发电机零功率保护动作条件	78
1.19.2	参数整定	79
1.19.3	不同工况下的保护行为	82
1.19.4	有关说明	83

1.20	发电机轴电流保护	84
1.21	发电机非电量保护	84
2	(升压) 变压器保护	85
2.1	变压器故障和异常运行状态	85
2.2	变压器纵差动保护	85
2.2.1	基本工作原理	85
2.2.2	变压器两折线比率制动式纵差动保护整定计算	96
2.2.3	变压器三折线比率制动式纵差动保护整定计算	100
2.2.4	变压器双斜率比率制动式纵差动保护整定计算	103
2.2.5	变压器变斜率纵差动保护整定计算	105
2.2.6	变压器工频变化量纵差动保护	107
2.3	变压器零序(分侧)比率纵差动保护	107
2.3.1	基本工作原理	107
2.3.2	动作特性与动作方程	109
2.3.3	整定计算	110
2.3.4	变压器分侧比率纵差动保护	113
2.3.5	注意事项	114
2.4	变压器零序高阻抗纵差动保护	115
2.4.1	基本工作原理	115
2.4.2	整定计算	116
2.5	升压变压器相间短路故障的后备保护	117
2.5.1	过电流保护	117
2.5.2	复合电压过电流保护	118
2.5.3	复合电流保护	119
2.5.4	阻抗保护	120
2.5.5	三绕组升压变压器的(方向)过电流保护	122
2.5.6	三绕组升压变压器的复合电压方向过电流保护	125
2.5.7	三绕组升压变压器的负序方向过电流保护	126
2.6	升压变压器接地保护	127
2.6.1	变压器零序电流保护	127
2.6.2	变压器间隙零序电流、零序电压保护	129
2.6.3	三绕组升压变压器的零序电流保护	130
2.6.4	升压自耦变压器零序电流保护	131
2.7	变压器过负荷保护	132
2.8	变压器通风起动	133
2.9	变压器过励磁保护	133
2.9.1	基本工作原理	133
2.9.2	整定计算	134
2.9.3	过励磁对纵差动保护的影响	134

18	2.10	断路器非全相保护	134
18	2.10.1	基本工作原理	134
28	2.10.2	整定计算	135
28	2.10.3	有关说明	135
28	2.11	断路器失灵保护起动	136
28	2.11.1	基本工作原理	136
28	2.11.2	整定计算	136
28	2.11.3	注意事项	137
28	2.12	断路器闪络保护	138
28	2.13	变压器非电量保护	139
28	2.13.1	瓦斯保护	139
28	2.13.2	压力释放保护	139
28	2.13.3	绕组温度高保护	139
28	2.13.4	油温高保护	139
28	2.13.5	通风起动	140
28	2.13.6	变压器冷却器全停	140
28	2.13.7	油位异常	140
3 发电机变压器组保护			141
28	3.1	有关说明	141
28	3.1.1	关于纵差动保护	141
28	3.1.2	关于相间短路故障后备保护	141
28	3.1.3	关于过励磁保护	141
28	3.2	发变组纵差动保护	141
28	3.3	发变组不完全纵差动保护	142
28	3.4	发变组相间故障后备保护	142
28	3.5	发变组接地故障后备保护	143
4 励磁变压器（励磁机）保护			144
28	4.1	有关说明	144
28	4.2	励磁变压器纵差动保护	144
28	4.3	励磁变压器电流保护	144
28	4.3.1	励磁变压器电流速断保护	145
28	4.3.2	励磁变压器过电流保护	145
28	4.3.3	动作出口方式	146
28	4.4	励磁变压器过负荷保护	146
28	4.5	励磁变压器临时电源供电时的保护	146
28	4.6	励磁机保护	147
28	4.6.1	励磁机电流保护	147
28	4.6.2	励磁机差动保护	148

5	启动/备用变压器、高压厂用变压器保护	149
5.1	启动/备用变压器低压分支相间故障保护	149
5.1.1	启动/备用变低压分支过流保护	149
5.1.2	启动/备用变低压分支复合电压(低压)过流保护	152
5.1.3	注意事项	154
5.2	启动/备用变压器低压分支侧零序电流保护	154
5.2.1	低压分支侧零序电流保护Ⅰ段	155
5.2.2	低压分支侧零序电流保护Ⅱ段	155
5.2.3	注意事项	155
5.3	启动/备用变压器纵差动保护	156
5.4	启动/备用变压器高压侧相间故障保护	156
5.4.1	启动/备用变高压侧复合电压过流保护	156
5.4.2	启动/备用变高压侧复合电流保护	158
5.5	启动/备用变压器高压侧接地故障保护	159
5.5.1	启动/备用变高压侧零序(方向)过流保护	159
5.5.2	启动/备用变间隙零序电流、零序电压保护	160
5.6	启动/备用变压器组保护	160
5.6.1	启动/备用变组电流速断保护	160
5.6.2	启动/备用变组复合电压过流保护	161
5.6.3	启动/备用变组零序电流保护	161
5.7	启动/备用变压器过励磁保护	162
5.8	启动/备用变压器过负荷保护	162
5.9	启动/备用变压器通风启动	162
5.10	启动/备用变压器非电量保护	162
5.11	启动/备用变压器高压侧断路器失灵保护启动	163
5.12	启动/备用变压器高压侧断路器非全相保护	163
5.13	高压厂用变压器纵差动保护	163
5.14	高压厂用变压器低压分支相间故障保护	163
5.15	高压厂用变压器低压分支侧零序电流保护	164
5.16	高压厂用变压器高压侧相间故障保护	164
5.16.1	高厂变高压侧复合电压过流保护	164
5.16.2	高厂变高压侧过电流保护	164
5.16.3	注意事项	165
5.17	高压厂用变压器过负荷保护	166
5.18	高压厂用变压器通风启动	166
5.19	高压厂用变压器非电量保护	166
6	低压厂用变压器保护(6kV/0.4kV、10kV/0.4kV)	167
6.1	低压厂用变压器纵差动保护	167
6.2	低厂变电流保护	168

6.2.1	低厂变电流速断保护 (I 段)	169
6.2.2	低厂变带时限电流速断保护 (II 段)	169
6.2.3	低厂变过电流保护 (III 段)	170
6.2.4	注意事项	171
6.3	低厂变负序电流保护	173
6.3.1	I 段负序电流保护	173
6.3.2	II 段负序电流保护	174
6.3.3	注意事项	174
6.4	低厂变过负荷保护	176
6.5	低厂变高压侧接地保护	176
6.5.1	低厂变高压侧系统中性点经电阻接地	176
6.5.2	低厂变高压侧系统中性点不接地	176
6.6	低厂变低压侧零序电流保护	177
6.7	低厂变非电量保护	179
6.8	低厂变低电压保护	179
7	高压电动机保护	180
7.1	电动机故障和异常运动状态	180
7.2	电动机纵差动保护	180
7.2.1	动作方程和动作特性	180
7.2.2	整定计算	181
7.2.3	动作出口方式	183
7.2.4	注意事项	183
7.3	电动机磁平衡纵差动保护	184
7.3.1	磁平衡纵差动保护工作原理	184
7.3.2	磁平衡纵差动保护动作电流	187
7.3.3	定子绕组单相接地时磁平衡纵差动保护行为	188
7.3.4	有关说明	188
7.4	电动机电流速断保护	188
7.5	电动机负序电流保护	190
7.5.1	负序动作电流	191
7.5.2	负序电流保护动作时限	191
7.5.3	注意事项	193
7.6	电动机起动时间过长保护	194
7.7	电动机堵转保护和正序过电流保护	194
7.7.1	电动机堵转保护	194
7.7.2	正序过电流保护	194
7.8	电动机过负荷保护	195
7.9	电动机过热保护	195
7.9.1	基本工作原理	195

815	7.9.2	整定计算	196
815	7.9.3	动作出口方式	196
815	7.9.4	注意事项	196
815	7.10	电动机低电压保护	196
835	7.11	电动机过电压保护	197
835	7.12	电动机接地保护	197
855	7.13	同步电动机保护	197
855	7.13.1	同步电动机失磁保护	197
855	7.13.2	同步电动机失步保护	198
855	7.13.3	同步电动机的非同步冲击保护	199
8	厂用电快速切换、电缆线差动保护		201
855	8.1	厂用电快速切换	201
855	8.1.1	基本工作原理	201
855	8.1.2	整定计算	204
855	8.1.3	注意事项	206
855	8.2	电缆线差动保护	206
855	8.2.1	以变压器纵差动保护装置实现电缆线差动保护的整定计算	207
855	8.2.2	导引线纵差动保护整定计算	209
9	400V 厂用电系统保护		212
855	9.1	PC 段进线开关保护	212
855	9.1.1	长延时保护	212
855	9.1.2	短延时保护	213
855	9.1.3	瞬时保护	213
855	9.1.4	接地保护	214
855	9.1.5	有关说明	214
855	9.2	PC 段联络开关保护	214
855	9.2.1	长延时保护	214
855	9.2.2	短延时保护	215
855	9.3	PC 段上 MCC 电源线保护	215
855	9.3.1	长延时保护	215
855	9.3.2	短延时保护	216
855	9.3.3	瞬时保护	217
855	9.3.4	接地保护	217
855	9.4	PC 段上低压电动机保护	217
855	9.4.1	长延时保护	217
855	9.4.2	短延时保护	217
855	9.4.3	瞬时保护	217
855	9.4.4	接地保护	217

9.5	400V 厂用系统接地故障保护	218
9.6	400V 厂用系统低电压保护及保安段低电压切换	218
9.7	柴油发电机保护	219
9.7.1	柴油发电机差动保护	219
9.7.2	柴油发电机接地保护	220
9.7.3	柴油发电机过电压、欠电压保护	220
9.7.4	柴油发电机过电流保护	220
9.7.5	柴油发电机逆功率保护	220
9.7.6	柴油发电机失磁保护	220
9.8	关于灵敏度	221
10	发电机自动调节励磁	222
10.1	调差系数 K_d	222
10.2	强励反时限限制	222
10.3	过励限制	223
10.4	欠励限制	223
10.5	U_e/f_e 限制	223
10.6	过电压限制	224
11	降压变压器保护	225
11.1	降压变压器纵差动保护	225
11.2	降压变压器相间短路故障后备保护	225
11.2.1	双绕组降压变压器相间短路故障后备保护	225
11.2.2	仅一侧(高压侧)有电源的三绕组降压变压器(自耦变压器)相间短路故障后备保护	229
11.2.3	高、中压侧有电源的三绕组降压变压器(自耦变压器)相间短路故障后备保护	234
11.3	降压变压器接地保护	234
11.3.1	双绕组降压变压器零序电流保护	234
11.3.2	三绕组降压变压器零序电流保护	235
11.3.3	降压自耦变压器零序电流保护	237
11.3.4	降压变压器间隙零序电流、零序电压保护	237
11.4	降压变压器高压侧断路器非全相运行保护	237
11.5	降压变压器高压侧断路器失灵起动保护	237
11.6	降压变压器过励磁保护	237
11.7	降压变压器非电量保护	238
11.8	接地变压器保护	238
11.8.1	电流速断保护	238
11.8.2	过电流保护	238
	参考文献	240

发电机保护

1 发电机保护

1.1 发电机的故障和异常运行方式

- (1) 发电机定子绕组的相间短路故障。
- (2) 发电机定子绕组的接地故障。
- (3) 发电机定子绕组的匝间短路故障。
- (4) 发电机外部相间短路故障引起的过电流。
- (5) 发电机定子绕组过电压。
- (6) 发电机定子绕组过负荷。
- (7) 发电机转子表层（负序）过负荷。
- (8) 发电机励磁绕组过负荷。
- (9) 发电机励磁回路接地（一点接地或两点接地）。
- (10) 发电机励磁电流异常下降或消失（失磁）。
- (11) 发电机定子铁芯过励磁。
- (12) 发电机逆功率。
- (13) 发电机频率异常。
- (14) 发电机失步。
- (15) 发电机突然加电压。
- (16) 发电机起停过程中故障。
- (17) 发电机零功率。
- (18) 发电机的其他故障和异常运行，如发电机断水、非全相运行、轴电流或轴电压超过规定值等。

1.2 发电机故障、异常运行时保护的出口方式

根据运行发电机的故障和异常运行情况，装设了相应保护。按反应故障、异常运行的性质，保护出口方式可有如下几种：

- (1) 停机。断开发电机断路器、灭磁、关闭主汽门（对水轮发电机关闭导水翼）。对单元机组，停机常称“全停”。
- (2) 解列灭磁。断开发电机断路器、灭磁、汽轮机甩负荷。
- (3) 解列。断开发电机断路器、汽轮机甩负荷。

(4) 减出力。将原动机出力减到给定值。

(5) 缩小故障影响范围。断开预定的其他断路器,如双母线系统断开母线联络断路器等。

(6) 程序跳闸。对汽轮发电机,首先关闭主汽门,待逆功率继电器动作后,再跳发电机断路器并灭磁;对水轮发电机,首先将导水翼关到空载位置,再跳开发电机断路器并灭磁。

应当指出,程序跳闸可以看成是防止发电机突然甩负荷而引起汽轮机(水轮机)超速的一项保安措施。

(7) 减励磁。将发电机励磁电流减到给定值。

(8) 励磁切换。将励磁电源由工作励磁电源系统切换到备用励磁电源系统。

(9) 厂用电源切换。由厂用工作电源供电切换到备用电源供电。

(10) 分出口。动作于单独回路。

(11) 信号。发出声光信号。

容易理解,对于反应发变组范围以内短路故障的保护,应动作于停机(全停);对于反应发变组范围以外短路故障的保护,宜动作于缩小故障范围或解列(以较短时限动作于缩小故障范围;较长时限动作于解列);对于反应发变组范围以内的非短路性故障、且只允许短延时动作的保护,宜动作于解列灭磁;对于反应发变组范围以内的非短路性故障、且允许较长时间延时动作的保护,宜动作于程序跳闸;对于机组工艺系统,不具备设解列、解列灭磁出口时,可设停机(全停)出口。

1.3 反应相间短路故障的主保护——纵差动保护

1.3.1 发电机双折线比率制动式完全纵差动保护

1.3.1.1 基本工作原理

图 1-1 (a) 所示为发电机完全纵差动保护接线, \dot{I}_{II} 为流入发电机的机端电流(相应的 TA 二次三相电流为 \dot{I}_{IIa} 、 \dot{I}_{IIb} 、 \dot{I}_{IIc})、 \dot{I}_I 为从中性点 N 流入发电机的中性点电流(相应的 TA 二次三相电流为 \dot{I}_{Ia} 、 \dot{I}_{Ib} 、 \dot{I}_{Ic})。当 TA 的变比为 n_{TA} 时,则流入纵差动保护差回路电流 I_{op} (称动作电流)、纵差动保护的制动电流 I_{res} 分别为

$$\left. \begin{aligned} I_{op} &= \frac{1}{n_{TA}} |\dot{I}_I + \dot{I}_{II}| \\ I_{res} &= \frac{1}{n_{TA}} \frac{|\dot{I}_I - \dot{I}_{II}|}{2} \end{aligned} \right\} \quad (1-1)$$

显然,发电机外部相间短路故障时, \dot{I}_{II} 流向倒向,使 $I_{op} \approx 0$ 、 $I_{res} = I_K^{(2)}/n_{TA}$ ($I_K^{(2)}$ 为通过发电机的短路电流),差动继电器因制动电流大、动作电流小而处于不动作状态。发电机内部或引出线发生相间故障时,因 $\dot{I}_I + \dot{I}_{II} = \dot{I}_K^{(2)}$ ($\dot{I}_K^{(2)}$ 为相间短路电流),所以 $I_{op} = I_K^{(2)}/n_{TA}$ 较大、 I_{res} 较小,差动继电器动作。

需要指出:这种发电机的完全纵差动保护仅反应发电机及其引出线的相间短路故障,不反应定子绕组一相中的匝间短路故障、定子绕组开焊故障、定子绕组的接地故障以及转子回路的故障。

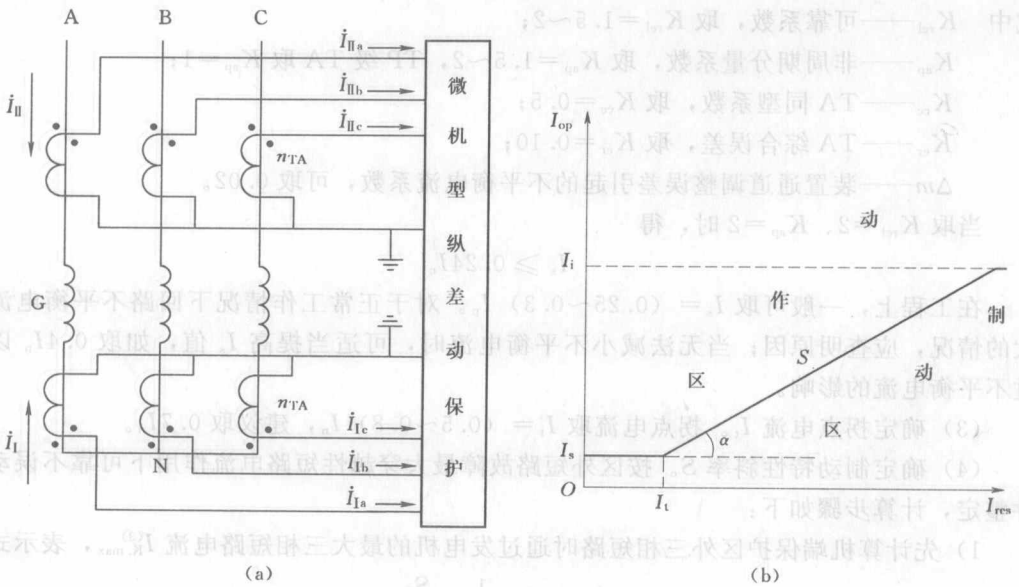


图 1-1 发电机纵差动保护接线及其双折线比率制动特性

(a) 纵差动保护接线; (b) 双折线比率制动特性

1.3.1.2 制动特性与动作方程

图 1-1 (b) 所示为发电机纵差动保护的双折线比率制动特性 (简称制动特性), 其中 I_s 为最小动作电流, I_t 为拐点电流, S 为比率制动特性斜率 ($S = \tan\alpha$)。制动特性上方为动作区、下方为不动作区 (也称制动区), 图 1-1 (b) 中 I_t 为差动速断动作电流。制动特性用动作方程来描述时, 动作区的表示式为

$$\left. \begin{aligned} I_{op} &\geq I_s && (I_{res} \leq I_t \text{ 时}) \\ I_{op} &\geq I_s + S(I_{res} - I_t) && (I_{res} > I_t \text{ 时}) \end{aligned} \right\} \quad (1-2)$$

比率制动特性要整定的参数是 I_s 、 I_t 、 S 。

1.3.1.3 整定计算

(1) 计算发电机二次额定电流。发电机的一次额定电流 I_N 、二次额定电流 I_n 的表示式为

$$\left. \begin{aligned} I_N &= \frac{P_N}{\sqrt{3}U_N \cos\phi} \\ I_n &= \frac{I_N}{n_{TA}} \end{aligned} \right\} \quad (1-3)$$

式中 P_N ——发电机的额定功率;
 U_N ——发电机的额定相间电压;
 $\cos\phi$ ——发电机的额定功率因数。

(2) 确定最小动作电流 I_s 。按外部短路故障切除不误动条件整定, 此时发电机周期分量电流可认为仍是额定电流 I_N , 但含有非周期分量电流, 所以 I_s 应满足

$$I_s \geq K_{rel}(K_{ap}K_{cc}K_{er} + \Delta m)I_n \quad (1-4)$$

式中 K_{rel} ——可靠系数, 取 $K_{rel}=1.5\sim 2$;

K_{ap} ——非周期分量系数, 取 $K_{ap}=1.5\sim 2$, TP 级 TA 取 $K_{ap}=1$;

K_{cc} ——TA 同型系数, 取 $K_{cc}=0.5$;

K_{er} ——TA 综合误差, 取 $K_{er}=0.10$;

Δm ——装置通道调整误差引起的不平衡电流系数, 可取 0.02。

当取 $K_{rel}=2$ 、 $K_{ap}=2$ 时, 得

$$I_s \geq 0.24I_n$$

在工程上, 一般可取 $I_s = (0.25\sim 0.3) I_n$ 。对于正常工作情况下回路不平衡电流较大的情况, 应查明原因; 当无法减小不平衡电流时, 可适当提高 I_s 值, 如取 $0.4I_n$ 以躲过不平衡电流的影响。

(3) 确定拐点电流 I_t 。拐点电流取 $I_t = (0.5\sim 0.8) I_n$, 建议取 $0.7I_n$ 。

(4) 确定制动特性斜率 S 。按区外短路故障最大穿越性短路电流作用下可靠不误动条件整定, 计算步骤如下:

1) 先计算机端保护区外三相短路时通过发电机的最大三相短路电流 $I_{K,max}^{(3)}$, 表示式为

$$I_{K,max}^{(3)} = \frac{1}{X''_d} \frac{S_B}{\sqrt{3}U_N} \quad (1-5)$$

式中 X''_d ——折算到 S_B 基准容量的发电机直轴饱和次暂态同步电抗标么值;

S_B ——基准容量, 通常取 $S_B=100\text{MVA}$ 或 1000MVA ;

U_N ——发电机额定相间电压。

2) 再计算差动回路最大不平衡电流 $I_{unb,max}$, 其表示式为

$$I_{unb,max} = (K_{ap}K_{cc}K_{er} + \Delta m) \frac{I_{K,max}^{(3)}}{n_{TA}} \quad (1-6)$$

因最大制动电流 $I_{res,max} = \frac{I_{K,max}^{(3)}}{n_{TA}}$, 所以制动特性斜率 S 应满足

$$S \geq \frac{K_{rel}I_{unb,max} - I_s}{I_{res,max} - I_t}$$

式中 K_{rel} ——可靠系数, 可取 $K_{rel}=2$ 。

一般取 $S=0.3\sim 0.5$ 。

(5) 灵敏度计算。发电机与系统断开, 当机端保护区内两相短路时, 灵敏系数应不低于 2 (1.5)。

先计算流入差动回路的电流 I_d , 表示式为

$$I_d = \sqrt{3} \frac{1}{X''_d + X_2} \frac{S_B}{\sqrt{3}U_N} \frac{1}{n_{TA}} \quad (1-7)$$

式中 X_2 ——折算到 S_B 基准容量的发电机饱和负序电抗标么值。

因为此时的制动电流 I_{res} 为

$$I_{res} = \frac{1}{2} I_d = \frac{\sqrt{3}}{2} \frac{1}{X''_d + X_2} \frac{S_B}{\sqrt{3}U_N} \frac{1}{n_{TA}} \quad (1-8)$$

相应的动作电流 I_{op} 为

$$I_{op} = I_s + S(I_{res} - I_t)$$