

DGT801 系列

数字式发电机变压器组保护装置

技术说明书

V1.2

国电南京自动化股份有限公司
国电南自凌伊电力自动化有限公司
2004 年 5 月

*本说明书可能会被修改，请注意最新版本资料

*国电南自技术部监制

目 录

| | |
|--|----|
| 1 概述 | 1 |
| 1.1 DGT801 系列装置简介 | 1 |
| 1.2 应用范围 | 1 |
| 1.3 保护功能 | 2 |
| 2 装置性能特点 | 7 |
| 2.1 双电源双 CPU 系统硬件结构 | 7 |
| 2.2 高性能的硬件平台 | 7 |
| 2.3 独创的双 CPU 并行处理技术 | 7 |
| 2.4 独创的双回路直流电源供电 | 9 |
| 2.5 完善的自检及互检功能 | 9 |
| 2.6 信号出口指示直观明确 | 10 |
| 2.7 保护压板和出口压板独立设置，状态明确指示 | 10 |
| 2.8 友好的人机界面，装置全透明化 | 10 |
| 2.9 强大的通讯功能 | 10 |
| 2.10 强抗干扰能力 | 11 |
| 2.11 保护功能齐全 | 11 |
| 2.12 保护配置灵活可靠 | 11 |
| 2.13 保护采用新原理、新技术 | 11 |
| 2.14 先进的软件设计技术 | 12 |
| 2.15 发电机差动保护和变压器差动的特性 | 12 |
| 2.16 专用定子匝间保护特性 | 12 |
| 2.17 定子接地保护特性 | 13 |
| 2.18 转子接地保护特性 | 13 |
| 2.19 失磁保护特性 | 13 |
| 2.20 失步保护特性 | 14 |
| 2.21 后备保护类型可灵活配置 | 14 |
| 3 配置方案 | 15 |
| 3.1 600MW（300MW）—500kV 发变组单元接线保护配置（双重化的双套配置） | 15 |
| 3.2 300MW—220kV 发变组保护配置方案 1（双重化的双套配置） | 17 |
| 3.3 300MW—220kV 发变组保护配置方案 2（单套化） | 19 |

| | | |
|------|---|----|
| 3.4 | 125MW 机组（三卷变压器）保护配置方案 1（双重化的双套配置） | 21 |
| 3.5 | 125MW 机组（三卷变）保护配置方案 2（单套化） | 23 |
| 3.6 | 双套化配置方案中高厂变高压侧 TA 配置说明 | 27 |
| 4 | 技术参数 | 29 |
| 4.1 | 机械及工作环境参数 | 29 |
| 4.2 | 储存、运输极限环境温度和工作使用地点要求 | 29 |
| 4.3 | 额定电气参数 | 29 |
| 4.4 | 功率消耗 | 29 |
| 4.5 | 过载能力 | 29 |
| 4.6 | 绝缘性能 | 30 |
| 4.7 | 抗干扰性能 | 30 |
| 4.8 | 直流电源影响 | 30 |
| 4.9 | 连续通电 | 30 |
| 5 | 保护的主要技术指标 | 31 |
| 5.1 | 发电机纵差动（循环闭锁出口方式） | 31 |
| 5.2 | 发电机纵差动（单相出口方式）、发电机不完全差动、发电机裂相横差、励磁机差动、电缆差 | 31 |
| 5.3 | 发变组差动、变压器差动（包括主变、厂变、励磁变、备变） | 31 |
| 5.4 | 发电机高灵敏横差保护 | 32 |
| 5.5 | 发电机纵向零序电压匝间保护 | 32 |
| 5.6 | 发电机故障分量负序方向匝间保护 | 32 |
| 5.7 | 发电机 3U0 定子接地保护 | 33 |
| 5.8 | 发电机三次谐波式定子接地保护 | 33 |
| 5.9 | 发电机 3I0 定子接地保护 | 33 |
| 5.10 | 发电机转子一点接地保护 | 33 |
| 5.11 | 发电机转子二点接地保护 | 33 |
| 5.12 | 发电机对称过负荷保护（定、反时限） | 33 |
| 5.13 | 发电机负序过负荷保护（定、反时限） | 34 |
| 5.14 | 发电机失磁保护（阻抗原理） | 34 |
| 5.15 | 发电机失磁保护（逆无功原理） | 35 |
| 5.16 | 发电机失步保护 | 35 |
| 5.17 | 发电机过电压低电压保护 | 35 |

| | | |
|------|-------------------------------|----|
| 5.18 | 发电机过激磁保护（定、反时限） | 36 |
| 5.19 | 发电机逆功率、低功率保护 | 36 |
| 5.20 | 发电机频率异常保护 | 36 |
| 5.21 | 发电机励磁回路过负荷（交流）保护（定、反时限） | 36 |
| 5.22 | 发电机励磁回路过负荷（直流）保护（定、反时限） | 37 |
| 5.23 | 发电机误上电保护 | 37 |
| 5.24 | 发电机启停机保护 | 37 |
| 5.25 | 发电机轴电流保护 | 37 |
| 5.26 | 发电机次同步过流保护 | 37 |
| 5.27 | 电压闭锁过电流保护（包括发电机、主变、厂变、备变） | 38 |
| 5.28 | 阻抗保护（包括发电机、变压器） | 38 |
| 5.29 | 变压器零序电流保护 | 38 |
| 5.30 | 变压器间隙零序保护 | 38 |
| 5.31 | 变压器通风启动 | 38 |
| 5.32 | 断路器失灵启动保护 | 38 |
| 5.33 | 断路器非全相保护 | 39 |
| 5.34 | 变压器电压闭锁方向过流保护 | 39 |
| 5.35 | 变压器零序方向过流保护 | 39 |
| 5.36 | 变压器负序方向过流保护 | 39 |
| 5.37 | 非电量保护 | 39 |
| 6 | 保护原理及逻辑说明 | 40 |
| 6.1 | 发电机纵差动保护 | 40 |
| 6.2 | 变压器纵差动保护（包括发变组、主变、厂变、励磁变、启备变） | 45 |
| 6.3 | 变压器零序差动保护 | 54 |
| 6.4 | 发电机横差保护 | 57 |
| 6.5 | 励磁机差动保护 | 61 |
| 6.6 | 发电机纵向零序电压式匝间保护 | 63 |
| 6.7 | 发电机基波零序电压式定子接地保护 | 67 |
| 6.8 | 发电机三次谐波电压式定子接地保护 | 69 |
| 6.9 | 发电机零序电流式定子接地保护 | 72 |
| 6.10 | 发电机注入式转子一点接地保护 | 73 |

| | |
|-------------------------------------|-----|
| 6.11 发电机转子两点接地保护····· | 75 |
| 6.12 发电机失磁保护（阻抗原理）····· | 76 |
| 6.13 发电机失磁保护（逆无功原理）····· | 81 |
| 6.14 发电机失步保护····· | 83 |
| 6.15 发电机逆功率保护和程跳逆功率保护····· | 87 |
| 6.16 发电机频率异常保护····· | 89 |
| 6.17 过激磁保护（包括发电机、变压器）····· | 91 |
| 6.18 发电机过电压保护····· | 94 |
| 6.19 发电机过负荷及过电流保护（定时限）····· | 95 |
| 6.20 发电机负序过负荷及负序过流保护（定时限）····· | 96 |
| 6.21 发电机反时限对称过负荷保护····· | 97 |
| 6.22 发电机反时限不对称过负荷保护····· | 100 |
| 6.23 发电机转子绕组过负荷及过流保护····· | 103 |
| 6.24 电压闭锁过流保护（包括发电机、主变、厂变、启备变）····· | 107 |
| 6.25 发电机轴电压和轴电流保护····· | 110 |
| 6.26 低电流保护····· | 112 |
| 6.27 阻抗保护（包括发电机、变压器）····· | 113 |
| 6.28 变压器间隙零序保护····· | 116 |
| 6.29 变压器零序电流保护（包括主变、厂变、备变）····· | 117 |
| 6.30 变压器零序方向过流保护····· | 119 |
| 6.31 负序方向过流保护····· | 121 |
| 6.32 变压器方向过流保护····· | 123 |
| 6.33 变压器电压闭锁方向过流保护····· | 124 |
| 6.34 发电机误上电保护及断路器闪络保护····· | 127 |
| 6.35 双分支电压闭锁过流保护（包括高厂变、启备变）····· | 130 |
| 6.36 高压侧断路器失灵启动保护····· | 133 |
| 6.37 非全相保护····· | 134 |
| 6.38 电压平衡式 TV 断线判别····· | 136 |
| 6.39 非电量保护····· | 137 |

1 概述

本说明书为 DGT801A、DGT801B、DGT801C、DGT801F 数字式发电机变压器组保护装置的技术说明部分。

1.1 DGT801 系列装置简介

DGT801A、DGT801B、DGT801C、DGT801F 装置是 DGT801 系列产品，它们的硬件和软件模式完全相同，所不同的只是硬件资源数及机箱液晶屏大小，详见表 1.1。它们均采用独创的双电源双 CPU 并行处理技术，结构先进，性能优良，调试和维护人性化，运行可靠安全。

DGT801A、DGT801B、DGT801C 装置保护软件完全相同，均包含了 600MW~1000MW 机组所需要的全部保护功能。工程配置时，通过图形化定义软件可灵活选配各层装置所需的保护模块，使各层 DGT801A（或 B、C）装置完成了各异的保护功能，若干层 DGT801A（或 B、C）装置组合后完成各种容量发电机变压器保护。

DGT801F 装置专门用于需独立组柜的机组非电量保护。

1.2 应用范围

DGT801A（或 B、C）数字式发电机变压器组保护装置，适用于容量 1000MW 及以下、电压等级 750KV 及以下的各种容量各种接线方式的火电及水电发电机变压器组保护，也可单独作为发电机、主变压器、厂用变压器、高压启动备用变压器、励磁变压器（励磁机）、大型同步调相机、厂用电抗器等保护，并满足电厂自动化系统的要求。

每层 DGT801A（或 B、C）装置可完成若干主保护、若干异常运行保护及后备保护。各层 DGT801A（或 B、C）装置的保护功能可按要求灵活选择。

DGT801F 装置专用提供机组的非电量保护。

对于《反措》要求的大中型机组双重化（即完全双套化）配置要求，若每套保护分别由两层相互独立的 DGT801A（或 B、C）装置构成，并按继电保护《规程》要求合理分配这两层装置的保护功能（详见保护配置章），使每套保护中的主、后备保护不但品种齐全，且相互独立，真正起到主保护和后备保护所应起的作用，单套保护可实现《反措》要求的独立运行，可靠性达到 N-1（N-1 概念指：保护装置因某种原因，在某一处（硬件或软件）发生故障，机组还有主保护和后备保护，还可以继续运行）。按这种要求配置的双套保护，双套同时运行时可靠性就非常高，达到了 N-2。极大地满足《反措》中关于双套化保

护实现后可以防止保护装置拒动而导致系统事故的要求。

1.2.1 DGT801C 应用范围

DGT801C 装置简称为小模式，它可完成的保护功能相对较少，一般适用于中、小型发电机变压器保护，见表 1.1。

1.2.2 DGT801A 应用范围

DGT801A 装置简称为中模式，它可完成的保护功能略多于 C 型装置。但人机界面配置豪华强大，见表 1.1。一般适用于大中型发电机变压器保护，或要求较高的小型机组保护。

1.2.3 DGT801B 应用范围

DGT801B 装置简称为大模式，它的硬件资源配置最强大。单层装置就可以完成 600MW 及以下容量的大、中型机组的全部保护功能，即主后一体化装置。两层这样的装置组合后，可构成机组双重化要求的最经济配置。同时运行时其可靠性满足继电保护的《规程》要求。

1.3 保护功能

DGT801A、B、C 装置保护软件完全相同，且完全模块化，包含 600MW~1000MW 机组所需要的全部保护模块均已固化在装置程序芯片中。

通过图形化定义软件灵活选配，即可使 DGT801A、B、C、F 装置满足大中小型各类发电机变压器保护的配置要求。

- ◆ 发电机定子短路主保护
 - 发电机纵差动保护
 - 发变组差动保护
 - 发电机不完全纵差动保护
 - 发电机裂相横差保护
 - 发电机高灵敏横差保护
 - 发电机纵向零序电压式匝间保护
- ◆ 发电机定子单相接地保护
 - 发电机 $3U_0$ 定子接地保护
 - 发电机 $3I_0$ 定子接地保护

发电机高灵敏三次谐波电压式定子接地保护

- ◆ 发电机励磁回路接地保护

发电机转子一点接地保护

发电机转子二点接地保护

- ◆ 发电机定子短路后备保护

发电机过流保护

发电机电压闭锁过流保护

发电机负序过流保护

发电机阻抗保护

- ◆ 发电机异常运行保护

发电机失磁保护

发电机失步保护

发电机逆功率保护

发电机程跳逆功率保护

发电机频率异常保护

发电机过激磁保护（定、反时限）

发电机过电压保护

发电机低电压保护

发电机对称过负荷保护（定、反时限）

发电机不对称过负荷保护（定、反时限）

发电机励磁回路过负荷保护（定、反时限）

发电机误上电保护

发电机启停机保护

发电机轴电流保护

发电机轴电压保护

发电机 TA、TV 断线判别

- ◆ 主变压器主保护

主变纵差动保护

主变单侧差动保护

主变零序差动保护

发变组差动保护

◆ 主变压器异常运行及后备保护

主变压器过激磁保护（定、反时限）

主变压器零序电流保护

主变压器间隙电流电压保护

主变压器电压闭锁过流保护

主变压器过流保护

主变压器阻抗保护

主变压器方向过流保护

主变压器电压闭锁方向过流保护

主变压器负序方向过流保护

主变压器零序方向过流保护

主变压器过负荷保护

主变压器通风启动

主变压器 TA、TV 断线判别

◆ 高压厂用变压器保护

高厂变差动保护

高厂变电压闭锁过流保护

高厂变分支限时速断过流保护

高厂变分支零序电流保护

高厂变分支电压闭锁过流保护

高厂变过负荷保护

高厂变通风启动

高厂变 TA、TV 断线判别

◆ 励磁变压器（或励磁机）保护功能

励磁变（机）差动保护

励磁变（机）限时速断过流保护

励磁变（机）过负荷保护（定、反时限）

励磁变（机）TA 断线判别

◆ 高压启动备用变压器保护

启备变差动保护

启备变电压闭锁过流保护

启备变零序电流保护

启备变间隙零序电流电压保护

启备变分支电压闭锁过流保护

启备变分支限时速断过流保护

启备变分支零序过流保护

启备变过负荷保护

启备变通风启动

启备变 TA、TV 断线判别

◆ 其它保护功能

断路器失灵启动保护

断路器非全相保护

发电机强励启动

过流闭锁（断路器遮断容量不够时采用）

发电机电超速保护

短引线差动保护

◆ 非电量保护（开入量保护）

各类型变压器的重瓦斯、轻瓦斯、压力释放、油位、油温、温度、冷却器全停保护

发电机热工、断水、励磁系统故障等保护

高周切机保护

◆ 附加功能

通讯功能，可接入电厂 DCS 系统。

双 CPU 故障录波功能，数据与 COMTRADE 格式兼容，且掉电不消失。

提供基于 WINDOWS 的网络化运行管理系统，可直接接入电厂的 MIS 系统。

表 1.1 DGT801A、B、C、F 保护装置简介

| 装置型号 | | DGT801C | DGT801A | DGT801B | DGT801F |
|------------|----------|------------------|----------------|---------|-----------------------|
| 硬件配置 特点 | 逆变电源及空开数 | 2 | 3 | 3 | 1 |
| | 保护 CPU 数 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| | 管理 CPU 数 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | 真彩液晶显示屏 | 6.4" | 10.4" | 10.4" | 6.4" |
| | 操作模式 | 触摸鼠标 | 触摸屏 | 触摸屏 | 触摸鼠标 |
| | 机箱尺寸 | 6U | 10U | 12U | 6U |
| 保护接口 资源 | 模拟量 | 28 | 30 | 60 | 0 |
| | 出口数 | 4×4 | 4×4 | 4×6 | 4×4 |
| | 信号数 | 8×4 | 8×6 | 8×6 | 8×4 |
| | 保护压板数 | 22 | 4×6 | 4×6+8×2 | 22 |
| | 直跳开关量 | 4 | 4×2 | 4×2 | 4×2/4×3 |
| | 软件开关量 | 8 | 12 | 8×2 | 8×2/8×3 |
| 适用范围（仅供参考） | | 中 小 型 机 组、启备变 | 大中小型机 组、启备变 | 大型机组 | 需独立组柜 的机组非电 量保护 |

2 装置性能特点

2.1 双电源双 CPU 系统硬件结构

DGT801 系列装置硬件结构的逻辑框图如图 2.1 所示

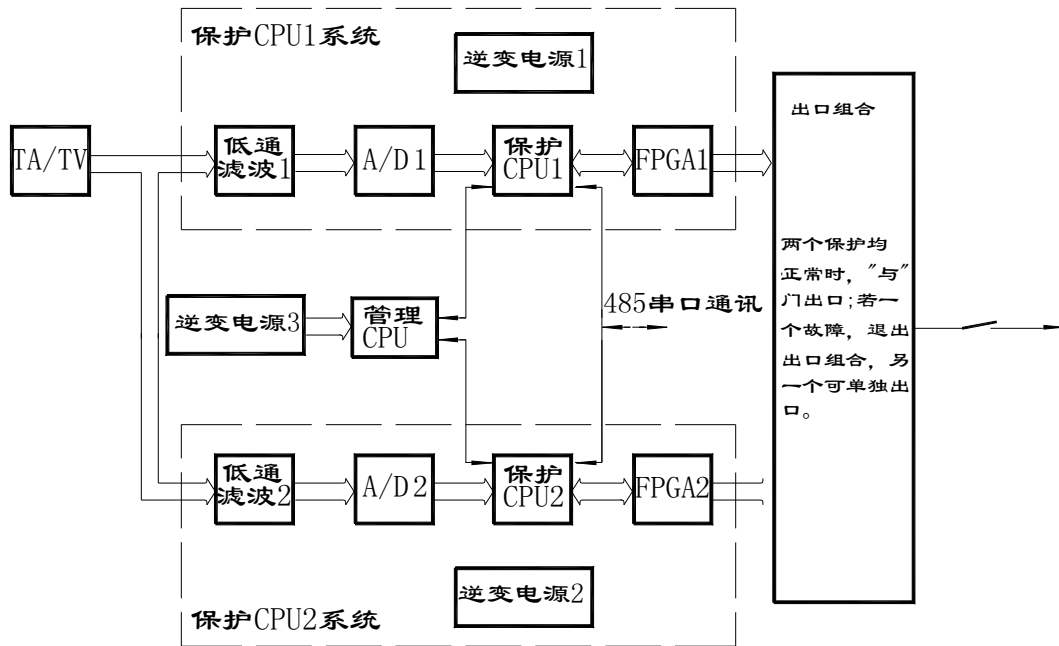


图 2.1 DGT801 系列装置硬件框图

由图 2.1 可以看出，装置由双电源双 CPU 系统构成，保护 CPU1 系统和保护 CPU2 系统是完全相同的两套系统，但相互之间又完全独立。每套系统中均包含电源、滤波、采样、CPU 及大规模门阵列 FPGA 等硬件回路；可独立完成采样、保护、出口、自检、故障信息处理和故障录波等全部软件功能。管理 CPU 实现与两个保护 CPU 系统的信息交互和人机界面控制，并与电厂 DCS 控制系统通讯。此外，两个保护 CPU 之间通过隔离相互查检，以提高装置运行的可靠性。

2.2 高性能的硬件平台

保护 CPU 采用 Intel 公司高性能的 32 位嵌入式处理器；A/D 采用 16 位高精度高速 A/D 转换器。装置中还采用了大规模可编程逻辑控制器 FPGA，大容量快速出口继电器等。主要元器件均为工业级标准，核心器件采用军品级。高性能的硬件保证了保护装置的高品质。

2.3 独创的双 CPU 并行处理技术

正常情况下，在保证出口回路悬浮不带电的安全机制下，同一组信息和数据由两个完全相同但相互独

立的保护 CPU 系统同时进行同样的处理和判断，“与”门出口。从而有效的防止了硬件回路中元件损坏造成保护装置误出口，使装置具有冗余性。

若有一个保护 CPU 系统出现故障，相关的自检电路发出故障告警信号，同时该保护 CPU 系统退出运行。这时，另一正常的保护 CPU 系统可以单独运行，完全承担所有的保护功能。这样消除了硬件回路任一元件损坏就导致该层保护全部退出的缺憾，这对于单层机箱集成了一、二十几种保护功能（甚至发变组全部保护功能）的情况，对保障被保护对象的安全运行是十分必要的，使装置具有容错性。

这种独创的双 CPU 并行处理方式，把装置防误动和防拒动性能有机统一起来。

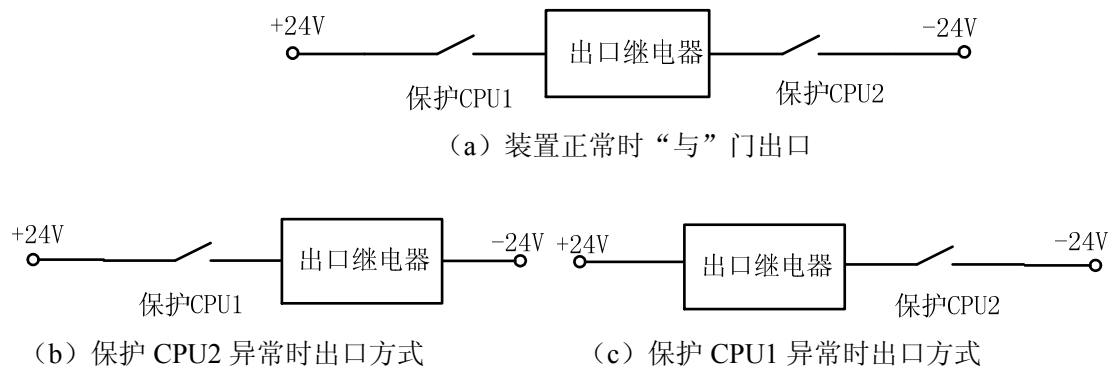


图 2.2 独创的双 CPU 并行处理出口模式

2.4 独创的双回路直流电源供电

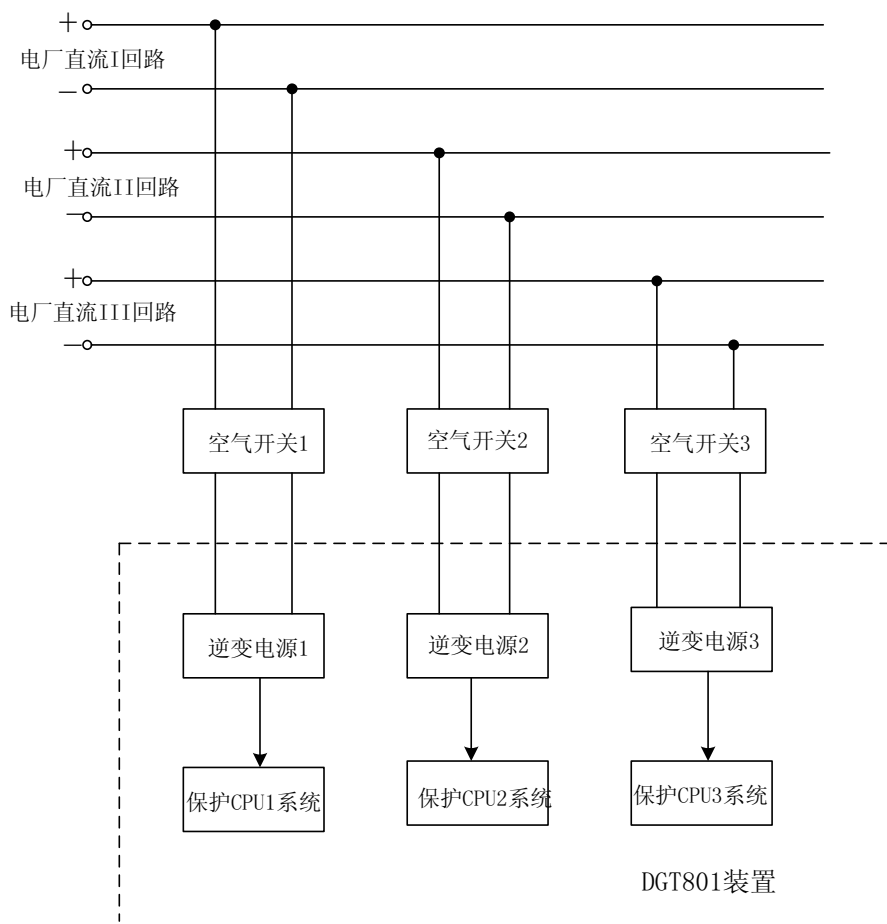


图 2.3 一层 DGT801 系列装置直流电源供电回路图

每层 DGT801A（或 B、C）由相互独立的两个保护 CPU 系统组成，这两个保护 CPU 系统分别由两个独立的逆变电源模件供电，逆变电源模件输入分别经过两个独立的空气开关接入电厂的不同直流回路中。另外，管理 CPU 系统也有自己的逆变电源模件和空气开关，见图 2.3 示。这样，在一套 DGT801A（或 B、C）机箱中，保护实现了双回路供电，当逆变电源模件或电厂某路直流回路故障时，保护既不会误动，也不会失去保护功能。大大提高了装置的可靠性。

2.5 完善的自检及互检功能

每个保护 CPU 均有完善的自检回路及自检软件。在硬件回路中，如电源、A/D、CPU、FPGA、出口信号中间等回路均设计了周密的自检电路，通过强大的软件自检程序，可以检查出保护 CPU 系统中几乎所有回路的故障，且定位精确。此外，两个独立的保护 CPU 系统之间，以及管理 CPU 与保护 CPU 之间还有

互检功能。“看门狗”电路也是保证 CPU 正确工作的有效手段。

一旦检测出异常，除发告警信号外，立即退出异常 CPU 系统，而由另一 CPU 系统单独运行。单 CPU 系统运行的可靠性仍能满足规程规定的传统数字保护对可靠性的要求。另外，在就地大液晶界面或后台管理机界面，均能显示故障插件和故障性质。

2.6 信号出口指示直观明确

装置设置多路带自保持的动作信号灯及其继电器，多路出口信号灯及其继电器。动作信号灯和出口信号灯放置在装置面板的下半部分，可直观地反映整套保护装置的动作情况。

2.7 保护压板和出口压板独立设置，状态明确指示

装置面板上每种需出口的保护设有投退压板（保护压板），上方有其状态指示灯，便于运行人员投退操作。另外，指示灯直观反映压板“断”、“合”状态。其状态在就地界面上也有显示，也可通过通讯上传到 DCS 系统中。

保护柜下部每个出口回路装设投退压板（出口压板）。

保护压板一般为弱电回路，而出口压板为强电回路。分开设置后保证装置的强弱电严格分开。

2.8 友好的人机界面，装置全透明化

装置面板上设置有大屏幕真彩液晶，全中文提示，显示内容丰富。既有该层保护装置的总体概况介绍，如按输入通道类、信号类、出口类等，一一归类介绍；也有按保护品种介绍，把某一个保护的输入量、计算量、整定值等显示在一个屏幕上。实现了保护装置的全透明化。

操作采用先进的触摸屏方式，整定输入时会弹出 10 个数字键盘，易于修改定值，一些重要的控制操作必需口令进入。既人性化，又安全可靠。

也可以选择工控机作为操作界面，全中文 Window 环境，操作自如，显示信息更加丰富。用户常用的功能有：输入通道显示，瞬时采样值观察，装置自检状态，开入量状态，出口传动试验，软件选择保护投运，各保护原理逻辑框图显示，定值整定及显示和计算量监视，保护压板状态监视等等。厂家调试时常用的功能有：选择什么保护，各保护的原理，输入通道要求，几段定值，几段延时，发信还是跳闸，出口方式等定义，定义后下载等。

2.9 强大的通讯功能

装置配有 RS—485 口，100M 以太网通讯口，与 DCS 或专用的管理系统通讯，上传有关信息和报文。

具有强大的故障录波功能，录波数据与 COMTRADE 格式兼容。支持 MODBUS 和 IEC60870-5-103 标准通讯规约。

2.10 详尽的记录功能

装置可记录百次以上的动作事件和操作事件，保护动作事件记录中包括动作时间和哪种保护动作等；操作事件记录任何一次对装置的操作及其操作者，比如定值修改，保护定义下载等。

2.11 强抗干扰能力

整面板、背插式、全封闭机箱，及强弱电彻底分离等措施，提高了装置的抗干扰能力，同时加强软件技术上的抗干扰措施，装置的整体抗干扰能力达到甚至高于国家最高 IV 级标准，电磁辐射满足相关环保要求。

2.12 保护功能齐全

作为发变组保护的主导厂家，数字式发变组保护的开发和应用已有近二十年历史，取得了辉煌的成果和骄人的业绩，也积累了丰富的运行经验。那些经应用并证实在原理和性能十分优越的保护品种直接移植到本产品上来，如 3 ω 定子接地、低频、阻抗等保护；在近年来理论上有所突破的保护，或在实践中需改进的保护，在本装置中积极探索，严谨开发并在运行中得到验证。如标积差动原理，波形对称原理防止励磁涌流，误上电，启停机等保护。本装置的保护品种齐全，可应用在 600MW 以上（包括 1000MW）特大型机组上。

2.13 保护配置灵活可靠

本装置独创了保护高度模块化+图形组态选择配置的方法，解决了用一套软件版本实现不同机组的保护配置问题，这样既灵活的满足不同机组的需求，又绝对安全可靠。

具体说，把各个保护模块独立完整的开发出来，存贮在大容量的保护 CPU 存储器上，然后由专用的后台保护定义软件激活所需的保护模块，包括每个保护的输入量，保护原理和逻辑，信号输出，跳闸方式等，这些操作全是图形化组态选择，直观明了，只需轻移鼠标即可完成以上选择，选中激活后便永久保存，并且在后台机界面上随时可查看各保护的原理逻辑框图和出口信号要求。

2.14 保护采用新原理、新技术

装置中采用了许多数字保护的新技术，如：

基于原理的神经网络保护原理；拟小波技术；预测波形和二乘方技术；自适应技术；综合保护技术；标积技术；快速算法技术；高抗 TA 饱和的鲁棒技术；波形技术等。

2.15 先进的软件设计技术

在软件设计中，采用了大量的先进技术。

采用了 NT 分时系统技术，使软件真正彻底地做到了模块化，动态合理地分配各保护模块的运行时序，使保护运行高效、均匀、合理。

采用了类设计技术，使得少量的软件模块完成了更多的保护功能。如过流保护，复合电压过流保护，低电压过流保护，负序过流保护，零序过流保护，间隙零序过压过流保护，复合电压方向过流保护等几十种保护功能都是调用一个 OC 软件模块实现。一个 OC 软件模块的可靠性得到保证后，几十种各异的保护性能均得到了可靠的保证。

采用了面向对象的软件模块设计技术，使各保护之间没有瓶颈，大大提高保护软件的安全性和可靠性。

2.16 发电机差动保护和变压器差动保护的特性

可以选择采用基于保护原理 ANN 的比率制动原理，或基于保护原理 ANN 的标积制动原理。使用小波算法和神经元算法来达到快速安全可靠的目的。并设置差动速断段实现严重故障时的快速出口。TA 断线可选择闭锁差动方式，或只发信方式。

可应用于不完全差动保护。

可实现电气制动闭锁方式。

有极强的 TA 饱和判别能力，采用陷阱技术，有效防止区外故障 TA 饱和时保护误动，同时区内故障 TA 饱和时保护仍能快速动作。

有极强的区外故障切除时防误动能力。保护采用反向负跃变和负荷电流门坎自动改善差动保护性能。

设置差动保护试验态，可很方便地对保护动作特性进行测试。

对于发电机差动，保护动作逻辑可选为单相差动方式，或循环闭锁方式。

对于变压器差动，防止励磁涌流有二种识别方式可选，二次谐波制动和新型波形对称原理，并可选择制动“或”或“与”方式。有过励磁闭锁功能。对于 Y/Δ 变压器，各侧 TA 均可采用 Y 接线，相位补偿平衡系数调整均由软件完成。变压器差动最多可实现六侧。

2.17 专用定子匝间保护特性

- 1) 用专用匝间保护 TV 的开口三角引出的 $3U_0$ 基波量作为动作量,判据分成二段,灵敏段和不灵敏段。
- 2) 灵敏段采用独创的三次谐波增量制动方法,区别于外部故障。动作灵敏,可反映轻微的定子匝间故障。
- 3) 不灵敏段动作迅速,定值相对较高,无制动量。
- 4) 可选择负序功率方向判据,发电机外部故障时闭锁本保护。
- 5) 本保护配置了灵敏的 TV 断线判据,一般采用电压平衡法。

2.18 定子接地保护特性

- 1) 用于保护 90%左右定子绕组接地故障的 $3U_0$ 定子接地保护,其引入电压 $3U_0$ 可取自机端 TV 开口电压,也可取自中性点电压,或它们两者构成的“与”判据。保护具有较高的三次谐波滤过比。
- 2) 三次谐波定子接地保护,反应发电机机端和中性点侧三次谐波电压的矢量关系(大小和相位),保护具有较高的灵敏度,具有较高的基波分量滤过比。并采用自动整定方法,能在发电机并网前或并网后小负荷下,很方便地确定动作系数和制动系数,自动适应不同类型机组的分布参数,提高了保护动作的可靠性。另外,也可选用比较机端和中性点三次谐波电压绝对值的保护原理。
- 3) 对于机端装有很大对地电容的断路器,机组并网前后的分布参数变化很大,可装设两套三次谐波定子接地保护,分别反映并网前后的机组单相接地故障。
- 4) 对于短延时跳闸的定子接地保护,可选用高压侧零序电压作为闭锁判据。

2.19 转子接地保护特性

- 1) 转子一点接地保护采用迭加电源切换采样原理,注入电压为直流 50V,注入到转子负极与大轴之间,并由一个电子开关切换“开”、“闭”状态,获取转子负极对大轴的两个泄漏电流,求解方程组后,实时计算出转子接地电阻,并可显示。
- 2) 此种原理的转子一点接地保护,在转子整个大轴上的灵敏度均等。并且由于是注入式原理,当转子未加励磁电压时也能监视转子绝缘。
- 3) 转子一点接地保护可选择二段定值及二个延时,高定值经短延时分信,低定值长延时可动作于跳闸。
- 4) 转子一点接地保护动作后,自动投入转子二点接地保护,转子二点接地保护动作后瞬时跳闸。

2.20 失磁保护特性

1) 阻抗原理失磁保护

采用阻抗园作为主判据，辅之以转子低电压判据、系统低电压判据、机端低电压判据、机组过功率判据。阻抗园可整定为静稳园，异步园，或带切线的园等。可反应失磁故障对机组本身和系统的影响。出口采取不同措施，如发信，切换励磁，降出力，解列等等。

以上判据可以采用图形组态灵活组合，以满足不同机组的需要。

保护的阻抗元件性能测试时可设置试验态，加单相电流和电压就可以测试出阻抗元件的动作特性。

2) 新型逆无功原理失磁保护

直接反映机组的无功和定子电流，反应失磁故障后机组从系统吸收无功的程度和定子过电流情况，再增加机端低电压判据，系统低电压判据，机组过功率判据监视失磁对机组本身和系统的影响，出口方式可灵活设置。

保护中采用的判据，物理概念清晰，容易整定且不受系统运行方式的影响。

取消了转子电压的辅助判据，特别适合于无刷励磁的发电机。

3) 以上两种原理的失磁保护，可以任意选择，并且这两种原理的失磁保护在系统振荡，或短路故障时均不会误动。

2.21 失步保护特性

失步保护反应机组机端测量阻抗的变化轨迹。只反应机组的失步情况，能可靠躲过系统短路和稳定振荡，并能在失步开始的摇摆过程中区分加速失步和减速失步。

经过可整定的失步滑极次数后，动作于出口跳闸或只发信号。

2.22 后备保护类型可灵活配置

发电机和变压器相间短路的后备保护一般有：过流保护、低压过流保护、复合电压过流保护、阻抗保护等，对于发电机自并励磁方式，还需电流记忆功能，对于三卷变压器或自耦变压器，还需设置方向元件。上述保护均可用装置的图形化组态软件灵活方便地选择。

3 配置方案

DGT801A（或 B、C）装置提供容量为 1000MW 及以下发电机变压器的全套保护。包括发电机、主变、高厂变、励磁变、高压启备变的全部保护功能。

用专用的 DTG801 系列保护定义软件，通过图形组态法选择各层 DGT801A（或 B、C）机箱中保护的配置。若干层机箱组合后可以构成大中小型发变组单元的整套保护，或独立的发电机保护，独立的各类型变压器保护等。

以下介绍几种典型机组和接线方式下的保护配置方案（以 DGT801A 装置为例）。

3.1 600MW（300MW）—500kV 发变组单元接线保护配置（双重化的双套配置）

图 3.1 是 600MW（300MW）—500kV 发变组单元的保护配置图，高压侧为 3/2 断路器，电气量保护配置有：

主保护：发电机纵差、发电机匝间（纵向零序电压式或横差保护）、主变纵差、发电机变压器组差动、高厂变差动；

发电机后备和异常运行保护：对称过负荷（反时限）、不对称过负荷（反时限）、复合电压过流、程跳逆功率、过电压、失磁、失步、逆功率、100%定子接地、过激磁（反时限）、起停机、转子一点二点接地、励磁回路过负荷（反时限）、低频保护等、以及 TV 断线和 TA 断线保护；

主变压器后备和异常运行保护：主变阻抗、零序电流、过负荷、通风启动保护、以及 TV 断线、TA 断线保护；

高厂变后备和异常运行保护：复合电压过流、AB 分支限时速断和复合电压过流、AB 分支零序过流、过负荷、通风启动保护等；

励磁变（机）保护：速断过流保护、过负荷保护等；

其它保护：失灵启动，非全相运行保护。

电气量保护按双重化下的双套配置，见图 3.2 中 A、B 柜。每套配置相同，均由两层相互完全独立的 DGT801A 机箱构成，且同一元件双重化的主保护回路相互独立，同一元件的主后备保护回路相互独立，这样，每套保护都可独立长期可靠运行。双套并列运行可靠性非常高。

◆ 第一层 DGT801A 机箱完成以下保护功能

发电机差动、主变差动、发电机匝间（纵向零序电压式或横差保护）；

发电机失磁、失步、逆功率、100%定子接地、过激磁(反时限)、转子一点二点接地、低频；

厂变分支零序过流；

励磁变速断过流；

TA、TV 断线判别。

◆ 第二层 DGT801A 机箱完成以下保护功能

发变组差动、高厂变差动；

发电机对称过负荷（反时限）、不对称过负荷（反时限）、复合电压过流、程跳逆功率、过电压；

主变阻抗、过负荷、失灵启动、非全相、零序电流、起停机；

厂变复合电压过流、分支限时速断、分支复合电压过流；

TA、TV 断线判别。

◆ 每套保护装置配置特点

- 1) 每套保护装置内发电机和主变压器的主保护已双重化，分别布置在两层 DGT801A 机箱内，回路完全独立，真正起到相互备用作用。
- 2) 发电机、主变压器的主保护和后备保护分别布置在两层 DGT801A 机箱内，主后备保护的回路完全独立，主后备保护的作用完整。
- 3) 每套保护装置的可靠性满足单套长期运行的要求。
- 4) 每套保护装置中的主后备保护可以共用一路 TA 回路。
- 5) 每套保护装置的出口动作于双出口跳闸线圈的其中之一线圈，减少出口压板，杜绝双套化装置的电气联系。
- 6) 每层 DGT801A 机箱中有二个完全相同的保护 CPU 系统，完成相同的保护功能，当二个保护 CPU 系统均正常时为“与”门出口方式；当某个 CPU 系统异常告警退出运行时，出口为“或”门方式，另一个正常的 CPU 系统仍能独立出口，继续完成全部保护功能。使装置的抗误动性能和抗拒动性能都增强。并且这两个保护 CPU 系统的直流电源可以来自不同的蓄电池输入。
- 7) 端子排布置满足规划院“四统一”典设要求。
- 8) 按照运行习惯，每个保护设有硬压板投退及其指示灯（在每层 DGT801A 面板上），出口断路器的出口回路也装有压板，布置在柜体前面的下部。各个保护均有明确的动作信号及接点。
- 9) 每层 DGT801A 机箱设有 10"大液晶真彩屏幕，采用触摸屏操作方式。也可每套机组保护装置配置工控管理机，Window 系统界面操作。

◆ 双套保护装置配置特点

- 1) 因为单套保护装置均为双主一后配置，且回路相互独立，可靠性满足继电保护设计规程，可以保证单套运行也是安全可靠的，所以这种配置的双套化实现了《反措》中关于“当一套保护因异常需要退出或需要检修时，应不影响另一套保护正常运行，从而可以不停机组的运行”。
- 2) 因为单套保护装置的可靠性满足长期独立运行的要求，当双套保护并列运行时，可靠性就非常高。最大限度地满足了《反措》中关于“双套化保护实现后可以防止保护装置拒动而导致系统事故”的要求。
- 3) 由于 DGT801A 装置双 CPU 技术和独特的出口方式，双套保护并列运行时，保护误动概率不会随之升高。

◆ 非电量保护

单独组柜，见图 3.2 中 C 柜，回路出口与电气量保护完全独立。包含以下功能：

主变瓦斯、温度、绕组温度、压力释放、冷却器全停、油位等；

高厂变瓦斯、温度、压力释放、冷却器全停、油位等；

其中瞬时出口的瓦斯等非电量接点直接起动出口继电器，CPU 软件可发信和进行打印管理等；

需延时出口的非电量经 CPU 软件发出口和信号。

3.2 300MW—220kV 发变组保护配置方案 1（双重化的双套配置）

见图 3.3，基本同 300MW—500kV 发变组保护配置（除主变高压侧 TA 取法不同和增加一套间隙零序电流电压保护外）

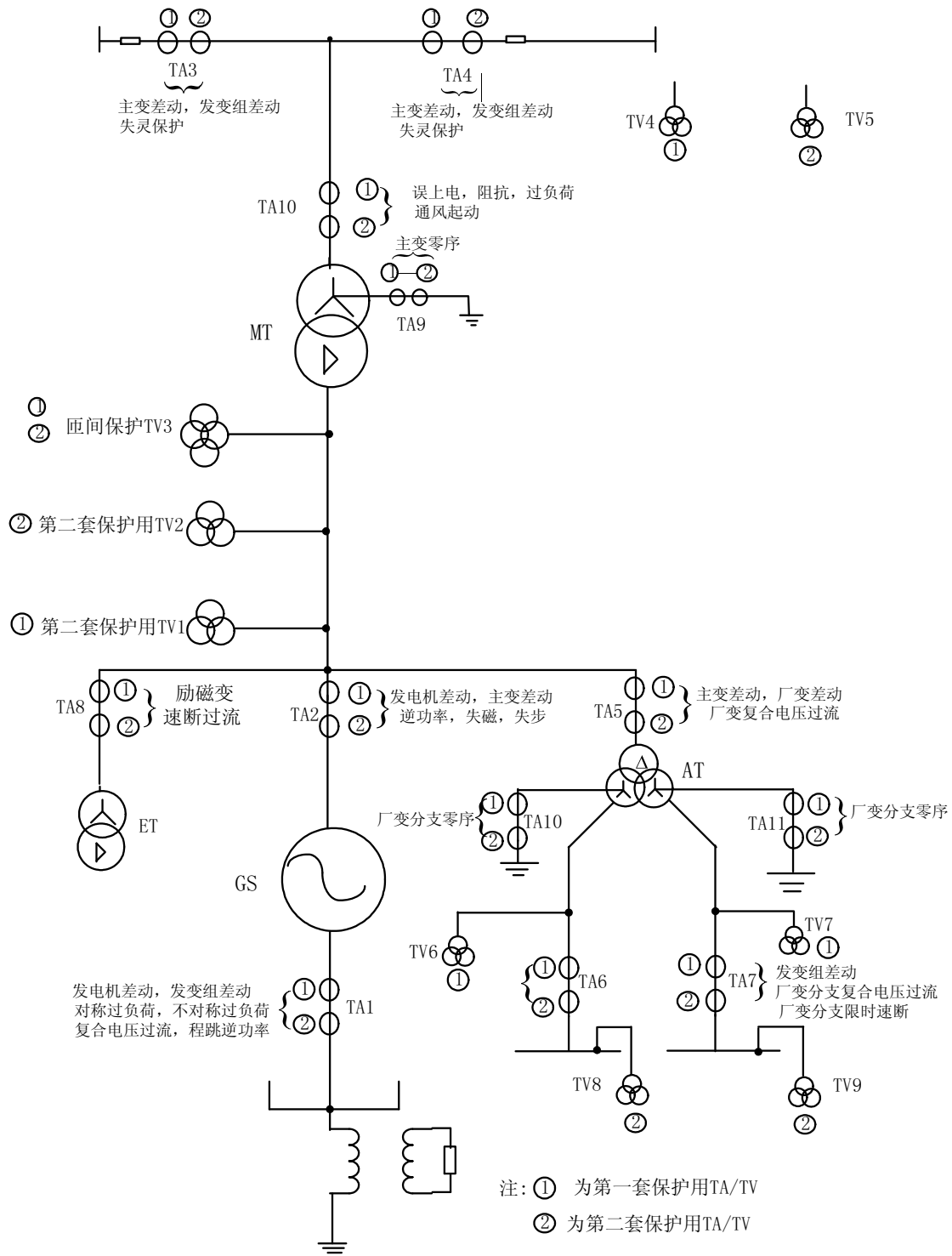


图 3.1 600MW（300MW）—500kV 发变组保护配置图

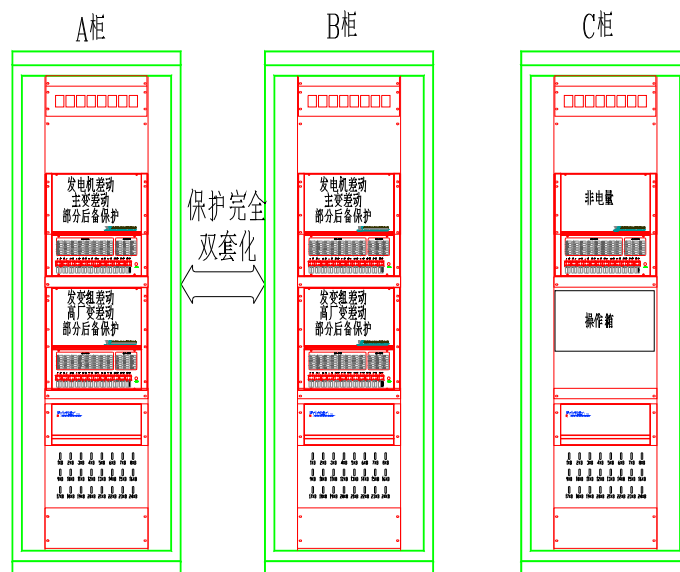


图 3.2 600MW（300MW）—500kV 发变组保护装置

3.3 300MW—220kV 发变组保护配置方案 2（单套化）

按继电保护技术规程配置，一般主保护双重化，后备保护尽量简化，且遵守同一元件的主后备保护之间、主保护之间相互独立原则。

一套保护由三层 DGT801A 机箱构成，每个机箱完成一个元件的主保护和另一个元件的后备保护，使同一元件的双重化主保护相互之间独立，同一元件的主保护与后备保护相互之间也独立，整套保护装置的可靠性满足 N-1 可靠性要求，满足有关技术规程要求。图 3.4 为其配置图。

- ◆ 第一层 DGT801A 机箱完成以下保护功能

主变差动；

厂变复合电压过流、分支限时速断、分支复合电压过流；

厂变分支零序过流；

TA、TV 断线判别。

- ◆ 第二层 DGT801A 机箱完成以下保护功能

发变组差动、发电机匝间（专用纵向零序电压式或横差保护）；

发电机失磁、失步、逆功率、100%定子接地、过激磁、转子一点二点接地、过电压

励磁变速断过流；

TA、TV 断线判别。

◆ 第三层 DGT801A 机箱完成以下保护功能

发电机差动、高厂变差动；

主变阻抗、失灵启动、非全相，零序、间隙零序；

发电机对称过负荷（反时限）、不对称过负荷（反时限）、复合电压过流、程跳逆功率；

TA、TV 断线判别。

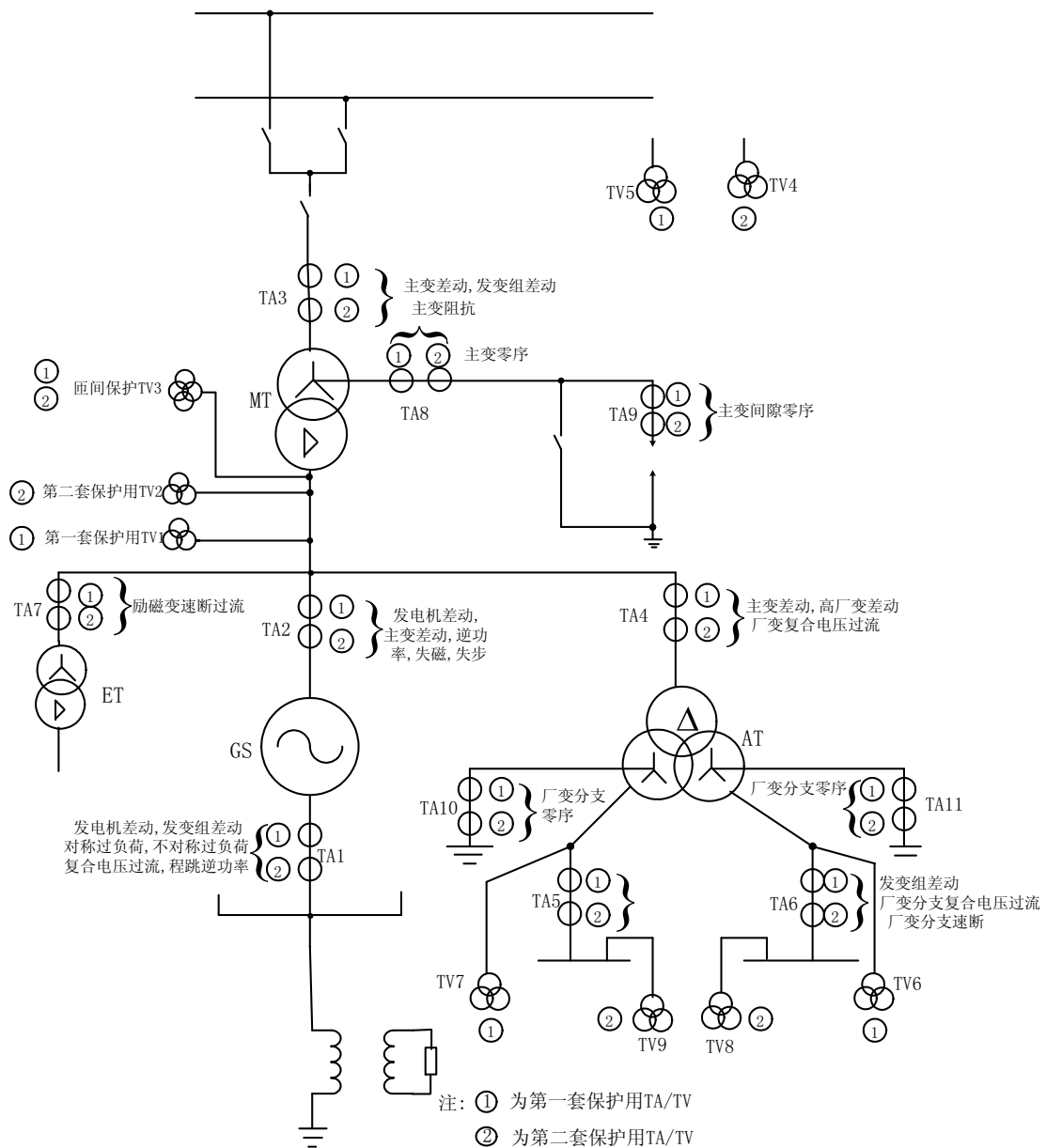


图 3.3 300MW—220kV 发变组保护配置方案 1（双套化）

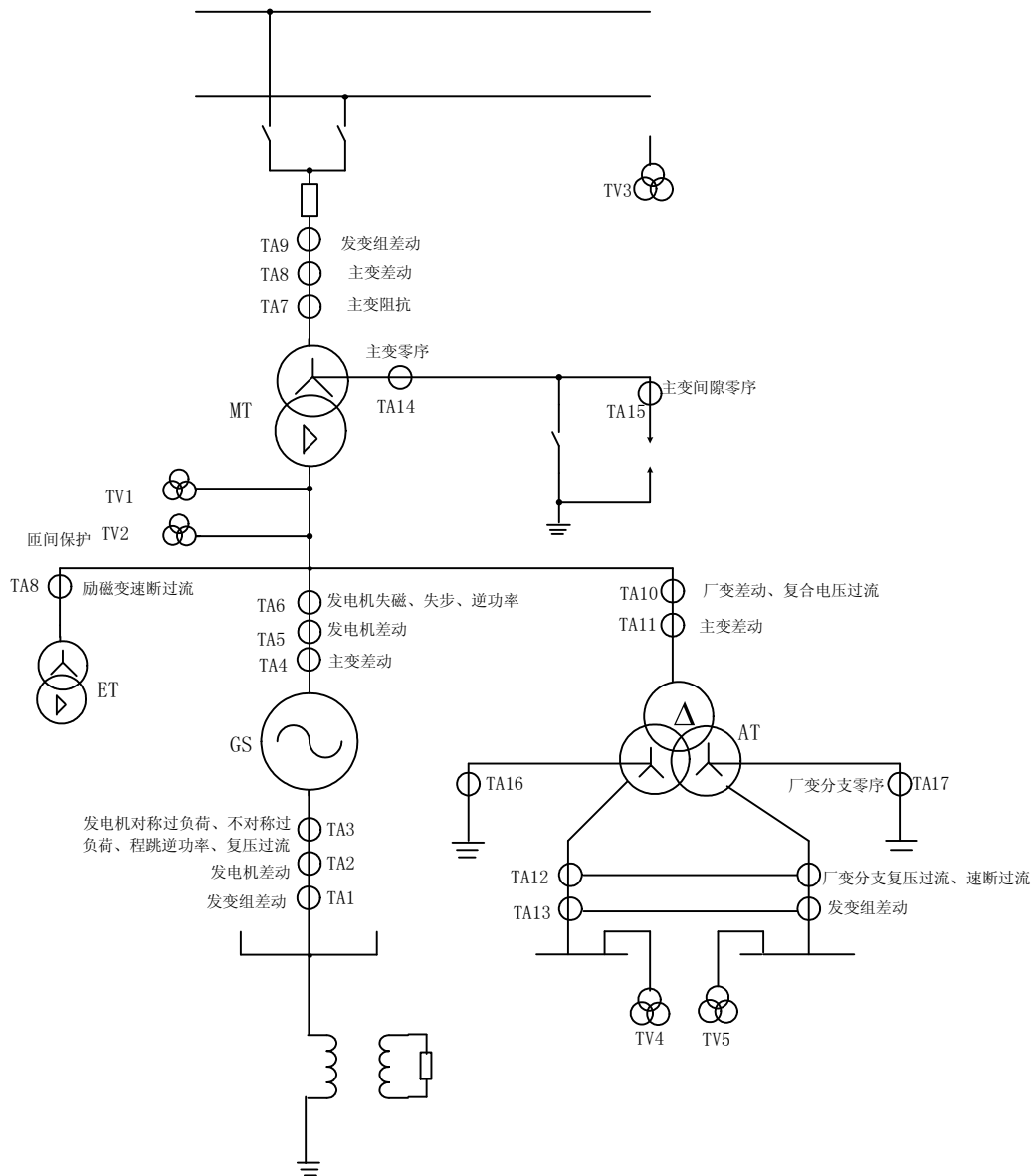


图 3.4 300MW—220kV 发变组保护配置方案 2（单套化）

3.4 125MW 机组（三卷变压器）保护配置方案 1（双重化的双套配置）

图 3.5 是 125MW 机组（三卷变压器，发电机与主变压器之间有断路器）的保护配置图，电气量保护有：

主保护：发电机纵差、发电机匝间（纵向零序电压式或横差保护）、主变纵差、高厂变差动。

发电机后备和异常运行保护：对称过负荷（反时限）、不对称过负荷（反时限）、复合电压过流、失磁、逆功率、过电压、100%定子接地、转子一点二点接地、励磁回路过负荷、以及 TV 断线和 TA 断线保护。

主变压器后备和异常运行保护：高压侧复合电压方向过流、高压侧零序方向过流、高压侧间隙零序电压过流、高压侧过负荷和通风启动保护、中压侧复合电压方向过流、中压侧零序方向过流、中压侧间隙零

序电压过流、中压侧过负荷和通风启动保护、以及 TV 断线和 TA 断线保护。

高厂变后备和异常运行保护：复合电压过流、AB 分支过流、过负荷、通风启动保护。

励磁变（机）保护：速断过流保护。

其它保护：失灵启动、非全相运行保护。

电气量保护按双重化下的双套配置原则，每套保护的配置相同，均由两层完全独立的 DGT801A 机箱构成。其中一个机箱含有发电机和励磁变的主保护和后备保护，另一个机箱含有主变压器和高厂变的主保护和后备保护。双套装置并列运行或单套独立运行均安全可靠。

◆ 第一层 DGT801A 机箱完成以下保护功能

发电机差动、发电机匝间（纵向零序电压式或横差保护）；

发电机对称过负荷（反时限）、不对称过负荷（反时限）、复合电压过流、失磁、逆功率、过电压、100%定子接地、转子一点二点接地、励磁回路过负荷；

励磁变速断过流；

TA 断线和 TV 断线。

◆ 第二层 DGT801A 机箱完成以下保护功能

主变压器差动、高厂变差动；

主变高压侧复合方向过流、零序方向过流、过负荷、通风启动、间隙零电流电压保护；

主变中压侧复合方向过流、零序方向过流、过负荷、通风启动、间隙零电流电压保护；

主变失灵启动、非全相保护；

高厂变复合过流、AB 分支过流；

TA 断线和 TV 断线。

◆ 保护配置特点

- 1) 发电机与主变压器之间有断路器，发电机保护和主变压器保护宜相互独立配置，本方案中把发电机保护和主变压器保护配置在不同的机箱内，电气上完全独立。若条件允许，把它们布置在不同的柜体中更佳，这样可以满足不同的运行方式需要。
- 2) 励磁变（机）保护，布置在发电机保护机箱中，符合运行方式需要。
- 3) 高厂变保护，布置在主变压器保护机箱中，符合运行方式需要。
- 4) 各元件的一套主后备保护共用一路 TA 回路，双套化之间无任何电气联系。
- 5) 其余特点同 3.1 节中 4) ~9) 特点。

3.5 125MW 机组（三卷变）保护配置方案 2（单套化）

125MW 机组（三卷变）电气量保护配置种类见 3.4 节描述，按继电保护技术规程配置原则，一般主保护双重化，后备保护尽量简化，且遵守同一元件的主后备保护之间、主保护之间相互独立。单套化的保护方案也是由四层 DGT801A 机箱构成。发电机和励磁变（机）保护组成一面柜；主变压器和高厂变保护组成另一面柜，两柜之间完全独立。图 3.7 为其配置图。

- ◆ 第一面柜（A 柜）——发电机保护柜，内含二层独立的机箱

第一层 DGT801A 机箱完成以下保护功能

发电机纵差、发电机匝间；

发电机 100%定子接地、复合过流 2*、失磁 2*、对称过负荷 2*、不对称过负荷 2*、逆功率 2*。

第二层 DGT801A 机箱完成以下保护功能

发电机失磁、对称过负荷、不对称过负荷、复合过流、逆功率、发电机纵差 2*，励磁变速断过流。

（*注：注脚 2 为双重化的第二套保护，根据需要可装可不装）

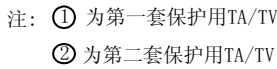


图 3.5 125MW 机组（三卷变压器）保护配置方案 1（双套化）

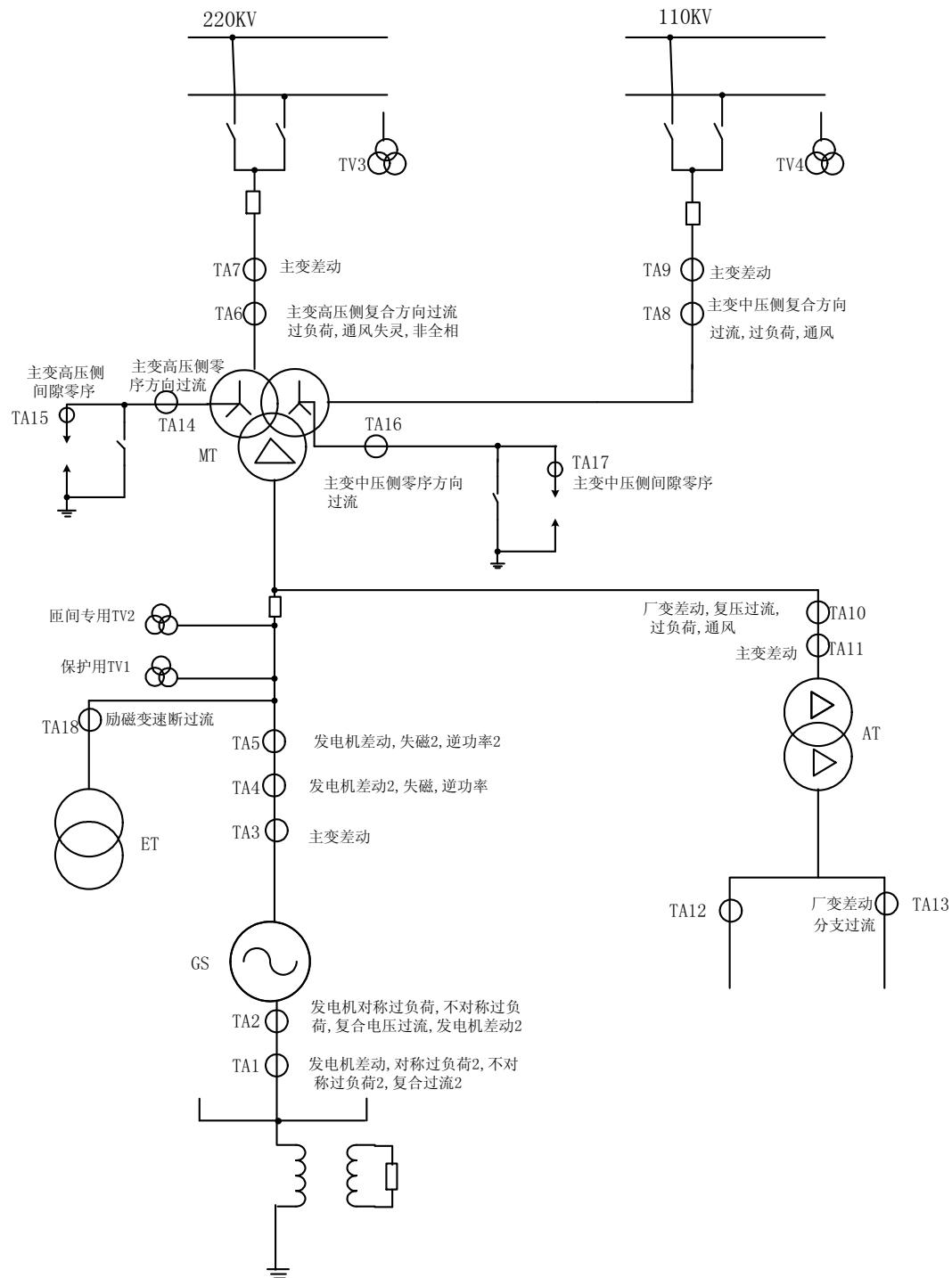


图 3.7 125MW 机组（三卷变压器）保护配置方案 2（单套化）

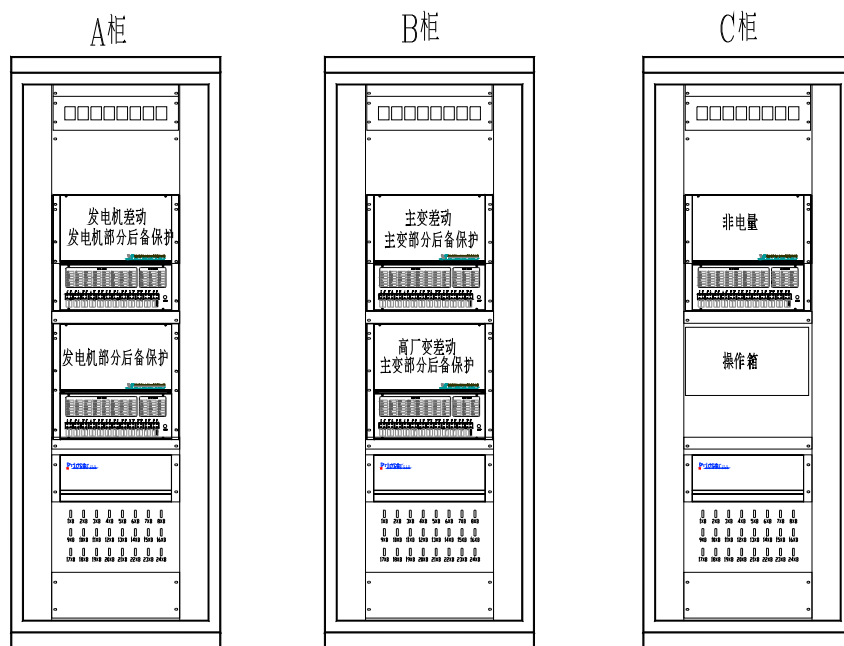


图 3.6 125MW 机组（三卷变）保护装置（单套化）

◆ 第二面柜（B 柜）——主变压器保护柜，内含二层独立的机箱

第一层 DGT801A 机箱完成以下保护功能

主变差动；

主变高压侧零序方向过流、间隙零序电流电压；

主变中压侧零序方向过流、间隙零序电流电压。

第二层 DGT801A 机箱完成以下保护功能

高厂变差动、复压过流、AB 分支过流；

主变高压侧复压方向过流、过负荷、通风启动；

主变中压侧复压方向过流、过负荷、通风启动；

失灵启动、非全相。

◆ 非电量保护

可单独组柜，回路出口与电气量保护完全独立，包含以下功能：

主变瓦斯、温度、绕组温度、压力释放、冷却器全停、油位等；

高厂变瓦斯、温度、绕组温度、压力释放、冷却器全停、油位等；

其中瞬时出口的瓦斯等非电量接点直接起动出口继电器，CPU 软件可发信和进行打印管理等；需延时出口的非电量（如冷却器全停）经 CPU 软件发出口和信号。

3.6 双套化配置方案中高厂变高压侧 TA 配置说明

容量 100MW 以上机组若需要双重化下的双套配置，主、后备保护一般共用 TA 回路，高厂变高压侧的 TA 同时还需要主变差动、厂变差动和其后备保护共用 TA，如图 3.8 的 TA1。

在高厂变高压侧短路（如 K1 点短路）时，流过 TA1 的电流非常大，对主变差动保护而言，是属于区外故障，主变差动不应该动作。TA1 按满足主变差动保护误差要求和短路动稳定及热稳定条件校核，变比要选得非常大，一般与装在机端的 TA 变比相同，使其电流波形传输准确。若变比小，K1 故障的短路电流非常大，容易使此组 TA 严重饱和，使主变差动误动。

当高厂变低压侧短路故障时，如在 K2 点，因高厂变阻抗较大，短路电流较小，为了使高厂变差动保护正常运行及短路时更准确地反映实际电流的变化，需要高厂变差动用的 TA1 变比小。按满足高厂变差动保护误差要求和短路动稳定及热稳定校核即可。

主变容量和厂变容量一般相差十倍左右，故按主变差动要求选出的 TA1 变比和按高厂变差动要求选出的 TA1 变比一般就相差 10 倍左右。

最好的解决办法是主变差动用 TA 和厂变差动用 TA 不公用，即独立开来。这样高厂变高压侧保护用 TA 需配置四组，两组大变比 TA 供二套主变差动用，两组小变比 TA 供二套厂变差动及其后备保护用。

若条件不许可，主变差动用 TA 和厂变差动用 TA 必须共用，此组 TA 的变比必须慎重选择，兼顾二者。

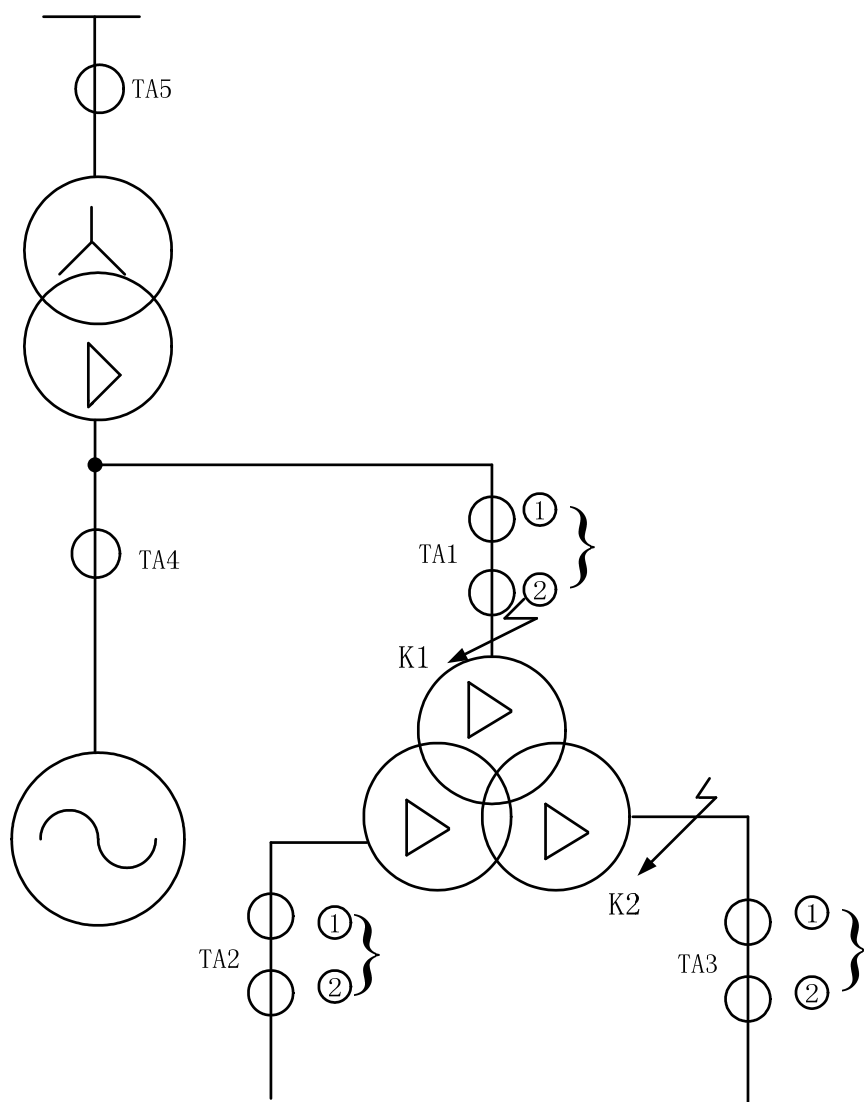


图 3. 8 高厂变高压侧 TA 配置说明

4 技术参数

4.1 机械及工作环境参数

机箱结构尺寸：

DGT801A 型：482.6mm（长）×370.0mm（深）×444.0mm（高）

DGT801B 型：482.6mm（长）×370.0mm（深）×666.0mm（高）

DGT801C 型：482.6mm（长）×370.0mm（深）× （高）

环境温度： $-5^{\circ}\text{C}\sim+45^{\circ}\text{C}$ 、 $-10^{\circ}\text{C}\sim+55^{\circ}\text{C}$

相对湿度： 5%~95%

大气压力： 70kPa~106kPa、80kPa~106kPa

4.2 储存、运输极限环境温度和工作使用地点要求

装置贮存、运输及安装环境温度： $-25^{\circ}\text{C}\sim+70^{\circ}\text{C}$

装置使用地点要求：应无爆炸危险、无腐蚀性气体及导电尘埃、无严重霉菌、无剧烈振动源，不允许有超过发电厂范围内可能遇到的电磁场存在。有防御雨、雪、风、沙、尘埃及防静电措施，场地应符合 GB9361-88 规定。接地电阻应符合 GB2887-89 中 4.6 的要求。

4.3 额定电气参数

打印机辅助交流电源：电压 220V，允许偏差 $-15\%\sim+10\%$ ；频率 50Hz，允许偏差 $\pm 0.5\text{Hz}$ 。

直流电源： 220V、110V；允许偏差 $-20\%\sim+15\%$ 。

交流电流： 5A、1A；频率 50Hz。

交流电压： 100V、 $100/\sqrt{3}\text{V}$ ；频率 50Hz。

4.4 功率消耗

交流电流回路： $<0.5\text{VA/相}$

交流电压回路： $<0.25\text{VA/相}$ （ $U=U_n$ 时）

直流电源回路： $<50\text{W}$ （正常）； $<80\text{W}$ （保护动作）

4.5 过载能力

交流电流回路：2I_n——可长期运行；

30I_n——允许 10S；

50I_n——允许 1S。

交流电压回路：1.5U_n——可连续工作。

直流电源回路：（80%~115%）U_n——可连续工作。

4.6 绝缘性能

绝缘电阻：装置所有回路与外壳之间，或无电气联系的各回路之间的绝缘电阻在标准试验条件下，不小于 100MΩ。

介质强度：装置所有回路与外壳之间，或无电气联系的各回路之间，能耐交流 50Hz，电压 2KV（有效值），历时 1min 的试验，而无绝缘击穿或闪络现象。

冲击电压：在试验的标准大气条件下，装置的直流电源输入回路、交流输入回路、输出触点回路，对地以及各回路之间，能承受 1.2/50us 的标准雷电波的短时冲击电压试验，开路试验电压 5KV，装置无绝缘损坏。

4.7 抗干扰性能

脉冲群干扰：试验性能满足国标 GB/T14598.13-1998 中的规定。

抗静电放电干扰：试验性能满足国标 GB/T14598.14-1998 中的规定。

辐射电磁场干扰：试验性能满足国标 GB/T14598.9-1995 中的规定。

快速瞬变干扰： 试验性能满足国标 GB/T14598.10-1996 中的规定。

4.8 直流电源影响

在试验的标准大气条件下，改变直流电源中其中一参数为极限值，装置应可靠工作。

将直流电源正负极性颠倒，装置应无损坏，可靠工作。

突然加上电源，突然断电，电源电压缓慢上升或缓慢下降，装置均不应误动作和误发信号。

4.9 连续通电

装置完成调试后，出厂前进行 100h 小时连续通电试验，装置工作应一直正常。

5 保护的主要技术指标

5.1 发电机纵差动（循环闭锁出口方式）

具有防止区外故障误动的制动特性；具有 TA 断线判别功能并报警；具有防止区外故障切除暂态过程中误动的措施。

| | |
|-----------|--------------------------------------|
| 差动起动定值： | 范围（0.1~2.0） I_n |
| 差动制动拐点定值： | 范围（0.5~1.0） I_n |
| 差动速断定值： | 范围（3~20） I_n ，误差不大于±3%或 0.02 I_n |
| 比率制动系数： | 范围 0.1~0.9 |
| 负序电压闭锁定值： | 范围 1V~30V，误差不大于±5%或 0.01 U_n |
| 比率差动动作时间： | ≤25ms（2 倍定值） |
| 差动速断动作时间： | ≤18ms（1.5 倍定值） |
| 比率差动定值误差： | 不大于±5%或 0.02 I_n |

5.2 发电机纵差动（单相出口方式）、发电机不完全差动、发电机裂相横差、励磁机差动、电缆差动

具有防止区外故障误动的制动特性；具有 TA 断线判别功能，并能选择闭锁差动或只报警；具有防止区外故障切除暂态过程中误动的措施。

| | |
|-----------|--------------------------------------|
| 差动起动定值： | 范围（0.1~2.0） I_n |
| 差动制动拐点定值： | 范围（0.5~1.0） I_n |
| 差动速断定值： | 范围（3~20） I_n ，误差不大于±3%或 0.02 I_n |
| 比率制动系数： | 范围 0.1~0.9 |
| 比率差动动作时间： | ≤25ms（2 倍定值） |
| 差动速断动作时间： | ≤18ms（1.5 倍定值） |
| 比率差动定值误差： | 不大于±5%或 0.02 I_n |

5.3 发变组差动、变压器差动（包括主变、厂变、励磁变、备变）

具有防止区外故障误动的制动特性；具有防止励磁涌流引起误动的功能，可选择二次谐波制动或波形

对称原理；具有 TA 断线判别功能，并能选择闭锁差动或只报警；具有防止区外故障切除暂态过程中误动的措施。

| | |
|-----------|---------------------------------------|
| 差动起动定值： | 范围 (0.1~2.0) I_n |
| 差动制动拐点定值： | 范围 (0.5~1.0) I_n |
| 差动速断定值： | 范围 (3~20) I_n ，误差不大于±3%或 0.02 I_n |
| 比率制动系数： | 范围 0.1~0.9 |
| 二次谐波制动比： | 范围 0.05~0.9 |
| 比率差动动作时间： | ≤30ms (2 倍定值) |
| 差动速断动作时间： | ≤20ms (1.5 倍定值) |
| 比率差动定值误差： | 不大于±5%或 0.02 I_n |

5.4 发电机高灵敏横差保护

| | |
|----------------------|------------------------------------|
| 三次谐波滤过比： | >100 |
| 横差保护电流定值： | 范围 0.1A~50A，误差不大于±2.5%或 0.01 I_n |
| 横差保护延时定值（转子一点接地动作后）： | 范围 0.1s~100s，误差不大于±1%定值或±70ms |

5.5 发电机纵向零序电压匝间保护

| | |
|----------------|---------------------------------|
| 次灵敏段动作定值： | 范围 4V~20V，误差不大于±3%或 0.001 U_N |
| 灵敏段动作定值： | 范围 1V~10V |
| 灵敏段三次谐波额定值： | 范围 0.5V~10V |
| 灵敏段谐波制动系数： | 范围 0.1~0.9 |
| 灵敏段延时定值： | 范围 0.1s~10s，误差不大于±1%定值或±70ms |
| 电压平衡差压门坎值： | 范围 5V~20V |
| 普通 TV 负序电压门坎值： | 范围 5V~20V |
| 灵敏段定值误差： | 不大于±5%或±0.002 U_N |

5.6 发电机故障分量负序方向匝间保护

| | |
|------------------------------|----------------|
| 负序电流故障分量定值 (ΔI_2): | (0.02~1) I_n |
| 负序电压故障分量定值 (ΔU_2): | 0.5V~10V |

负序功率故障分量定值 (ΔP_2): $(0.001 \sim 0.1) \sqrt{3} U_n I_n$

延时定值: 范围 0.1s~100s, 误差不大于±1%定值或±70ms

5.7 发电机 3U₀ 定子接地保护

具有三次谐波电压滤除功能。

零序电压定值: 范围 1V~50V; 误差不大于±2.5%或±0.05V

延时定值: 范围 0.1s~100s, 误差不大于±1%定值或±70ms

5.8 发电机三次谐波式定子接地保护

三次谐波动作量系数 K1, K2 自动整定, 范围为 (0~2)

三次谐波制动量系数 K3 自动整定, 范围为 (0~2)

三次谐波灵敏度: 汽轮机可达 10K Ω , 水轮机可达 5K Ω

延时定值: 范围 0.1s~100s, 误差不大于±1%定值或±70ms

5.9 发电机 3I₀ 定子接地保护

零序电流定值: 范围 0.1A~50A, 误差不大于±2.5%或 0.01I_n

延时定值: 范围 0.1s~100s, 误差不大于±1%定值或±70ms

5.10 发电机转子一点接地保护

采用注入并切换采样原理计算转子大轴对地的绝缘电阻, 适用于各种非旋转励磁方式的发电机励磁回路, 在无励磁状态下也可测出转子绝缘电阻。

接地电阻定值: 范围 0.5 K Ω ~100 K Ω , 误差不大于 10%或 0.5 K Ω

延时定值: 范围 0.1s~3600s, 误差不大于±1%定值或±70ms

5.11 发电机转子二点接地保护

二次谐波电压定值: 范围 0.5V~10V, 误差不大于±5%或 0.1V

延时定值: 范围 0.1s~100s, 误差不大于±1%定值或±70ms

5.12 发电机对称过负荷保护 (定、反时限)

定时限电流定值: 范围 0.1A~50A, 误差不大于±2.5%或 0.01I_n

定时限延时定值：范围 0.1s~1000s，误差不大于±1%定值或±70ms

反时限特性由下限长延时段、反时限段、上限速断段三部分组成。

反时限热值系数 K1：范围 1~50

反时限散热系数 K2：范围 0.5~1.6

5.13 发电机负序过负荷保护（定、反时限）

定时限负序电流定值：范围 0.05A~20A，误差不大于±5%或 0.01I_n

定时限延时定值：范围 0.1s~1000s，误差不大于±1%定值或±70ms

反时限特性由下限长延时段、反时限段、上限速断段三部分组成。

反时限热值系数 K1：范围 1~50

反时限散热系数 K2：范围 0~1.3

5.14 发电机失磁保护（阻抗原理）

采用阻抗圆为主判据，辅之以其它判据，能区分失磁与短路、系统振荡、TV 断线等。并监视失磁对机组的影响、对系统的影响。

阻抗圆圆心电抗定值：范围 -100Ω~0Ω

阻抗圆半径定值：范围 1Ω~100Ω

进相运行切线斜率 $tg\alpha$ ：范围 0~0.5

无功功率定值：范围（-50%~0）Q_N，误差不大于±10%或 0.002 Q_N

转子低电压启动定值：范围 0V~500V

转子低电压系数定值：范围 0.1~3

反应功率定值：范围（0%~50%）P_N

过功率定值：范围（10%~80%）P_N，误差不大于±5%

系统低电压定值：范围 30V~100V，误差不大于±2.5%或 0.01U_N

机端低电压定值：范围 30V~100V，误差不大于±2.5%或 0.01U_N

延时定值：范围 0.1s~1000s，误差不大于±1%定值或±70ms

阻抗圆定值误差：不大于±5%

V_{fd}-P 特性曲线误差：不大于±5%

5.15 发电机失磁保护（逆无功原理）

采用无功判据和过电流判据，以及其它辅助判据，能区分失磁与短路、系统振荡、TV 断线等。并监视失磁过程中机组的状态、系统的状态。

| | |
|------------|---|
| 逆无功定值： | 范围 $(-50\% \sim -5\%) Q_N$ ，误差不大于 $\pm 5\%$ |
| 过负荷、过电流定值： | 范围 $(1 \sim 2) I_N$ ，误差不大于 $\pm 2.5\%$ |
| 有功功率定值： | 范围 $(30\% \sim 80\%) P_N$ ，误差不大于 $\pm 5\%$ |
| 系统低电压定值： | 范围 $30V \sim 100V$ ，误差不大于 $\pm 2.5\%$ 或 $0.01U_N$ |
| 机端低电压定值： | 范围 $30V \sim 100V$ ，误差不大于 $\pm 2.5\%$ 或 $0.01U_N$ |
| 负序电压门槛定值： | 范围 $1V \sim 30V$ ，误差不大于 $\pm 5\%$ |
| 延时定值： | 范围 $0.1s \sim 100s$ ，误差不大于 $\pm 1\%$ 定值或 $\pm 70ms$ |

5.16 发电机失步保护

采用遮挡器原理，能检测加速和减速失步，能区分短路、稳定振荡和失步状态，能区分振荡中心在发电机变压器内部还是外部，失步时当电流小于断路器开断电流时选择出口。

| | |
|-----------|---|
| 电抗边界定值： | 范围 $0 \sim 100\Omega$ |
| 电阻边界定值： | 范围 $0 \sim 100\Omega$ |
| 延时定值： | 范围 $0s \sim 100s$ ，误差不大于 $\pm 1\%$ 定值或 $\pm 20ms$ |
| 滑极次数： | 范围 $1 \sim 100$ |
| 阻抗边界定值误差： | 不大于 $\pm 5\%$ |

5.17 发电机过电压、低电压保护

| | |
|--------|--|
| 过电压定值： | 范围 $50V \sim 180V$ ，误差不大于 $\pm 2.5\%$ 或 $0.01U_N$ |
| 低电压定值： | 范围 $10V \sim 100V$ ，误差不大于 $\pm 2.5\%$ 或 $0.01U_N$ |
| 延时定值： | 范围 $0.1s \sim 100s$ ，误差不大于 $\pm 1\%$ 定值 $\pm 70ms$ |

5.18 发电机过激磁保护（定、反时限）

| | |
|----------------|---|
| 定时限过激磁（V/F）定值： | 范围 $0.8 \sim 2.0$ ，误差不大于 $\pm 5\%$ 或 0.01 |
| 定时限延时定值： | 范围 $0.1s \sim 1000s$ ，误差不大于 $\pm 1\%$ 定值 $\pm 70ms$ |
| 反时限过激磁（V/F）定值： | 范围 $0.8 \sim 2.0$ ，误差不大于 $\pm 5\%$ 或 0.01 |

反时限过激磁延时定值： 范围 0.1s~1000s，误差不大于±5%定值±70ms

装置适用频率范围：25Hz~65Hz

5.19 发电机逆功率、低功率保护

有功计算方法与无功无关。具有程序跳闸功能,具有 TV 断线闭锁功能。

逆功率定值： 范围（-10%~-0.5%） P_N ，误差不大于±10%或 0.002 P_N

低功率定值： 范围（1%~150%） P_N ，误差不大于±10%或 0.002 P_N

延时定值： 范围 0.1s~1000s，误差不大于±1%定值±70ms

5.20 发电机频率异常保护

具有频率异常延时出口功能；也具有频率异常分段时间积累功能，时间积累在装置掉电时也能保存。
在发电机停机过程和停机期间自动闭锁频率异常保护。频率异常保护可定义为低频保护，或高频保护。

频率定值： 范围 40Hz~65Hz，误差不大于±0.05Hz

时间积累整定：范围 0.1s~9999s，误差不大于±2.5%定值

延时定值： 范围 0.1s~100s，误差不大于±2.5%定值±70ms

5.21 发电机励磁回路过负荷（交流）保护（定、反时限）

电流主频可为 50Hz 或 100Hz

定时限电流定值： 范围 0.1A~50A，误差不大于±2.5%或 0.01 I_n

定时限延时定值： 范围 0.1s~1000s，误差不大于±1%定值±70ms

反时限特性由下限长延时段、反时限段、上限速断段三部分组成。

反时限热值系数 K1：范围 1~60

反时限散热系数 K2：范围 0.5~1.6

5.22 发电机励磁回路过负荷（直流）保护（定、反时限）

定时限分流器电压定值： 范围 0.1mV~600 mV，误差不大于±2.5%或 0.01 U_n

定时限延时定值： 范围 0.1s~1000s，误差不大于±1%定值±70ms

反时限特性由下限长延时段、反时限段、上限速断段三部分组成。

反时限热值系数 K1：范围 1~60

反时限散热系数 K2：范围 0.5~1.6

5.23 发电机误上电保护

具有鉴别同期并网和误合闸的功能，正常并网后自动退出运行，解列后投入保护功能。

电流定值： 范围 0.1A~50A，误差不大于±2.5%或 0.01I_n

负序电流定值：范围 0.1A~50A，误差不大于±5%或 0.02I_n

阻抗定值： 范围 0.1Ω~200Ω，误差不大于±5%或 0.1Ω

延时定值： 范围 0.1s~100s，误差不大于±1%定值±70ms

5.24 发电机启停机保护

具有发电机无励磁状态下定子绝缘降低检测功能，测量原理与频率无关。

3U₀ 定值： 范围 0.5V~100V，误差不大于±5%或 0.02U_n

延时定值： 范围 0.1s~100s，误差不大于±1%定值±70ms

3U₀ 工作频率范围： 5Hz~55Hz

5.25 发电机轴电流保护

轴电流二次定值： 范围 0.05A~5A，误差不大于±3%

延时定值： 范围 0.1s~100s，误差不大于±1%定值±70ms

5.26 发电机次同步过流保护

适用于抽水蓄能启停机状态时的电流保护，测量原理与频率无关，

电流定值： 范围 0.1A~50A，误差不大于±5%或 0.02I_n

延时定值： 范围 0.1s~100s，误差不大于±1%定值±70ms

电流工作频率范围： 5Hz~55Hz

5.27 电压闭锁过电流保护（包括发电机、主变、厂变、备变）

可以带电流记忆功能。可以定义选择为低电压过流保护，或复合电压过流保护。

低电压定值： 范围 10V~100V，误差不大于±2.5%或 0.01U_n

负序电压定值： 范围 5V~100V，误差不大于±5%或 0.02U_n

电流定值： 范围 0.2A~50A，误差不大于±2.5%或 0.01I_n

延时定值： 范围 0.1s~100s，误差不大于±1%定值±70ms

5.28 阻抗保护（包括发电机、变压器）

具有 TV 断线闭锁功能，电压切换闭锁功能。具有电流启动功能。

正反向阻抗定值：范围 $0.1\Omega\sim 200\Omega$ ，误差不大于 $\pm 5\%$ 或 $\pm 0.1\Omega$

延时定值：范围 $0.1s\sim 100s$ ，误差不大于 $\pm 1\%$ 定值 $\pm 70ms$

精确工作电流：不大于 $0.1I_n$

5.29 变压器零序电流保护

零序电流定值：范围 $0.1A\sim 80A$ ，误差不大于 $\pm 2.5\%$ 或 $0.01I_n$

延时定值：范围 $0.1s\sim 100s$ ，误差不大于 $\pm 1\%$ 定值 $\pm 70ms$

5.30 变压器间隙零序保护

间隙零序电流：范围 $0.1A\sim 50A$ ，误差不大于 $\pm 2.5\%$ 或 $0.01I_n$

零序电压：范围 $10V\sim 200V$ ，误差不大于 $\pm 2.5\%$ 或 $0.01U_n$

延时定值：范围 $0.1s\sim 100s$ ，误差不大于 $\pm 1\%$ 定值 $\pm 70ms$

5.31 变压器通风启动

可启动强电回路

电流定值：范围 $0.2A\sim 20A$ ，误差不大于 $\pm 2.5\%$ 或 $0.01I_n$

延时定值：范围 $0.1s\sim 100s$ ，误差不大于 $\pm 1\%$ 定值 $\pm 70ms$

5.32 断路器失灵启动保护

失灵启动保护由零序电流和相电流启动，零序电流可自产。特殊情况也可选择负序电流启动。

电流定值：范围 $0.2A\sim 20A$ ，误差不大于 $\pm 2.5\%$ 或 $0.01I_n$

零序电流定值：范围 $0.2A\sim 20A$ ，误差不大于 $\pm 5\%$ 或 $0.02I_n$

延时定值：范围 $0.1s\sim 100s$ ，误差不大于 $\pm 1\%$ 定值 $\pm 70ms$

5.33 断路器非全相保护

负序电流定值：范围 $0.2A\sim 20A$ ，误差不大于 $\pm 5\%$ 或 $0.02I_n$

延时定值：范围 $0.1s\sim 100s$ ，误差不大于 $\pm 1\%$ 定值 $\pm 70ms$

5.34 变压器电压闭锁方向过流保护

可以选择定义为低压方向过流保护，或复合电压方向过流保护。

低电压定值：范围 10V~100V，误差不大于 $\pm 2.5\%$ 或 $0.01U_n$

负序电压定值：范围 0.5V~20V，误差不大于 $\pm 5\%$ 或 $0.02U_n$

电流定值：范围 0.2A~50A，误差不大于 $\pm 2.5\%$ 或 $0.01I_n$

功率内角定值：范围 $-180^\circ \sim 180^\circ$

延时定值：范围 0.1s~100s，误差不大于 $\pm 1\%$ 定值 $\pm 70\text{ms}$

5.35 变压器零序方向过流保护

零序电流定值：范围 0.2A~60A，误差不大于 $\pm 2.5\%$ 或 $0.01I_n$

功率内角定值：范围 $-180^\circ \sim 180^\circ$

延时定值：范围 0.1s~100s，误差不大于 $\pm 1\%$ 定值 $\pm 70\text{ms}$

5.36 变压器负序方向过流保护

负序电流定值：范围 0.1A~30A，误差不大于 $\pm 5\%$ 或 $0.02I_n$

功率内角定值：范围 $-180^\circ \sim 180^\circ$

延时定值：范围 0.1s~100s，误差不大于 $\pm 1\%$ 定值 $\pm 70\text{ms}$

5.37 非电量保护

延时定值：范围 0.1s~6000s，误差不大于 $\pm 1\%$ 定值 $\pm 70\text{ms}$

6 保护原理及逻辑说明

本节将较详细的介绍 DGT801 系列数字式发电机变压器保护装置所提供的各种保护的构成原理、逻辑框图、定值整定及工程应用注意事项等。

6.1 发电机纵差动保护

发电机纵差动保护是发电机相间短路的主保护。根据接入发电机中性点电流的份额（即接入全部中性点电流或只取一部分电流接入），可分为完全纵差保护和不完全纵差保护。另外，根据算法不同，可以构成比率制动特性差动保护和标积制动式差动保护。

不完全纵差保护，适用于每相定子绕组为多分支的大型发电机。它除了能反应发电机相间短路故障，尚能反应定子线棒开焊及分支匝间短路。

6.1.1 保护构成原理

发电机纵差保护，按比较发电机中性点 TA 与机端 TA 二次同名相电流的大小及相位构成。以一相差动为例，并设两侧电流的正方向指向发电机内部。图 6-1-1 为发电机完全纵差保护的交流接入回路示意图；图 6-1-2 为发电机定子绕组每相二分支的不完全纵差保护的交流接入回路示意图。

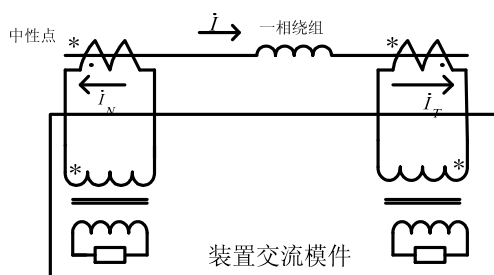


图 6-1-1 发电机完全纵差保护交流接入回路示意图

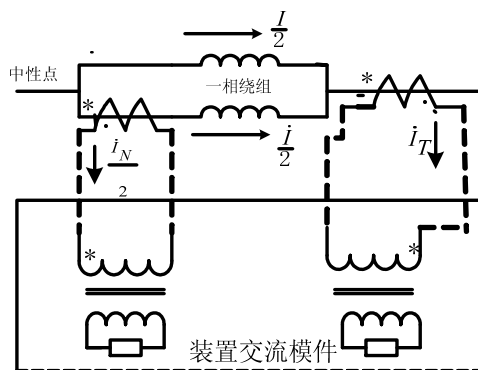


图 6-1-2 发电机不完全纵差保护交流接入回路示意图

(a) 动作方程

$$\begin{cases} I_d > I_q & ; I_z < I_g \\ I_d > K_z(I_z - I_g) + I_q & ; I_z > I_g \\ I_d > I_s & ; I_d > I_s \end{cases} \dots\dots\dots (6-1-1)$$

式中

I_d ——动作电流（即差流）

$$\text{完全纵差时} \quad I_d = |\dot{I}_T + \dot{I}_N|$$

$$\text{不完全纵差时} \quad I_d = |\dot{I}_T + K\dot{I}_{NF}|$$

I_z ——制动电流

$$\text{比率制动特性的完全纵差时} \quad I_z = \frac{|\dot{I}_T - \dot{I}_N|}{2}$$

$$\text{比率制动特性的不完全纵差时} \quad I_z = \frac{|\dot{I}_T - K\dot{I}_{NF}|}{2}$$

$$\text{标积制动式完全差动时} \quad I_z = \sqrt{I_N I_T \cos(180^\circ - \phi)}$$

$$\text{标积制动式不完全差动时} \quad I_z = \sqrt{K I_{NF} I_T \cos(180^\circ - \phi)}$$

I_T 、 I_N 、 I_{NF} ——发电机机端 TA、中性点 TA 及中性点分支 TA 二次电流；

K ——分支系数，发电机中性点全电流与流经不完全纵差 TA 一次电流之比。

在图 6-1-2 中，如果两组 TA 变比相同，则 $K = 2$ ；

ϕ ——发电机机端电流与中性点反向电流之间的相位差

当 $|\phi| < 90^\circ$ ，标积制动 I_z 取实际值； $90^\circ < |\phi| < 180^\circ$ ， I_z 取 0。

I_g 、 I_q 、 K_z 、 I_s ——差动保护整定值，见表 6-1；

(b) 动作特性

由式 6-1-1 作出发电机纵差保护动作特性，如图 6-1-3 所示。可以看出，上述各种类型的发电机纵差保护，其动作特性均由二部分组成：即无制动部分和比率制动部分。这种动作特性的优点是：在区内故障电流小时，它具有较高的动作灵敏度；而在区外故障时，它具有较强的躲过暂态不平衡差流的能力。

长期运行实践表明：正确的整定保护的各定值，图 6-1-3 所示的动作特性完全满足动作灵敏度及可靠

性的要求。

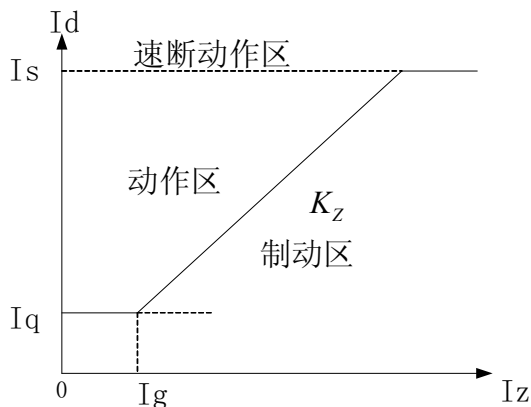


图 6-1-3 发电机纵差保护动作特性

6.1.2 逻辑框图

发电机纵差保护的出口方式，有两种设置：单相出口方式及循环闭锁出口方式。当采用循环闭锁出口方式时，为提高发电机内部及外部不同相同时接地故障（即两相接地短路）时保护动作的可靠性，采用负序电压解除循环闭锁（即改成单相出口方式）。对于单相出口方式，设置专门的 TA 断线判别，并当差电流大于解除 TA 断线闭锁电流倍数 I_{ct} 时可解除 TA 断线判别功能。

两种出口方式的逻辑框图，分别如图 6-1-4 和图 6-1-5 所示。

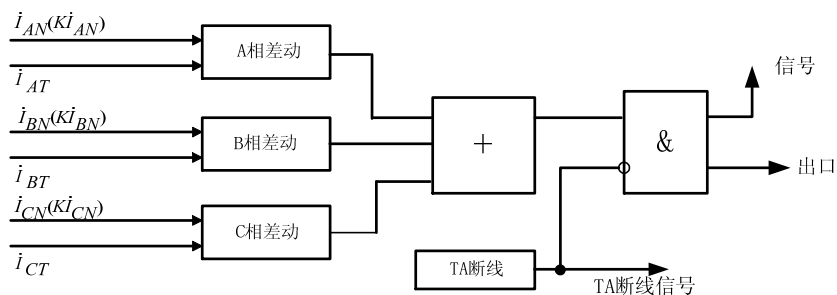


图 6-1-4 单相出口方式发电机纵差保护逻辑框图

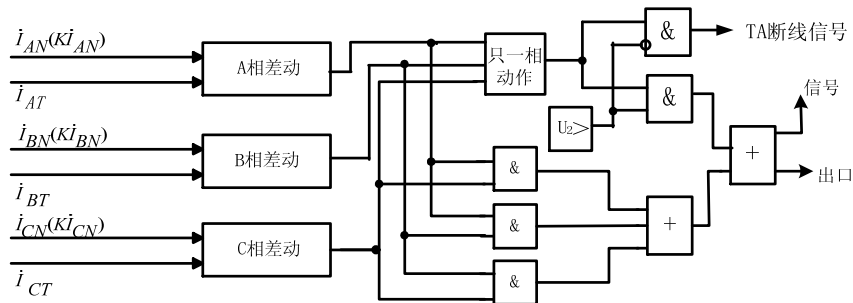


图 6-1-5 循环闭锁出口方式发电机纵差保护逻辑框图

在图 6-1-4 和图 6-1-5 中：

\dot{I}_{AT} 、 \dot{I}_{BT} 、 \dot{I}_{CT} ——发电机机端 TA 三相二次电流；

\dot{I}_{AN} 、 \dot{I}_{BN} 、 \dot{I}_{CN} ——发电机中性点 TA 三相二次电流；

U_2 ——机端 TV 二次负序电压。

注：在图 6-1-4 和图 6-1-5 中括弧内的数值用于不完全纵差保护。

发电机完全纵差动保护推荐使用循环闭锁出口方式。发电机不完全纵差动保护一段使用单相出口方式。

6.1.3 TA 断线判别

发电机差动保护 TA 断线判别有两种。对于循环闭锁出口方式，一相差动动作又无负序电压，即判定为 TA 断线。这是因为发电机中性点不直接接地，内部相间短路时一般都会二相差动或三相差动同时动作。

对于单相出口方式的发电机差动保护的 TA 断线判别，有专门的 TA 断线判别方法，详见 6.2.3 节变压器保护 TA 断线判别和对策。

6.1.4 定值清单及整定原则

（a）定值清单

表 6-1 为包含各种类型发电机纵差保护的定值清单。当为循环闭锁出口方式时，无 I_{ct} 定值。当为单相差动出口方式时无 U_2 定值。

表 6-1 发电机纵差保护定值清单

| 名称 | 制动系数 | 启动电流 | 拐点电流 | 负序电压 | 速断倍数 (* I_e) | 解除 TA 断线功能差流倍数 (* I_e) | 额定电流 |
|------|---------|---------|--------|-------|-----------------|---------------------------|-----------------|
| 代号 | K_Z | I_q | I_g | U_2 | I_s | I_{ct} | I_e (I_N) |
| 整定范围 | 0.1~1.8 | 0.05~10 | 0.5~10 | 1~30 | 1~20 | 0.8~1.2 | 0.5~8 |
| 单位 | | 安 | 安 | 伏 | 倍数 | 倍数 | 安 |

（b）整定原则及取值建议

（1）比率制动系数 K_Z （曲线斜率）

K_Z 应按躲过区外三相短路时产生的最大暂态不平衡差流来整定（即图 6-1-3 中的斜线通过出口区外故障最大差流对应点）。

通常，对发电机完全纵差 $K_Z=0.3\sim0.5$

对于不完全纵差保护，当两侧差动 TA 型号不同时，取 $K_z=0.5$ ，以躲过区外故障因两侧 TA 暂态特性不同及转子偏心而造成的不平衡差流等。

(2) 启动电流 I_q

按躲过正常工况下最大不平衡差流来整定。不平衡差流产生的原因：主要是差动保护两侧 TA 的变比误差，保护装置中通道回路的调整误差。对于不完全纵差，尚需考虑发电机每相各分支电流的不平衡。

一般 $I_q = (0.3 \sim 0.4) I_e$

(3) 拐点电流 I_g

I_g 的大小，决定保护开始产生制动作用的电流大小，建议按躲过外部故障切除后的暂态过程中产生的最大不平衡差流整定。不完全纵差取值要大一点。一般 $I_g = (0.5 \sim 0.8) I_e$ 。

(4) 负序电压 U_2

解除循环闭锁的负序电压（二次值）。可取 $U_2 = (9 \sim 12) V$ 。

(5) 差动速断倍数 I_s

对于发电机的差动速断，其作用相当于差动高定值，应按躲过区外三相短路时产生的最大不平衡差流来整定。为可靠，建议 $I_s = 4 \sim 8$ （倍）。

(6) 解除 TA 断线功能差流倍数 I_{ct}

通常 $I_{ct} = 0.8 \sim 1.2$ （倍）。

(7) 发电机额定电流 I_e

I_e （或 I_N ）可按式计算

$$I_e = I_N = \frac{P_e}{\sqrt{3} U_e n_T \cos \phi} \dots\dots\dots (6-1-2)$$

式中

P_e ——发电机额定功率，KW；

U_e ——发电机额定电压，KV；

n_T ——差动 TA 变比；

$\cos \phi$ ——发电机的额定功率因数。

(c) 差动保护灵敏度校验

按有关技术规程，发电机纵差动保护的灵敏度必须满足机端两相金属性短路时，差动保护的灵敏系数

$$K_{sen} \geq 2$$

灵敏系数 K_{sen} 定义为机端两相金属性短路时，短路电流与差动保护动作电流之比值， K_{sen} 越大，保护动作越灵敏，可靠性越高。

数字式保护必须按规程要求进行灵敏度校验，因为只有 K_{sen} 满足要求，才能保证在内部故障时，故障电流中有各种非周期分量，有 TA 饱和影响，TA 暂态特性影响等等，保护可靠动作。

K_{sen} 与差动保护的整定值 K_z 、 I_q 、 I_g 都有关系，特别是 K_z 的影响最大。一般按本说明书中的建议取值时， K_{sen} 能满足要求。

6.1.5 工程应用注意事项

用户可根据机组结构、容量及有关特点，合理地选用发电机纵差保护的类型（完全纵差、不完全纵差、比率制动式或标积制动式）。

当采用完全纵差时，机端和中性点的电流互感器，应选用同型号、同变比的；当采用不完全纵差时，机端和中性点电流互感器仍可采用同型号、同变比的，而由软件引入平衡系数调平衡。

TA 二次回路开路会引起高电压的危险，特别是大型发电机组。为此，建议采用 TA 断线不闭锁差动保护方案。

6.2 变压器纵差动保护（包括发变组、主变、厂变、励磁变、启备变）

变压器纵差动保护，是变压器内部及引出线上短路故障的主保护，它能反应变压器内部及引出线上的相间短路、变压器内部匝间短路及大电流系统侧的单相接地短路故障。另外，尚能躲过变压器空充电及外部故障切除后的励磁涌流。

6.2.1 保护构成原理

变压器纵差保护，按比较变压器各侧同名相电流之间的大小及相位构成。以三卷变压器为例，其一相差动的交流接入回路示意图如图 6-2-1 所示。

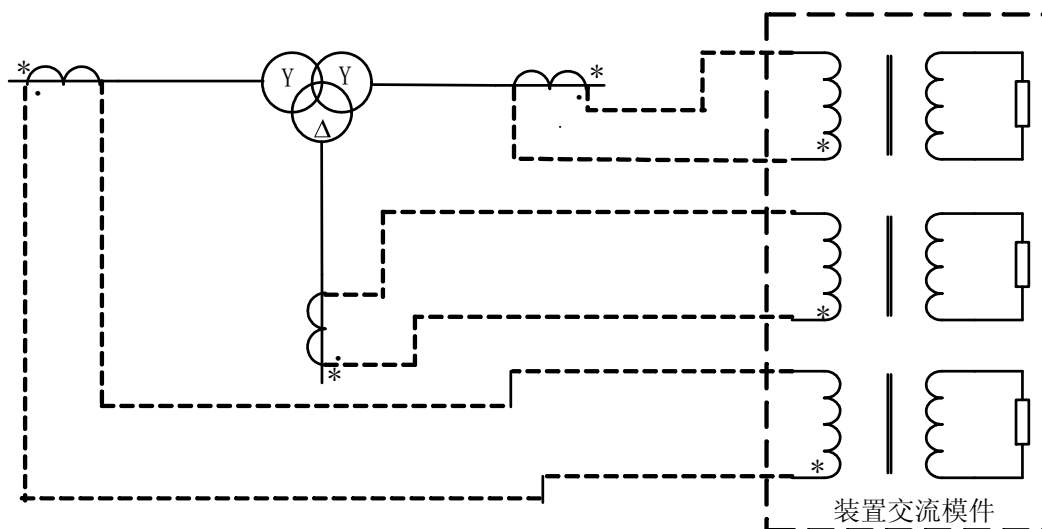


图 6-2-1 变压器差动保护交流接入回路示意图

变压器纵差保护由三个部分构成：差动元件、涌流判别元件及差动速断元件。

（a）差动元件

在 DGT801 系列装置中，可以提供两类差动元件：即比率制动式和标积制动式。

（1）动作方程

$$\begin{cases} I_d > I_q & ; I_z < I_g \\ I_d > K_z(I_z - I_g) + I_q & ; I_z > I_g \end{cases} \dots\dots\dots (6-2-1)$$

式中

I_d ——动作电流（即差流）

$$I_d = |\dot{I}_1 + \dot{I}_2 + \dot{I}_3 \dots\dots\dots|$$

I_z ——制动电流

比率制动特性的差动为： $I_z = \max\{|\dot{I}_1|, |\dot{I}_2|, |\dot{I}_3| \dots\dots\dots\}$

标积制动特性的差动为：

$$I_z = \sqrt{\max(\dot{I}_1, \dot{I}_2, \dot{I}_3 \dots) [(I_1 + I_2 + I_3 \dots) - \max(\dot{I}_1, \dot{I}_2, \dot{I}_3 \dots)] \cos(180^\circ - \phi)}$$

\dot{I}_1 、 \dot{I}_2 、 $\dot{I}_3 \dots\dots\dots$ ——分别为变压器某同名相的各侧电流；

$\max\{|\dot{I}_1|, |\dot{I}_2|, |\dot{I}_3| \dots\dots\dots\}$ ——取某同名相各侧电流中最大者；

ϕ ——某同名相各侧电流最大者与其他侧反方向电流的夹角。

当 $|\phi| < 90^\circ$ 时，标积制动 I_Z 取实际值；而当 $|\phi| > 90^\circ$ 时， I_Z 取 0。

K_Z 、 I_q 、 I_g ——差动保护整定值，见表 6-2。

(2) 动作特性

根据公式 (6-2-1) 作出变压器纵差保护差动元件动作特性图 6-2-1，有两部分构成：无制动部分和比率制动部分。速断动作区为差动速断元件动作特性。

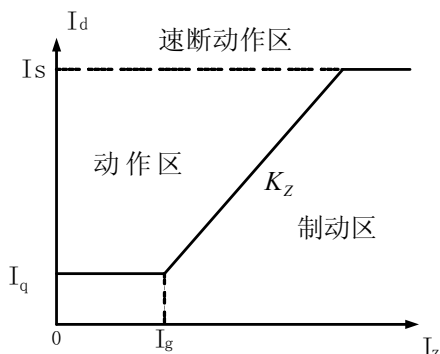


图 6-2-1 变压器差动保护动作特性

(b) 涌流判别元件

本装置提供两种励磁涌流判别方法：二次谐波制动原理和波形对称原理。在装置定义下载时，可以根据用户要求选择其中一种。

(1) 二次谐波制动原理

比较各相差流中二次谐波分量对基波分量百分比（即 $I_{2\omega}/I_{1\omega}$ ）与整定值的大小。当其大于整定值时，认为该相差流为励磁涌流。闭锁差动元件。

判别方程（制动方程）

$$I_{2\omega} \geq \eta I_{1\omega} \quad \dots\dots\dots (6-2-2)$$

式中 $I_{2\omega}$ 、 $I_{1\omega}$ ——某相差流中的二次谐波电流和基波电流；

η ——整定的二次谐波制动比。

(2) 波形对称原理

通常，励磁涌流的波形是偏于时间轴一侧且有间断的波形，其正、负半周的波形相差甚大。波形对称原理的实质是：比较一个周波内电流正半波与负半波的波形是否与横轴对称。根据两个波形的差异程度，来识别形成差流的原因（是内部故障还是励磁涌流），当识别到差流是由励磁涌流产生时，立即闭锁差动元件。

判别方法及动作方程如下：将差流微分，除去直流分量。然后比较微分后差流波形每个周期内的前半

波和后半波。设微分后某个周波内前半波上的其一点电流值为 I_j ，后半波对应点的电流值为 I_{j+180} ，如果

$$\left| \frac{I_j + I_{j+180}}{I_j - I_{j+180}} \right| < K \dots \dots \dots (6-2-3)$$

则认为波形是对称的，即差流是由短路故障形成的。否则，则认为差流是励磁涌流，将差动元件闭锁。

式中 K ——不对称系数。

由于（6-2-3）实质是偶次谐波与奇次谐波之比，因此仍然可以应用谐波的概念来整定。

（3）涌流制动方式

本装置提供两种谐波制动方式：“分相”制动式及“或门”制动式。

所谓分相制动式，是指某一相差流中的二次谐波电流，只对本相的差动元件有制动作用，而对其他相无作用。而“或门”制动方式，是指在三相差流中，只要某一相差流中的二次谐波电流对基波电流之比大于整定值，便将三相差动元件闭锁。

用户可根据变压器的容量、变压器所在系统的特点，选择适宜的制动方式。

（c）差动速断元件

差动速断元件，其动作不受差流波形畸变或差流中谐波的影响，而只反应差电流的有效值。当某一相差流的有效值大于整定值时，立即作用出口。

6.2.2 逻辑框图

变压器纵差保护的逻辑框图如图 6-2-2 或图 6-2-3 所示。图 6-2-2 表示“或门”制动原理纵差保护框图；图 6-2-3 为分相制动原理纵差保护框图。

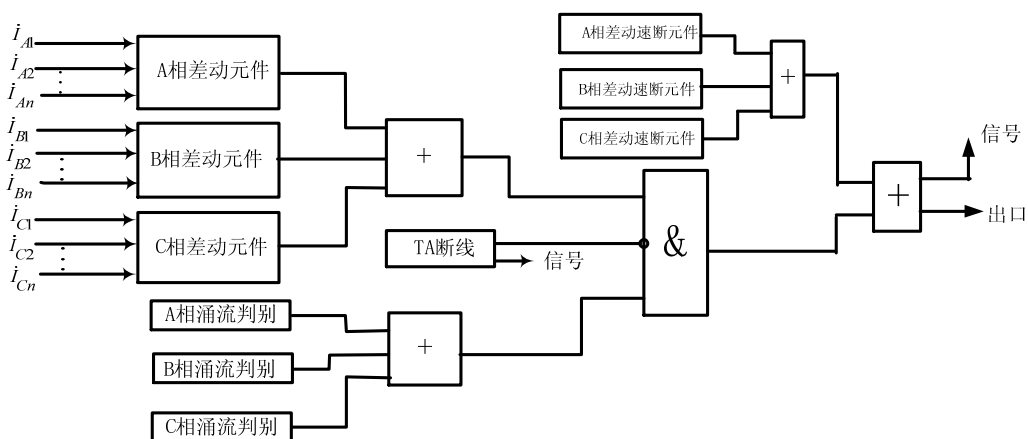


图 6-2-2 “或门”制动式变压器纵差保护逻辑框图

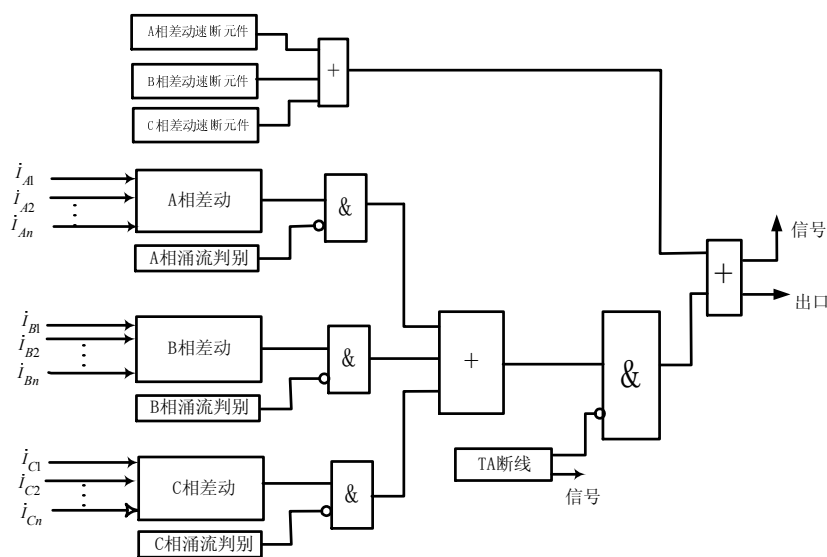


图 6-2-3 “分相”制动式变压器纵差保护逻辑框图

在图 6-2-2 及图 6-2-3 中

i_{A1} 、 i_{B1} 、 i_{C1} ……及 i_{An} 、 i_{Bn} 、 i_{Cn} ——分别为变压器各侧差动 TA 二次各相电流。

6.2.3 几种不正常工况的判别

（a）TA 断线判别和对策

某侧 TA 若断线，一般会产生差流，使差动保护误动。设置专门的 TA 断线判别环节，在差动保护出口前，判别出差流是 TA 断线所致，从而闭锁差动保护出口。

但由于 TA 断线有电弧暂态过程，断线初期一般电流不是迅速降为零，又由于 TA 断线检测时间须快于差动几十毫秒出口时间，这些都导致 TA 断线的正确判别十分困难。

在判定模糊不清时，本装置采取不闭锁差动的保守做法，因为一旦在发电机或变压器内部发生故障时却误判为 TA 断线从而闭锁差动出口，那后果是十分严重的。即 TA 断线判别的设计原则为：宁可 TA 断线判别不出来闭锁不住差动，也不短路故障时误判为 TA 断线从而误闭锁差动。

本装置用电流突变方向判别 TA 断线，主要有以下判据：

- （1）一般短路时电流是增大，断线时电流却减小。采用电流突变方向为负值作为主判据。
- （2）一般不考虑异侧 TA 同时断线的可能性，故电流突变为负值须发生在同一侧 TA。
- （3）不考虑三相同时断线，即突变电流不超过 2 路。
- （4）至少一侧的三相电流健全，TA 断线侧电流必须有一相存在，另外一相或二相偏小。
- （5）差流应小于解除 TA 断线功能差流倍数 I_{ct} 整定值。

TA 断线判别后的作用可选择：

- (1) 只发信，不闭锁差动。这是因为 TA 断线会产生高压及电弧危害。
- (2) 发信，且闭锁差动。这是目前国内一般的做法。考虑不紧急停机，但必须找机会马上停机处理。
- (3) 发信，闭锁差动可投退。运行时灵活性大，是上述二种方法的折中。

(b) 短路故障时 TA 饱和判别和对策

电力系统严重故障时，包括区外区内故障，短路电流非常大，TA 将严重饱和。有时短路电流中含有非周期衰减分量，TA 饱和也会产生。上述情况下，TA 传变特性变差。加上差动保护两侧 TA 不同变比不同型号不同负载，各 TA 回路饱和程度不一致，区外故障时差动保护的差电流加大，按正常比率制动特性将可能制动不住，产生误动。而区内故障时由于 TA 传变不精确，饱和产生波形畸变，差动保护也有可能被误闭锁。

本装置利用 TA 饱和特征量（即 TA 在故障后 $\frac{1}{4}$ 周波内一般不会饱和）来判别 TA 饱和，并判断出 TA 饱和是因区内故障还是区外故障引起。若是区外故障时 TA 饱和，采用陷阱技术防止差动保护误动作。若是区内故障，差动保护不仅能正确动作，而且动作时间和灵敏度丝毫不受影响。

(c) 区外故障切除时 TA 饱和判别和对策

区外故障切除后，在 TA 回路由故障电流向正常负荷电流转变的暂态过程中，由于各侧 TA 的变比型号不同及负载不同，各 TA 暂态过程也不一致。当故障电流中含有非周期分量时，这种 TA 的暂态饱和也很严重。又由于故障电流已消失，差动保护的制动电流为负荷电流，比较小，必须采取措施避免差动保护的误动。

本装置采用反向负跃变方法检测区外故障切除时的暂态过程，并采用负荷电流门坎，自动改善差动保护性能，避免此时 TA 饱和时差动保护的误动。此方法不影响区内故障时差动保护的動作时间和灵敏度。

6.2.4 定值清单及整定原则

(a) 定值清单

在 DGT801 系列装置中，二次谐波制动式变压器差动（或发变组差动）保护的整定值清单，如表 6-2-1 所示。其中 I_q 、 I_g 及 I_e 均为基准侧二次有名值。

表 6-2-1 变压器（或发变组）二次谐波制动式差动保护定值清单

| 名称 | 制动系数 | 谐波制动比 | 启动电流 | 拐点电流 | 速断倍数 (*I _e) | 解除 TA 断线功能差流倍数 (I _e *) | 额定电流 |
|------|----------------|--------|----------------|----------------|-------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|
| 代号 | K _z | η | I _q | I _g | I _s | I _{ct} | I _e (I _N) |
| 整定范围 | 0.1~1.8 | 0.05~1 | 0.05~10 | 0.5~10 | 1~20 | 0.1~3 | 0.5~8 |
| 单位 | | | 安 | 安 | 倍数 | 倍数 | 安 |

(b) 整定原则及取值建议

(1) 比率制动系数 K_z（曲线斜率）

比率制动系数 K_z 整定原则，按躲过变压器出口三相短路时产生的最大暂态不平衡差流来整定（即过拐点的斜线通过出口区外故障最大差流对应点的上方）。标积制动系数与比率制动系数的取值基本相同。一般

$$K_z=0.4\sim0.5$$

(2) 启动电流 I_q

整定原则：能可靠躲过变压器正常运行时的最大不平衡差流。一般

$$I_q = (0.4\sim0.5) I_e$$

(3) 拐点电流 I_g

变压器各侧差动 TA 的型号及变比不可能相同。因此，各侧 TA 的暂态特性的差异较大。为躲过区外远处故障或近区故障切除瞬间产生较大不平衡差流的影响，建议拐点电流：

$$I_g = (0.5\sim0.7) I_e$$

(4) 二次谐波制动比 η

空投变压器时，励磁涌流的大小、二次谐波分量的多少或波形畸变程度，与变压器的容量、结构、所在系统中的位置及合闸角等因素有关。为了使差动保护能可靠地躲过变压器空投时的励磁涌流，又能确保在变压器内部故障时故障电流波形有畸变（含有二次谐波分量）时，差动保护能可靠动作，应根据被保护变压器的容量、结构及在系统中的位置，整定出适当的二次谐波制动比。一般

$$\eta = 0.13\sim0.2$$

对容量较大的变压器，可取 0.16~0.18；对大型发电机变压器组（发电机机端没有断路器），可取

0.18~0.20；对于距主电源较近的中小型变压器（例如启备变等），可取 0.13~0.15。

（5）差动速断倍数 I_s

变压器差动速断动作倍数的整定原则，应按躲过变压器空投时的励磁涌流或外部短路时最大不平衡差流来整定。而变压器励磁涌流的大小与变压器的容量、结构、所在系统中的位置等均有关。一般

$$I_s = 4 \sim 10 \text{ (倍)}$$

对于大容量变压器，可取 4~6；对于大型发电厂内容量较小的变压器，可取 8~10；而对于远离系统的大型变压器及其中间无开关的发电机变压器组，可取 4。

（6）解除 TA 断线功能差流倍数 I_{ct}

差流大于 I_{ct} 整定值时，解除 TA 断线判别环节。一般 TA 断线引起的差流小于最大负荷电流，故 $I_{ct} = 0.8 \sim 1.1$ （倍）

TA 二次回路开路是危险的，特别是大容量变压器 TA 二次开路，将会造成 TA 绝缘损坏、保护装置或二次回路着火，还将危及人身安全。因此，建议去掉 TA 断线判别功能，即

$$I_{ct} = 0.1 \sim 0.2 \text{ (倍)}$$

（7）变压器额定电流 I_e

变压器各侧的额定电流（TA 二次值）往往是不同的。定值清单中的额定电流是指基准侧的额定电流。基准侧差动 TA 二次电流的计算，可按式进行

$$I_e = I_N = \frac{S_e}{\sqrt{3}U_{ej}n_a} \dots\dots\dots (6-2-4)$$

式中

S_e ——变压器额定容量；

U_{ej} ——基准侧额定相间电压；

n_a ——基准侧差动 TA 变比。

（c）灵敏度校验

同 6.1 节发电机纵差保护相同，变压器差动保护的灵敏度要求

$$K_{sen} \geq 2$$

才能保证在区内发生各类型故障（有各种各样暂态过程）时保护动作的可靠性。

6.2.5 关于变压器差动保护各侧平衡系数

在正常工况下，或区外故障时，变压器差动保护各侧输入的电流不同。因此，为使差动保护各相差流等于零，通过软件计算引入适当的平衡系数，以便将变压器各侧电流折算到基准侧。

在 DGT801 系列装置中，在调试定义下载时，只要输入变压器绕组的接线方式及各侧额定电压或运行抽头实际的相间电压、差动 TA 的变比及差动 TA 的接线方式，各侧之间的平衡系数便自动设定。

但是，为了检查变压器差动保护各侧通道的平衡状况及校验比率制动系数，需要知道各侧之间设定后的平衡系数。

例如，某一三卷变压器，接线组别为 Y/Y/Δ-11，其差动保护各侧 TA 的接线方式为 Y/Y/Y，由微机软件在高压侧及中压侧移动电流的相位。

设变压器的额定容量为 S_e ，高、中、低三侧的额定或运行抽头实际电压分别为 U_h 、 U_m 、 U_L ，差动 TA 的变比分别为 n_h 、 n_m 、 n_L 。以低压侧为基准侧，求高压侧、中压侧对低压侧的平衡系数。

计算过程及计算结果如表 6-2-2 所示。

表 6-2-2 Y/Y/Δ-11 变压器差动保护各侧平衡系数（以低压侧为基准侧）

| 项目名称 | 各侧参数 | | |
|-------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|
| | 高压侧 (H) | 中压侧 (M) | 低压侧 (L) |
| TA 接线 | Y | Y | Y |
| TA 二次电流 | $\frac{S_e}{\sqrt{3}U_h n_h}$ | $\frac{S_e}{\sqrt{3}U_m n_m}$ | $\frac{S_e}{\sqrt{3}U_L n_L}$ |
| 各相差动元件的计算电流 | $\frac{S_e}{U_h n_h}$ | $\frac{S_e}{U_m n_m}$ | $\frac{S_e}{\sqrt{3}U_L n_L}$ |
| 平衡系数 | $\frac{U_h n_h}{\sqrt{3}U_L n_L}$ | $\frac{U_m n_m}{\sqrt{3}U_L n_L}$ | 1 |

要说明的是：当变压器高压侧及中压侧差动 TA 的接线均为Δ时，差动保护各侧的平衡系数仍与表 6-2-2 内所列相同。

6.2.6 工程应用

- （1）变压器高压侧或中压侧（即绕组呈 Y 型连接侧）差动 TA 的接线可以采用Δ连接，也可以采用 Y 连接。
- （2）基准侧一般可选 TA 计算出的二次额定电流接近 TA 标称额定电流那侧。
- （3）TA 二次开路是危险的，最好 TA 断线不闭锁差动出口。

(4) 变压器差动最多可实现六侧差动。

(5) 对于 Y0/Y 接线的变压器（主要指发电厂的启备变），应注意采取滤去 Y0 侧零序电流的问题。

6.3 变压器零序差动保护

变压器零序差动保护，主要适用于自耦变压器。当三卷变压器高压侧或中压侧发生单相接地故障而纵差保护灵敏度低时，也可增设零差保护。变压器零差保护是变压器高压侧、中压侧或公共侧绕组接地故障的主保护。

6.3.1 保护构成原理

自耦变压器的零差保护，比较其高压、中压及公共绕组三侧零序电流的大小及相位关系构成。该保护的交流接入回路示意图如图 6-3-1 所示。

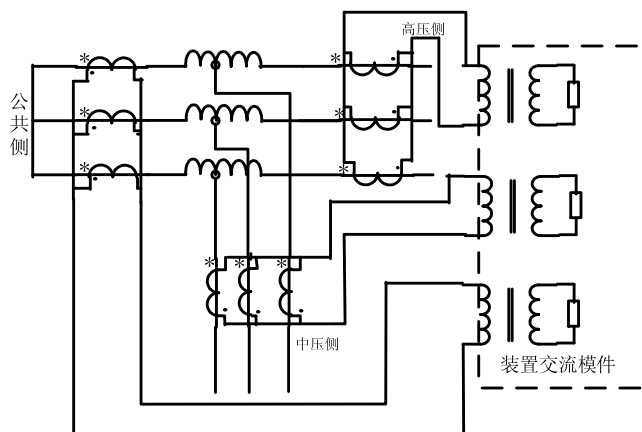


图 6-3-1 自耦变压器零差保护交流接入回路示意图

(a) 动作方程

为确保变压器大电流系统侧内部接地故障时零差保护的灵敏度及区外接地故障时零差保护可靠不动作，应采用具有比率制动特性的零差保护。其动作方程为

$$\begin{cases} I_d > I_q & ; I_z < I_g \\ I_d > K_z(I_z - I_g) + I_q & ; I_z > I_g \\ I_d > I_s & ; I_d > I_s \end{cases} \dots\dots\dots (6-3-1)$$

式中

I_d —— 零差保护的零序差电流

$$I_d = |\dot{I}_{oh} + \dot{I}_{om} + \dot{I}_{oT}|$$

I_z ——零差保护的零序制动电流

$$I_z = \max\{|I_{oh}|, |I_{om}|, |I_{oT}|\}$$

I_{oh} 、 I_{om} 、 I_{oT} ——分别为自耦变压器高压侧、中压侧、公共绕组的零序电流；

$\max\{|I_{oh}|, |I_{om}|, |I_{oT}|\}$ ——取三侧零序电流中的最大者；

K_z 、 I_q 、 I_g 、 I_s ——零差保护整定值，见表 6-3。

(b) 动作特性

见图 6-3-2。

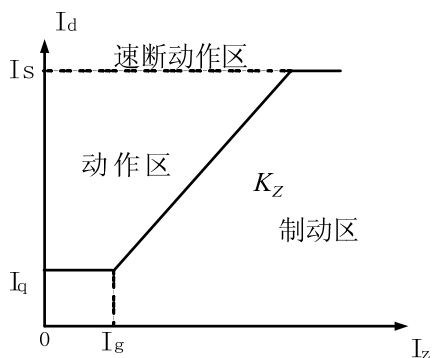


图 6-3-2 变压器零差保护动作特性

6.3.2 逻辑框图

自耦变压器零差保护的逻辑框图如图 6-3-3 所示。

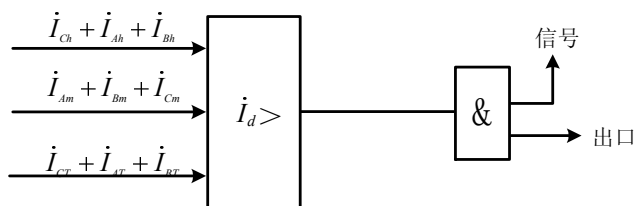


图 6-3-3 自耦变零差保护逻辑框图

在图 6-3-3 中

I_{Ah} 、 I_{Bh} 、 I_{Ch} ——变压器高压侧零差 TA 二次三相电流；

I_{Am} 、 I_{Bm} 、 I_{Cm} ——变压器中压侧零差 TA 二次三相电流；

I_{AT} 、 I_{BT} 、 I_{CT} ——变压器公共绕组零差 TA 二次三相电流。

6.3.3 定值清单及取值建议

表 6-3 变压器零差保护的定值清单

| 名称 | 制动系数 | 启动电流 | 拐点电流 | 速断倍数 (*I _e) | 额定电流 |
|------|----------------|----------------|----------------|-------------------------|----------------------------------|
| 代号 | K _z | I _q | I _g | I _s | I _e (I _N) |
| 整定范围 | 0.1~1.8 | 0.05~10 | 0~10 | 1~20 | 0.5~8 |
| 单位 | | 安 | 安 | 倍 | 安 |

具有比率制动特性的零差保护的定值清单列于表 6-3。

(1) 启动电流 I_q

按躲过正常工况下最大零序差流来整定。

在正常工况下，产生零差电流的原因有：电流互感器变比误差及通道调整误差。建议零差保护的启动电流

$$I_q = (0.3 \sim 0.4) I_e$$

(2) 拐点电流 I_g

与变压器纵差保护相比，在外部接地故障时制动电流较小，而在相间故障时无制动电流，因此，拐点电流应取很小值。建议

$$I_g = (0 \sim 0.1) I_e$$

(3) 比率制动系数 K_z

按躲过区外接地故障时最大的暂态零序差流来整定。建议

$$K_z = 0.3 \sim 0.5$$

(4) 速断倍数 I_s

变压器的零差速断定值，实际上是零差保护的高定值段。建议

$$I_s = 2 \sim 8 \text{ (倍)}$$

(5) 灵敏度系数 K 应大于 1.5~2。

6.3.4 工程应用

为确保零差保护的動作可靠性，其各側採用的零差 TA 應型號相同、變比相同。當各側 TA 變比不同時，

需由软件引入平衡系数。此时，各侧的平衡系数，分别等于各侧的额定电流（TA 二次值）与基准侧额定电流（TA 二次值）之比。

6.4 发电机横差保护

发电机横差保护，是发电机定子绕组匝间短路（同分支匝间短路及同相不同分支之间的匝间短路）、线棒开焊的主保护，也能保护定子绕组相间短路。

在 DGT801 系列装置中，所提供的发电机横差保护，有单元件横差保护（又称高灵敏度横差保护）和裂相横差保护两种。

6.4.1 单元件横差保护

单元件横差保护，适用于每相定子绕组为多分支，且有两个或两个以上中性点引出的发电机。

（a） 构成原理

发电机单元件横差保护的输入电流，为发电机两个中性点连线上的 TA 二次电流。以定子绕组每相两分支的发电机为例，其交流输入回路示意图如图 6-4-1 所示。

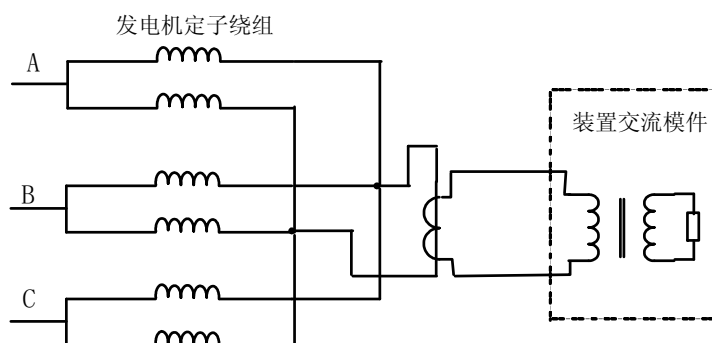


图 6-4-1 单元件横差保护交流接入回路

其动作方程为

$$I_{hz} > I_g \dots\dots\dots (6-4-1)$$

式中

I_{hz} ——发电机两中性点之间的基波电流（TA 二次值）；

I_g ——横差保护的动作电流整定值。

（b） 逻辑框图

横差保护是发电机内部故障的主保护，动作应无延时。但考虑到在发电机转子绕组两点接地短路时发电机气隙磁场畸变可能致使保护误动，故在转子一点接地后，使横差保护带一短延时动作。单元件横差保

护的逻辑框图如图 6-4-2 所示。

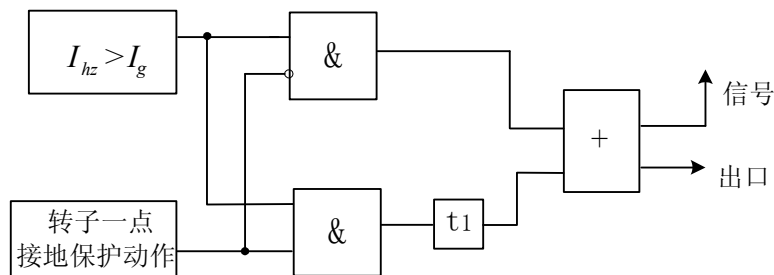


图 6-4-2 单元件横差保护逻辑框图

(c) 定值清单及整定原则

表 6-4-1 单元件横差保护定值清单

| 名称 | 动作电流 | 动作时间 |
|------|--------|--------|
| 代号 | I_g | t_1 |
| 整定范围 | 0.1~30 | 0.1~10 |
| 单位 | A | 秒 |

单元件横差保护的定值清单列于表 6-4-1。

(1) 动作电流 I_g

在发电机单元件横差保护中，有专用的滤过三次谐波的措施。因此，单元件横差保护的動作電流，应按躲过系统内不对称短路或发电机失磁失步时转子偏心产生的最大不平衡电流。建议

$$I_g = (0.3 \sim 0.4) I_e \quad (I_e \text{——发电机二次额定电流})$$

(2) 动作延时 t_1

与转子两点接地保护动作延时相配合。一般取

$$t_1 = 0.5 \sim 1.0 \text{ 秒}$$

(d) 工程应用

单元件横差保护用 TA 的变比，按确保区内故障时 TA 的动稳定及热稳定来选择。此外，还应保证区内故障时，TA 二次回路及保护装置不被损坏。保护装置内部的小 TA 应有足够的抗饱和能力及动热稳定能力。

6.4.2 裂相横差保护

裂相横差保护，又称三元件横差保护。实际上是分相横差保护。

(a) 构成原理及动作特性

以每相定子绕组有二分支的发电机为例，发电机裂相横差保护的交流输入回路示意图如图 6-4-3 所示。

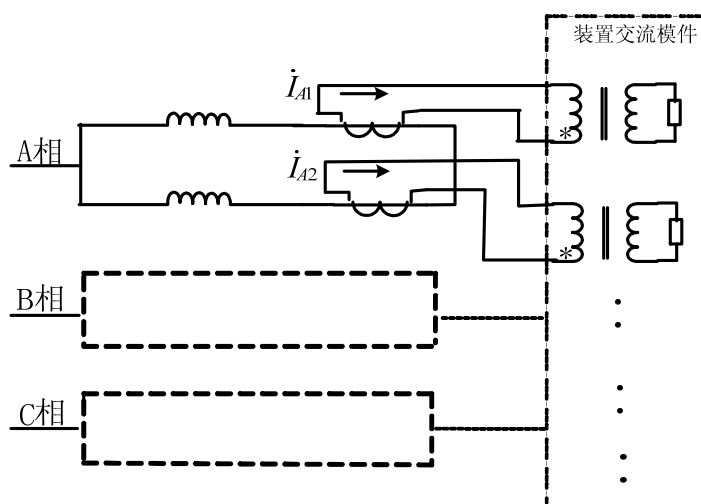


图 6-4-3 裂相横差保护交流输入回路示意图

裂相横差保护的实质是：将每相定子绕组的分支回路分成两组，并通过两组 TA 将各组分支电流之和，反极性引到保护装置中计算差流。当差流大于整定值时，保护动作。

保护的動作特性，可采用比率制动特性，也可采用标积制动特性。具有比率制动特性的動作方程为式 6-4-2，動作特性如图 6-4-4。

$$\begin{cases} I_d > I_q & ; I_z < I_g \\ I_d > K_z(I_z - I_g) + I_q & ; I_z > I_g \\ I_d > I_s & ; I_d > I_s \end{cases} \dots\dots\dots (6-4-2)$$

式中

I_d ——動作电流（即差流）

$$I_d = |\dot{I}_1 + \dot{I}_2|$$

I_z ——制动电流

$$I_z = \frac{|\dot{I}_1 - \dot{I}_2|}{2}$$

\dot{I}_1 、 \dot{I}_2 ——分别为某相 1 分支和 2 分支的电流；

K_z 、 I_q 、 I_g 、 I_s ——裂相横差保护整定值，见表 6-4-2。

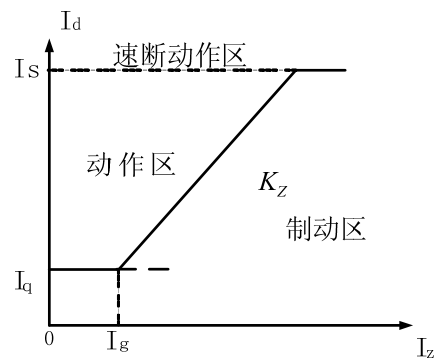


图 6-4-4 比率制动式裂相横差保护的动作特性

(b) 逻辑框图

裂相横差保护的逻辑框图如图 6-4-5 所示。

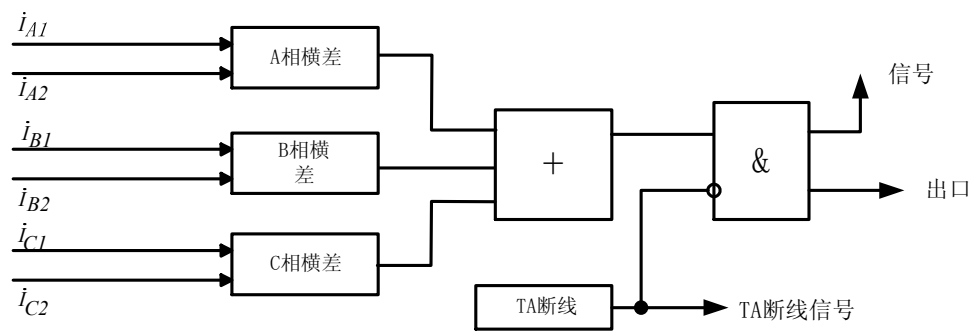


图 6-4-5 裂相横差保护逻辑框图

在图 6-4-5 中

\dot{i}_{A1} 、 \dot{i}_{B1} 、 \dot{i}_{C1} ——分别为 A、B、C 三相第一分支（或第一组）TA 二次电流；

\dot{i}_{A2} 、 \dot{i}_{B2} 、 \dot{i}_{C2} ——分别为 A、B、C 三相第二分支（或第二组）TA 二次电流。

(c) 定值清单及整定原则

表 6-4-2 裂相横差保护定值清单

| 名称 | 制动系数 | 启动电流 | 拐点电流 | 速断倍数 (* I_e) | 额定电流 |
|------|-------|---------|--------|--------------------|-----------------|
| 代号 | K_z | I_q | I_g | I_s | I_e (I_N) |
| 整定范围 | 0~1.8 | 0.05~10 | 0.5~10 | 2~5 | 0.5~8 |
| 单位 | | 安 | 安 | 倍数 | 安 |

裂相横差保护的定值清单列于表 6-4-2。

(1) 启动电流 I_q

按躲过正常工况下不平衡差流来整定。

在正常工况下，差回路中的不平衡电流由以下原因产生：差动 TA 变比误差，两分支（或两组分支）参数有差异及通道调整误差。一般应大于纵差保护的 I_q 。即

$$I_q = (0.3 \sim 0.5) I_e$$

I_e ——发电机的额定相电流（TA 二次值）。

（2）拐点电流 I_g

为躲过发电机失磁失步运行时由于转子偏心产生的不平衡差流，建议

$$I_g = (0.2 \sim 0.5) I_e$$

（3）比率制动系数 K_z

为躲过区外故障时产生的最大暂态差流，建议

$$K_z = 0.4 \sim 0.5$$

（4）差动速断倍数 I_s

其作用相当于差动高定值，建议

$$I_s = 4 \sim 8 \text{ (倍)}$$

（d） 工程应用

裂相横差保护可采用同型号、同变比的电流互感器。且要求各 TA 的暂态特性要好。

建议采用东南大学的发电机内部故障分析软件包，对发电机内部故障时保护的灵敏度进行分析计算，以供保护装置参考。

每相定子绕组分支数为奇数时，由于两组 TA 所匝链的分支数不同，需引入平衡系数，望用户说明。

6.5 励磁机差动保护

目前，国内运行的大型发电机的励磁机，其频率有 100Hz，也有 50Hz。

在 DGT801 系列装置中，对于频率为 50Hz 的励磁机，所提供的差动保护基本同发电机差动保护，即可以提供比率制动式纵差保护，也可以提供标积制动式纵差保护。不同的是，其出口采用单相口的方式。

对于频率为 100Hz 的励磁机，DGT801 系列装置中提供的纵差保护，是具有比率制动特性的分相纵差保护。以下，仅介绍频率为 100Hz 的励磁机纵差保护。

6.5.1 构成原理

（a） 动作方程

$$\begin{cases} I_d > I_q & ; I_z < I_g \\ I_d > K_z I_z & ; I_z > I_g \\ I_d > I_s & ; I_d > I_s \end{cases} \dots\dots\dots (6-5-1)$$

式中

I_d ——动作电流（即差电流）

$$I_d = |\dot{I}_N + \dot{I}_T|$$

I_z ——制动电流

$$I_z = \frac{|\dot{I}_N - \dot{I}_T|}{2}$$

I_N 、 I_T ——励磁机中性点 TA 和机端侧 TA 二次电流；

K_z 、 I_q 、 I_g ——差动保护整定值，见表 6-5。

(b) 动作特性

根据式 6-5-1 绘出的励磁机纵差保护的动作特性，如图 6-5-1 所示。

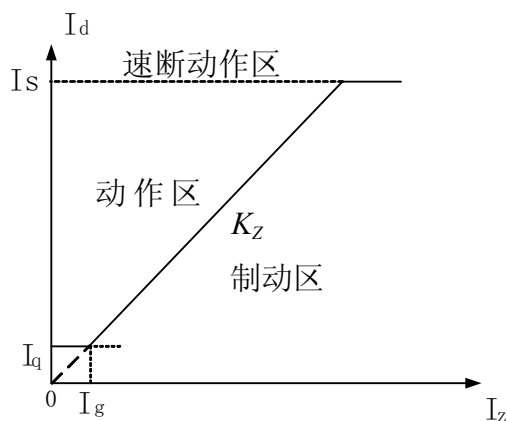


图 6-5-1 励磁机纵差保护动作特性

6.5.2 逻辑框图

励磁机的纵差保护，通常采用单相出口方式。构成逻辑框图如图 6-5-2 所示。

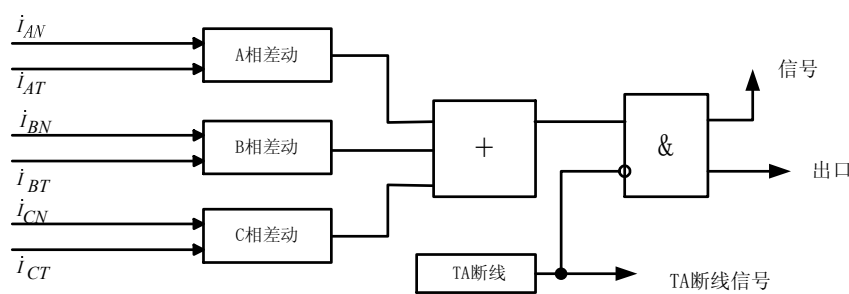


图 6-5-2 励磁机差动保护逻辑框图

6.5.3 定值清单及取值建议

表 6-5 励磁机差动保护定值清单

| 名称 | 制动系数 | 启动电流 | 速断电流 |
|------|---------|---------|-------|
| 代号 | K_Z | I_q | I_s |
| 整定范围 | 0.1~1.8 | 0.05~10 | 1~20 |
| 单位 | | 安 | 安 |

励磁机纵差保护定值清单见表 6-5。

- (1) K_Z 取 0.4；
- (2) I_q 取 $0.3I_e$ ；
- (3) I_s 速断电流定值，单位：A。

6.6 发电机纵向零序电压式匝间保护

发电机纵向零序电压式匝间保护，是发电机同相同分支匝间短路及同相不同分支之间匝间短路的主保护。

6.6.1 构成原理

该保护反映的是发电机纵向零序电压的基波分量，并用其三次谐波增量作为制动量。

纵向零序电压取自机端专用 TV 的开口三角输出端。TV 应全绝缘，其一次中性点不允许接地，而是通过高压电缆与发电机中性点联接起来。

零序电压基波通道与三次谐波通道相互独立，并采用硬件滤波回路和软件付氏滤波算法滤去零序电压基波通道的三次谐波分量，滤去三次谐波电压通道的基波分量，保护的交流接入回路如图 6-6-1 所示。

保护采用两段式：I 段为次灵敏段，II 段为灵敏段。动作方程

$$3U_0 > 3U_{oh} \dots\dots\dots (6-6-1)$$

$$\begin{cases} 3U_0 > 3U_{0l} \\ (3U_0 - 3U_{0l}) > K_z (U_{03\omega} - U_{03\omega n}) \end{cases} \dots\dots\dots (6-6-2)$$

式中

$3U_0$ 、 $3U_{03\omega}$ ——零序电压基波和三次谐波计算值；

$3U_{0l}$ 、 $3U_{0h}$ 、 K_z 、 $U_{03\omega n}$ ——纵向零序电压式匝间保护整定值，见表 6-6。

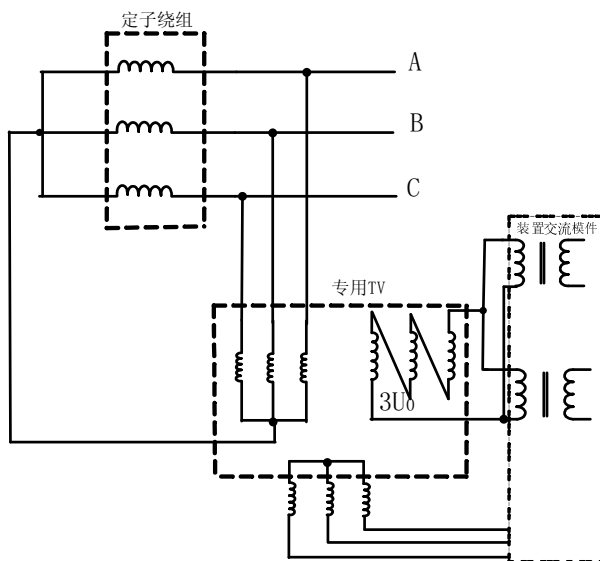


图 6-6-1 纵向零序电压式匝间保护交流接入回路示意图

6.6.2 逻辑框图

为防止专用 TV 一次断线时保护误动，引入 TV 断线闭锁；另外，为防止区外故障或其他原因（例如，专用 TV 回路有问题）产生的纵向零序电压使保护误动，引入负序功率方向闭锁。负序功率方向判据采用开放式（即允许式）闭锁。

保护的逻辑框图如图 6-6-2 所示。

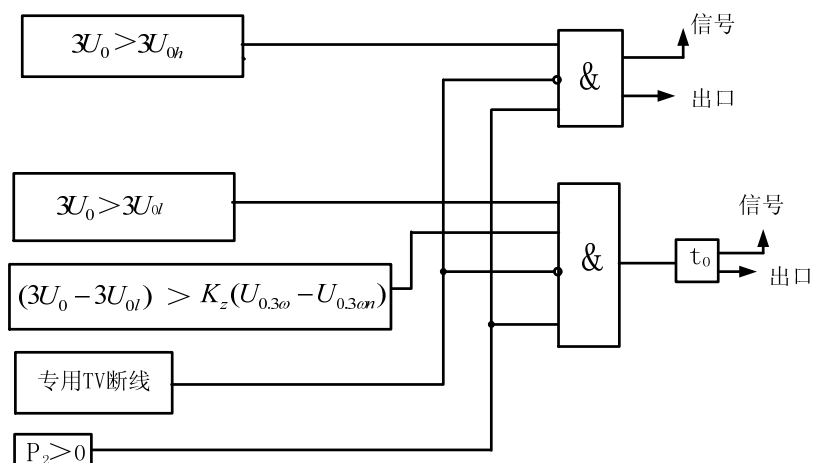


图 6-6-2 纵向零序电压式匝间保护逻辑框图

在图 6-6-2 中 P2——负序功率方向判据；

t_0 ——短延时；

专用 TV 断线判别采用电压平衡式原理。构成框图如图 6-6-3 所示。

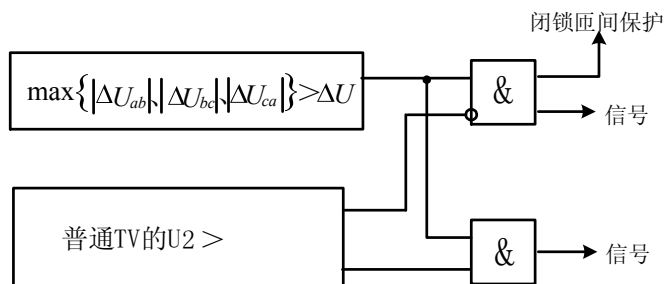


图 6-6-3 电压平衡式 TV 断线逻辑框图

在图 6-6-3 中

ΔU_{ab} 、 ΔU_{bc} 、 ΔU_{ca} ——专用 TV 与普通 TV 二次同名相间电压之差；

$\max\{|\Delta U_{ab}|, |\Delta U_{bc}|, |\Delta U_{ca}|\}$ ——取 ΔU_{ab} 、 ΔU_{bc} 、 ΔU_{ca} 中的最大者；

ΔU ——整定压差；

U_2 ——普通 TV 负序电压。

6.6.3 定值清单及取值建议

表 6-6 匝间保护定值清单

| 名称 | 动作电压 | | 压差 | 三次谐波 额定值 | 三次谐波 制动系数 | 延时 | 功率动作 方向 |
|------|-----------|-----------|------------|-------------|--------------|---------|--------------|
| | 高定值 | 低定值 | | | | | |
| 符号 | $3U_{0h}$ | $3U_{0l}$ | ΔU | U_{03an} | K_Z | t_0 | P_{2F} |
| 整定范围 | 1~100 | 0.1~100 | 1~100 | 0.1~20 | 0.1~3 | 0.1~100 | “0” 或 “1” |
| 单位 | V | V | V | V | | S | 控制字 |

匝间保护定值清单见表 6-6。

(1) 纵向零序电压动作值 $3U_{0h}$ 及 $3U_{0l}$

动作电压的整定原则是：能可靠躲过正常工况下由发电机纵向不对称及专用 TV 三相参数不一致产生的零序电压，而在定子绕组发生最小匝间短路时能可靠动作。

对于由上海电机厂生产的定子绕组呈单 Y 型连接、容量为 125MW 的汽轮发电机， $3U_{0h}$ 可取 8V 以上；而对于国内生产的定子绕组呈双 Y 型连接、容量为 200MW~300MW 的汽轮发电机， $3U_{0h}$ 可取 5V~8V。

$3U_{0l}$ 可取 $(0.4\sim0.8) 3U_{0h}$ ，一般约 3V 左右。

(2) 压差 ΔU

压差 ΔU 的整定值，应确保专用 TV 一次断线时，其二次相间电压与普通 TV 同名相相间电压的差压等于整定值的 2~3 倍。考虑到正常运行时专用 TV 二次及普通 TV 二次均有负载及专用 TV 一次保险熔断有延时及抖动等，建议 ΔU 取 7~10V。

(3) 三次谐波额定电压 U_{03an}

U_{03an} 取发电机额定负荷下三次谐波电势。在本装置中有监视显示。一般

$$U_{03an}=2\sim5V$$

(4) 三次谐波增量制动系数 K_Z

一般 $K_Z=0.4\sim0.5$

(5) 动作延时 t_0

纵向零序电压式匝间保护，应带一个小延时动作，以确保在专用 TV 一次断线时能可靠不动作。

运行实践表明： $t_0=0.15\sim0.2$ 秒是合理的。

(6) 负序功率方向控制字 P_{2F}

负序功率的动作方向应指向机内。即当发电机内部发生短路时，其输出的负序功率为正，负序功率方向元件动作并开放匝间保护出口；若为负，可改变 P_{2F} 整定。

6.6.4 工程应用

$3U_0$ 回路应满足有关“反措”要求：回路中不能有保险及辅助接点；不能有多点接地；更不能与 TV 二次的 B 相（指 B 相接地系统）公用电缆芯连。

若有负序功率方向判据，在机组起动试验过程中，应校验 TA、TV 的极性是否正确。可模拟机端外部发生二相短路故障，装置计算出的负序功率 P_2 应为负，从而闭锁匝间保护。而当机组内部发生匝间短路时，保证计算出的 P_2 为正，开放匝间保护。

6.7 发电机基波零序电压式定子接地保护

基波零序电压式定子接地保护，保护范围为由机端至机内 90%左右的定子绕组单相接地故障。可作小机组的定子接地保护。也可与三次谐波定子接地保护合用，组成大、中型发电机的 100%定子接地保护。

6.7.1 保护构成原理

保护接入 $3U_0$ 电压，取自发电机机端 TV 开口三角绕组两端，或取自发电机中性点单相 TV（或配电变压器或消弧线圈）的二次。其交流输入回路如图 6-7-1 所示。

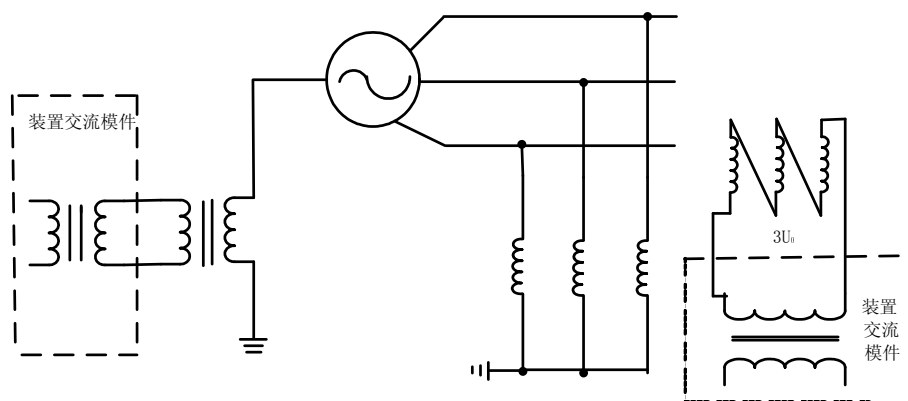


图 6-7-1 零序电压式定子接地保护交流接入回路

动作方程

$$3U_0 > 3U_{0g} \quad \dots\dots\dots (6-7-1)$$

式中

$3U_0$ ——机端 TV 开口三角电压或中性点 TV（或消弧线圈）二次电压；

$3U_{0g}$ ——动作电压整定值。

6.7.2 逻辑框图

当零序电压式定子接地保护的输入电压取自机端 TV 开口三角形绕组时，为确保 TV 一次断线时保护不误动，需引入 TV 断线闭锁。

可采用的保护逻辑框图，如图 6-7-2 所示。为提高保护动作的可靠性，建议采用图中 (b)、(c) 方案。

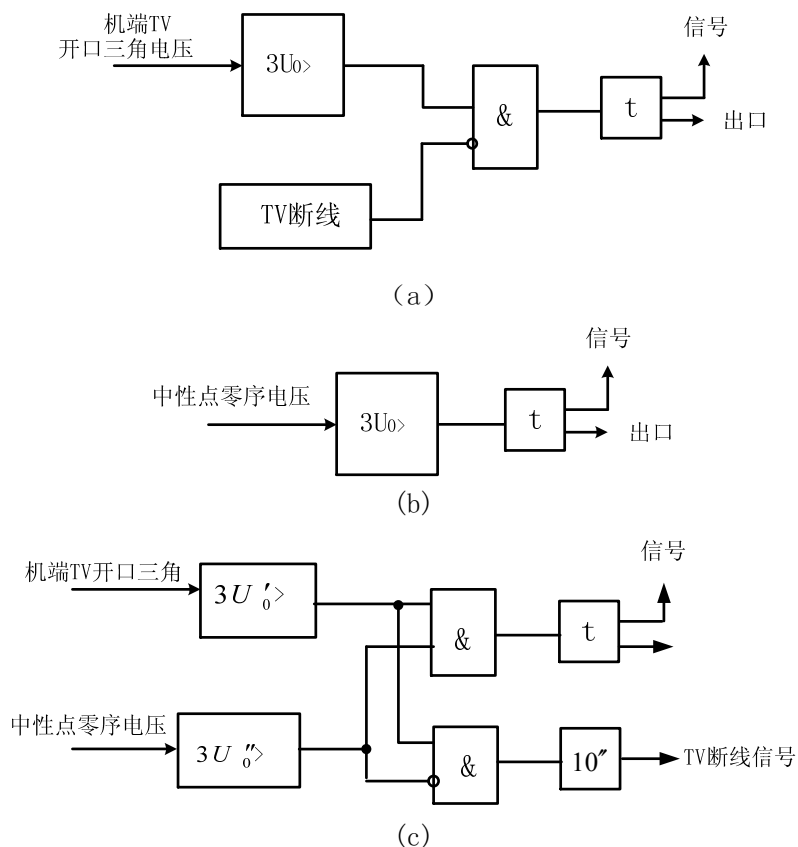


图 6-7-2 零序电压式定子接地保护逻辑框图

6.7.3 定值清单及取值建议

表 6-7 $3U_0$ 定子接地保护定值清单

| 名 称 | 动作电压 | 动作时间 |
|------|-----------|---------|
| 符 号 | $3U_{0g}$ | t |
| 整定范围 | 1~50 | 0.1~100 |
| 单 位 | V | S |

零序电压式定子接地保护定值清单如表 6-7 所示。

(1) 动作电压 $3U_{0g}$

在保护装置中，设置有性能良好的三次谐波滤过器，因此， $3U_{0g}$ 应按躲过正常运行时 TV 开口三角绕组或中性点单相 TV 二次可能出现的最大基波零序电压来整定。

当发电机定子引出线不是封闭式母线，而经穿墙套管引自室外时，可取 10~13V。

当电厂处于煤矿区时，可取 13V，否则取 10V。

当发电机出线为封闭母线时，可取 5~10V。

(2) 动作延时

应大于主变高压侧接地短路时后备保护最长动作时间来整定。若简化计算，一般取 6~9 秒。

6.7.4 工程应用

(1) 当采用发电机中性点 TV 二次电压时，该 TV 的变比应为

$$n_V = U_e / \sqrt{3} / 0.1KV$$

式中

U_e ——发电机额定相间电压；

n_V ——中性点 TV（或消弧线圈）的变比。

(2) 电压输入回路应满足反措要求：回路中无保险及辅助接点；回路中无多点接地现象等。

机端 TV 一次的中性点或中性点 TV（或消弧线圈，或配电变压器）一次回路应无保险，并可靠接地。

(3) 当发电机中性点经消弧线圈接地时，消弧线圈应为欠补偿， $3U_0$ 整定值适当提高，以防高厂变低压侧单相接地故障时保护误动。

6.8 发电机三次谐波电压式定子接地保护

三次谐波电压式定子接地保护范围是：反映发电机中性点向机内 20%左右定子绕组或机端附近定子绕组单相接地故障，与零序基波电压式定子接地保护联合构成 100%的定子接地保护。

6.8.1 构成原理

三次谐波电压式定子接地保护，按比较发电机中性点及机端三次谐波电压的大小和相位构成。其交流接入回路如图 6-8-1 所示。

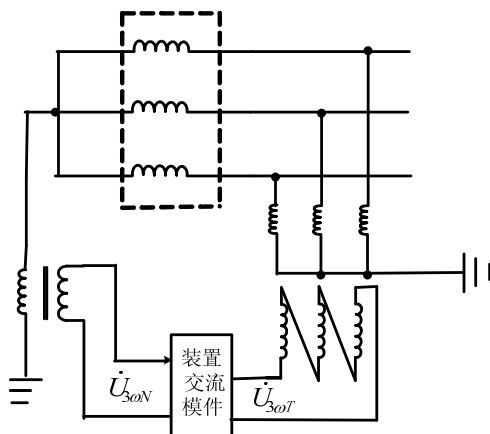


图 6-8-1 三次谐波定子接地保护交流接入回路

在 DGT801 系列装置中，可提供两种原理的三次谐波定子接地保护，即矢量比较式（大小和相位）接地保护和绝对值比较式接地保护。

矢量比较式 3ω 定子接地保护的动作为

$$\left| \dot{K}_1 \dot{U}_{3\omega T} + \dot{K}_2 \dot{U}_{3\omega N} \right| > K_3 U_{3\omega N} \quad \dots\dots\dots (6-8-1)$$

在式 (6-8-1) 中

K_1 、 K_2 、 K_3 ——三次谐波式定子接地保护调整系数定值，见表 6-8；

$U_{3\omega N}$ 、 $U_{3\omega T}$ ——发电机中性点及机端三次谐波电压。

绝对值比较式 3ω 定子接地保护的动作为

$$\left| K_1 U_{3\omega T} \right| > K_3 U_{3\omega N} + \Delta U \quad \dots\dots\dots (6-8-2)$$

在式 (6-8-2) 中

K_1 、 K_3 ——三次谐波式定子接地保护调整系数定值，见表 6-8；

ΔU ——浮动电压门坎。

6.8.2 逻辑框图

三次谐波式定子接地保护的逻辑框图如图 6-8-2 所示。

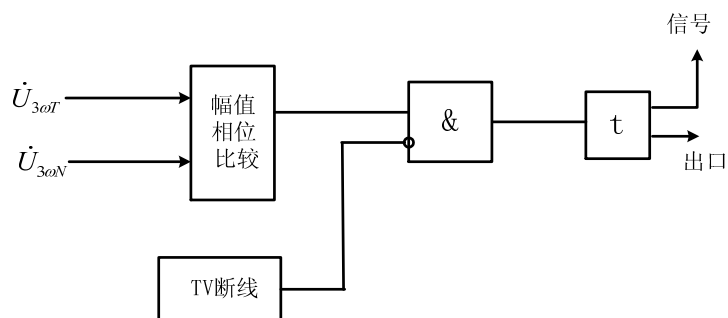


图 6-8-2 3ω 定子接地保护逻辑框图

6.8.3 定值清单及取值建议

表 6-8 3ω 定子接地保护定值清单

| 名称及代号 | 幅值系数 K_1 | 相位系数 K_2 | 制动系数 K_3 | 动作延时 t_1 |
|-------|------------|------------|------------|------------|
| 整定范围 | -5~5 | -5~5 | 0~5 | 0.1~100 |
| 单位 | | | | S |

3ω 定子接地保护的定值清单列于表 6-8。

幅值及相位系数 K_1 及 K_2 的整定，应在发电机空载额定电压下进行自整定（自整定方法见使用说明书）。

制动系数 K_3 的整定有两种方法。一种是在发电机小负荷工况下，设置一接地电阻，使 3ω 保护刚刚动作后，确定并写入 K_3 值。另一种方法，是在发电机空载额定电压，操作界面键盘，输入 K_3 值。

对于汽轮发电机，接地电阻一般选 $2\text{k}\Omega \sim 5\text{k}\Omega$ ， K_3 一般为 0.4~0.8；而对于水轮发电机，接地电阻一般选 $1\text{k}\Omega \sim 3\text{k}\Omega$ ， K_3 一般为 0.1~0.2。

动作延时 t_1 ，一般为 6~9 秒。

6.8.4 工程应用

(1) 当发电机机端 TV 的变比为 $\frac{U_e}{\sqrt{3}} / \frac{100}{\sqrt{3}} / \frac{100}{3} \text{V}$ 时，则中性点 TV（或消弧线圈、或配电变压器）

的变比，应为 $\frac{U_e}{\sqrt{3}} / 100 \text{V}$ （ U_e ——发电机的额定相间电压）。

(2) 机端 TV 一次的中性点，应可靠接地，不允许通过高电阻或消谐器接地。中性点 TV（或消弧线圈、或配电变压器）一次的地端应可靠接地。

(3) TV 开口三角形回路及中性点 TV 二次回路，应满足有关反措要求。在中性点 TV（或消弧线圈

或配电变压器）一次不应装保险。

6.9 发电机零序电流式定子接地保护

零序电流式定子接地保护，适用于机端三相出线上套有零序电流互感器的小型发电机。该保护可单独作为发电机内部定子绕组 100% 的定子接地保护。

6.9.1 构成原理

该保护交流接入回路的示意图如图 6-9-1 所示。

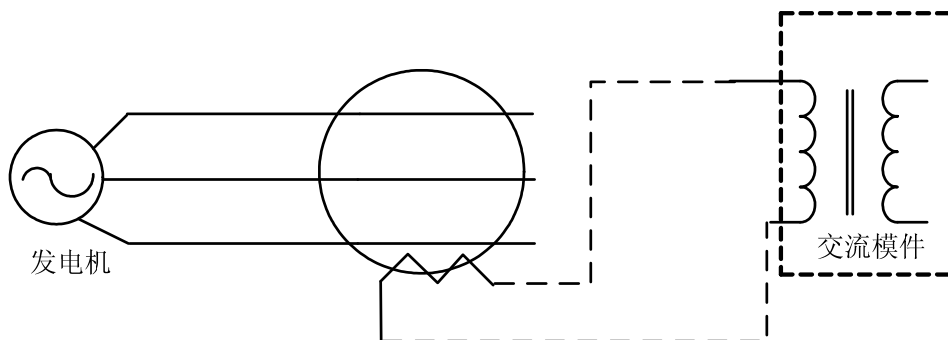


图 6-9-1 零序电流式定子接地保护交流输入示意图

动作方程为

$$3I_0 > 3I_{0g} \quad \dots\dots\dots (6-9-1)$$

式中

$3I_0$ ——零序 TA 二次电流；

$3I_{0g}$ ——零序电流动作整定值。

6.9.2 逻辑框图

零序电流式定子接地保护的逻辑框图如图 6-9-2 所示。

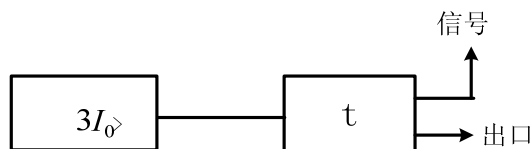


图 6-9-2 零序电流式定子接地保护逻辑框图

6.9.3 定值清单及整定建议

表 6-9 $3I_0$ 定子接地保护定值清单

| 名称及代号 | 零序电流动作值 $3I_{0g}$ | 动作延时 t |
|-------|-------------------|--------|
| 整定范围 | 0~1000 | 0.1~50 |
| 单位 | mA | S |

$3I_0$ 定子接地保护定值清单列于表 6-9。

关于零序电流动作值 $3I_{0g}$ 的整定，比较烦琐。主要原因是零序 TA 无变比，一次零序电流是通过 TA 的漏磁传到二次去。

为此，下达的整定值应为发电机一次的零序电流。其值应参照发电机的安全允许接地电流确定，例如 4A 或 3A。

当一次动作电流确定后，用长导线穿过零序 TA 通入单相电流进行校验。当通入电流等于一次整定动作电流时，观察界面上显示的毫安数，将该毫安数作为定值输入装置并固化。

保护的动作延时可取 6~9 秒。

6.9.4 工程应用

为了提高保护的動作可靠性，应将零序 TA 的两个二次线圈并联或串联应用。当发电机出线由电缆引出时，应注意发电机引出电缆线外皮接地及在 TA 侧接地的問題。

6.10 发电机注入式转子一点接地保护

在 DGT801 系列装置中，转子一点接地保护的注入直流电源系装置自产。因此，在发电机运行及不运行时，均可监视发电机励磁回路的对地绝缘。该保护动作灵敏、无死区。

6.10.1 构成原理

保护的输入端与转子负极及大轴连接。保护有两段出口供选用。其动作方程为

$$\begin{cases} R_g < R_{g1} \\ R_g < R_{g2} \end{cases} \dots\dots\dots (6-10-1)$$

式中

R_g —— 转子对地测量电阻；

R_{g1} 、 R_{g2} —— 转子一点接地保护整定值，见表 6-9。

6.10.2 逻辑框图

转子一点接地保护的逻辑框图如图 6-10-1 所示。

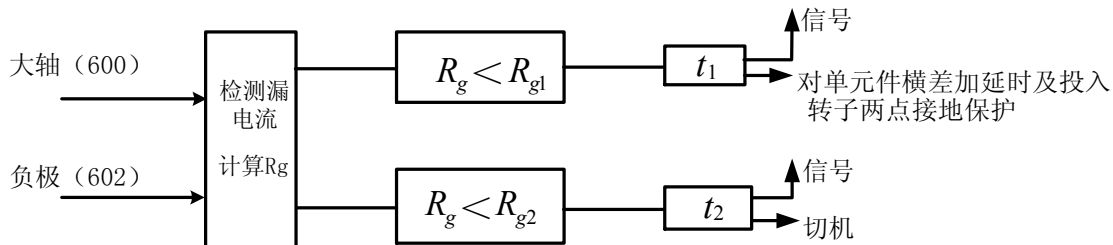


图 6-10-1 转子一点接地保护逻辑框图

6.10.3 定值清单及取值建议

表 6-10 转子一点接地保护定值清单

| 名称及代号 | 动作电阻 R_{g1} | 动作电阻 R_{g2} | 动作时间 t_1 | 动作时间 t_2 |
|-------|------------------|------------------|---------------|---------------|
| 整定范围 | 0.1~50 | 0.1~50 | 0.1~100 | 0.1~100 |
| 单位 | K Ω | K Ω | S | S |

转子一点接地保护定值清单见表 6-10。

(1) 动作电阻 R_{g1} 及 R_{g2} 的整定

R_{g1} 为高定值：当转子对地绝缘电阻大幅度降低时，发出信号。 R_{g1} 取 (8~10) K Ω 是适宜的。

R_{g2} 为低定值：动作后作用于切机。考虑转子两点接地的危害， R_{g2} 取 (0.5~1) K Ω 较为合理。

(2) 动作时间 t_1 及 t_2

t_1 及 t_2 可取 6~9 秒。

6.10.4 工程应用

将保护装置与转子回路连接时，不要接错极性。

另外，在界面定值清单中有 I_0 (漏电流) 参数，现场不用整定。只是在调试时取值，用于补偿测量精度及稳定性。

当转子一点接地保护投入运行时，会影响转子回路的绝缘测量系统。反之亦然。故若有此两种装置时，只能投入其中一套，否则都会相互影响。

双重化的转子一点接地保护，只能投入一套，另一套作为冷备用。

6.11 发电机转子两点接地保护

6.11.1 保护构成原理

当发电机转子绕组两点接地时，其气隙磁场将发生畸变，在定子绕组中将产生二次谐波负序分量电势。转子两点接地保护即反映定子电压中二次谐波“负序”分量。

动作方程：

$$\begin{cases} U_{2\omega 2} > U_{2\omega g} \\ U_{2\omega 2} > 2U_{2\omega 1} \end{cases} \dots\dots\dots (6-11-1)$$

式中

$U_{2\omega 1}$ 、 $U_{2\omega 2}$ ——发电机定子电压二次谐波正序和负序分量；

$U_{2\omega g}$ ——二次谐波电压动作整定值。

6.11.2 逻辑框图

在转子一点接地保护动作后，自动投入转子两点接地保护。转子两点接地保护的逻辑框图如图 6-11-1 所示。

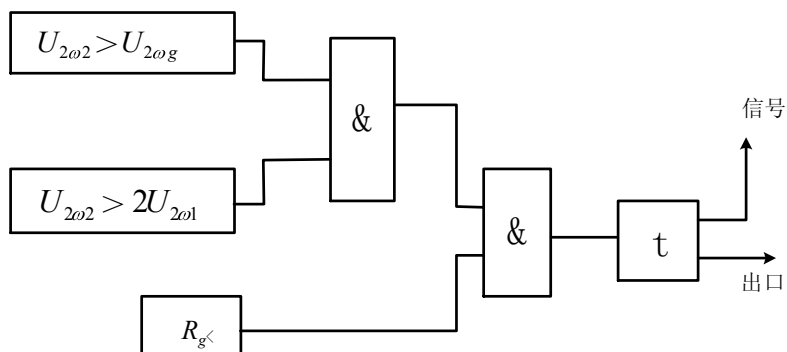


图 6-11-1 转子两点接地保护逻辑框图

在图 6-11-1 中 $R_g <$ ——转子一点接地保护动作条件。

6.11.3 定值清单及取值建议

表 6-11 转子两点接地保护的定值清单

| 名称及符号 | 二次谐波电压定值 $U_{2\omega g}$ | 动作延时 t |
|-------|--------------------------|--------|
| 整定范围 | 1~50 | 0.1~10 |
| 单位 | V | S |

转子两点接地保护的定值清单如表 6-11 所示。

二次谐波电压动作值可按下式整定

$$U_{2\omega g} = K_{rel} U_{2\omega 2He\delta}$$

式中 K_{rel} ——可靠系数，取 8~10；

$U_{2\omega 2He\delta}$ ——发电机额定工况下测得最大的二次谐波负序电压，一般为 0.1~0.2。

动作延时 t ，可取 0.5~1.0 秒，以防外部故障暂态过程中保护误动。

6.12 发电机失磁保护（阻抗原理）

正常运行时，若用阻抗复平面表示机端测量阻抗，则阻抗的轨迹在第一象限（滞相运行）或第四象限（进相运行）内。发电机失磁后，机端测量阻抗的轨迹将沿着等有功阻抗园进入异步边界园内。

6.12.1 构成原理

阻抗型失磁保护，通常由阻抗判据（ $Z_g <$ ）、转子低电压判据（ $V_{fd} <$ ）、机端低电压判据（ $U_g <$ ）、系统低电压判据（ $U_n <$ ）及过功率判据（ $P >$ ）构成。

保护输入量有：机端三相电压、发电机三相电流、主变高压侧三相电压（或某一相间电压）、转子直流电压。

（a）阻抗判据

在 DGT801 系列装置中，阻抗判据动作特性见图 6-12-1。可知，根据需要整定不同的阻抗园园心和半径可以获得静稳边界阻抗园（图中 1 边界），或异步边界阻抗园（图中 3 边界），或过原点的下抛阻抗园（图中 2 边界），或用过原点的两根切线切去一部分阻抗以满足进相运行，或用进相无功切线切去一部分阻抗以满足进相要求。

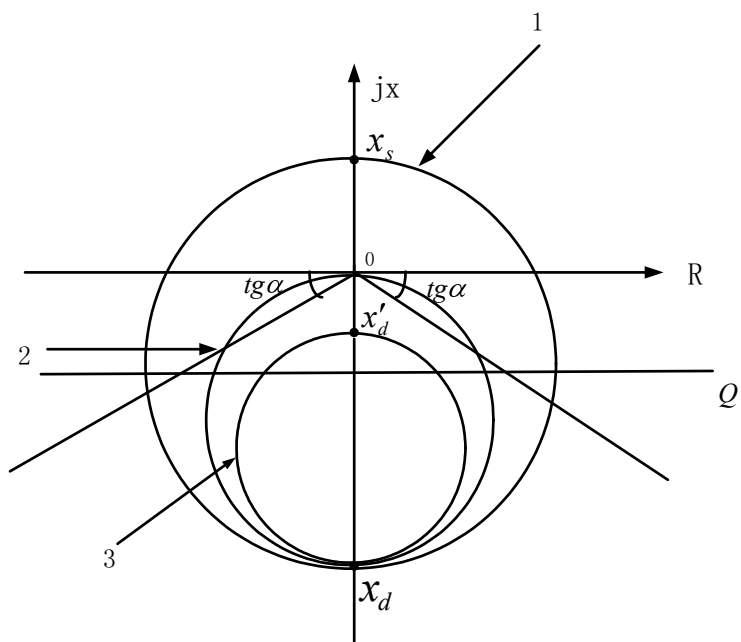


图 6-12-1 失磁保护阻抗园特性

在图 6-12-1 中

x_s ——系统阻抗;

x_d 、 x'_d ——发电机同步电抗和暂态电抗;

Q 、 $tg\alpha$ ——失磁保护整定值, 见表 6-12。

(b) 转子低电压判据

转子低电压判据中动作电压与发电机有功有关, 故又称 V_{fd} - P 判据。其动作方程为

$$\begin{cases} V_{fd} < V_{fdl} & ; V_{fd} < V_{fdl} \\ V_{fd} < \frac{125}{K_{fd} 866} (P - P_t); V_{fd} > V_{fdl} \end{cases} \dots\dots\dots (6-12-1)$$

式中 V_{fd} ——转子电压计算值;

P ——发电机的有功功率计算值;

V_{fdl} , K_{fd} , P_t ——保护整定值, 见失磁保护定值清单表 6-12。

转子低电压动作特性如图 6-12-2 所示。

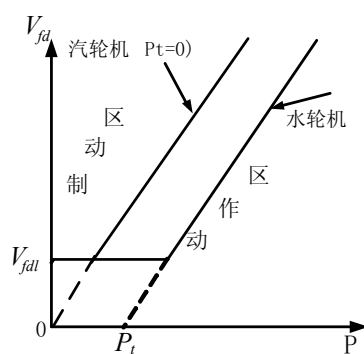


图 6-12-2 失磁保护 V_{fd} - P 元件的动作特性

6.12.2 逻辑框图

阻抗型失磁保护的逻辑框图如图 6-12-3 所示

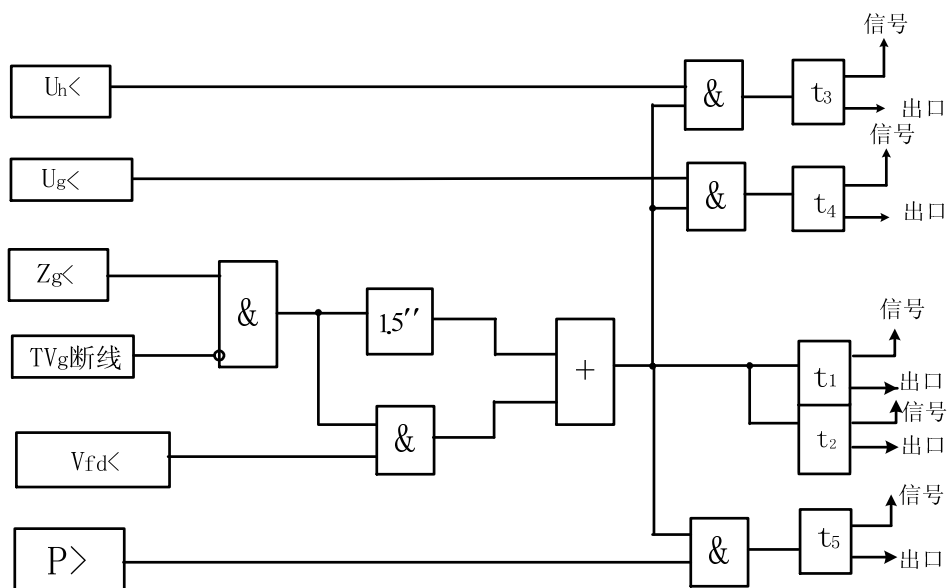


图 6-12-3 阻抗型失磁保护框图

由图 6-12-3 可以看出：当发电机失磁导致机端低电压动作时，经延时 t_4 发出信号并作用于出口（如切换励磁或切换厂用电源等措施）；当发电机失磁导致机组功率超过整定值时，经延时 t_5 发出信号并作用于出口（如降出力）；当发电机失磁并导致系统低电压动作时，经延时 t_3 发出信号并作用于跳闸；当发电机失磁阻抗元件满足，或同时转子低电压也满足时，经 t_1 延时或 t_2 延时发出信号并作用于出口（如解列灭磁）。

6.12.3 定值清单及取值建议

表 6-12 阻抗型失磁保护定值清单

| 名称 | 系统低电压 | 机端低电压 | 阻抗园园心(负值) | 阻抗园半径 | 转子低电压特性曲线系数 | 转子低电压初始动作值 | 反应功率 | 过功率 | 动作延时 |
|------|----------|----------|-----------|----------|-------------|------------|-------|--------|---------------------------|
| 符号 | U_{hl} | U_{gl} | $-X_c$ | X_r | K_{fd} | V_{fdl} | P_t | P_g | t_1, t_2, t_3, t_4, t_5 |
| 整定范围 | 50~100 | 50~100 | -100~0 | 1~100 | 0.01~3 | 1~600 | 0~500 | 1~1000 | 0.1~1000 |
| 单位 | V | V | Ω | Ω | | V | W | W | S |

阻抗型失磁保护定值清单如表 6-12 所示。

(1) 系统低电压动作定值 U_{hl}

按发电机失磁后不破坏系统稳定来整定。通常

$$U_{hl} = (0.85 \sim 0.9) U_{he}$$

式中 U_{he} ——系统母线额定电压 (TV 二次值)。

(2) 机端低电压动作定值 U_{gl}

按照以下两个条件来整定：躲过强行励磁启动电压及不破坏厂用电的安全。一般

$$U_{gl} = 0.8 U_e$$

式中 U_e ——发电机额定电压 (TV 二次值)。

(3) 阻抗园园心 X_c

X_c 一般为负值，当阻抗园为过坐标原点的下抛园时， X_c 通常取 $-0.6X_d$ 。

(4) 阻抗园半径 X_r

当阻抗园为过坐标原点的下抛园时， X_r 可取 $0.6X_d$ 。

(5) 转子低电压特性曲线系数 K_{fd}

$$K_{fd} = \frac{K_{rel}}{X_{d\Sigma}} \cdot \frac{125 \times S_e}{V_{fdo} \times 866}$$

式中 K_{rel} ——可靠系数，取 1.1~1.4；

S_e ——发电机二次额定视在功率；

V_{fdo} ——发电机空载转子电压；

$X_{d\Sigma} = X_d + X_s$ ，（标么值）。

（6）转子低电压初始动作定值 V_{fdl}

一般取发电机空载励磁电压的（0.6~0.8）倍，即

$$V_{fdl} = (0.6 \sim 0.8) V_{fdo}$$

（7）发电机反应功率 P_t （也称凸极功率）

$$P_t = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{X_{q\Sigma}} - \frac{1}{X_{d\Sigma}} \right) S_e$$

式中 $X_{d\Sigma} = X_d + X_s$ ，（标么值）；

$X_{q\Sigma} = X_q + X_s$ ，（标么值）；

X_d 、 X_q ——发电机 d 轴和 q 轴的电抗标么值。

（8）发电机过功率定值 P_g

按发电机过载异步功率整定，一般取（0.4~0.5）倍的额定功率（二次值），即

$$P_g = (0.4 \sim 0.5) P_e \quad (P_e \text{ ——发电机二次额定有功功率})$$

（9）动作延时 t_1 ， t_2 ， t_3 ， t_4 及 t_5

根据汽轮机和水轮机失磁异步运行能力，及失磁时对机组过流，机端电压及系统电压的影响而定。

6.12.4 工程应用

图 6-12-3 所示框图，为阻抗型失磁保护最大配置框图。用户可根据工程的要求，在装置调试定义时进行选择，获得合理的逻辑框图。

发电机全失磁失步运行的危害，与部分失磁失步运行的危害相比要小。因此，失磁保护动作后，跳一

次灭磁开关是必要的。另外，当励磁回路短路造成失磁时，跳灭磁开关之后，可以减小对设备的损害。

6.13 发电机失磁保护（逆无功原理）

发电机失磁及励磁降低至不允许程度的主要标志，是逆无功和定子过电流同时出现。

6.13.1 保护构成原理

逆无功原理的失磁保护主判据是逆无功（ $-Q$ ）和定子过电流（ $I_1 >$ ）。失磁的危害判据有系统低电压（ $U_s <$ ）和机端低电压（ $U_g <$ ），用来判别发电机失磁对系统及对厂用电的影响。另外，为减少发电机失磁运行时的危害程度，采用发电机有功功率判据（ $P >$ ）。

逆无功原理失磁保护输入量有：机端三相电压、发电机三相电流及主变高压侧三相电压（或某一相间电压）。

6.13.2 逻辑框图

逆无功原理失磁保护的逻辑框图如图 6-13-1 所示。

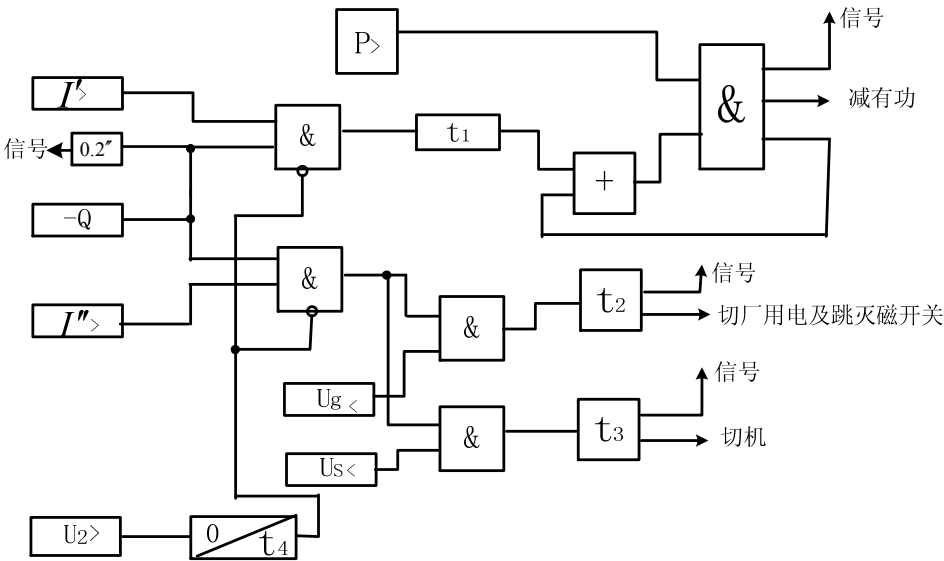


图 6-13-1 逆无功原理失磁保护逻辑框图

在图 6-13-1 中 $I'_{>}$ 、 $I''_{>}$ ——定子过负荷判据和定子过流判据；

$U_2 >$ ——负序电压判据；

发电机失磁后，无功倒流，定子过流。此时，逆无功判据、定子过负荷判据、定子过电流判据动作。

由图 6-13-1 可以看出：逆无功判据及过负荷判据动作后，启动时间 t_1 开始计时。此时，若发电机的有功功率较大，保护发出减有功指令，自动减小发电机有功功率。

发电机失磁后，若逆无功判据、过电流判据及机端低电压判据均动作，则经延时 t_2 发出切换厂用电及跳灭磁开关的命令。

若发电机失磁危及电力系统的稳定性，此时，逆无功判据、定子过电流判据及系统低电压判据同时动作，经延时 t_3 后发出切机命令。

当系统发生故障时，短时会出现负序电压，负序电压判据动作，闭锁失磁保护，且在故障切除后，失磁保护仍被闭锁 t_4 时间，以确保故障切除后系统短时振荡时保护不会误动。

在装置发出减有功命令的同时，图中“或门”输出一个信号，防止发电机失步后，由于波动幅度过大，致使减有功判据不断返回，影响减载效果。

6.13.3 定值清单及取值建议

表 6-13 逆无功原理失磁保护定值清单

| 名称 | 动作功率 | 过负荷 | 过电流 | 逆无功 | 机端低电压 | 系统低电压 | 负序电压 | 动作延时 |
|------|----------|----------|----------|----------|----------|--------|-------|-----------------|
| 符号 | P_g | I_{g1} | I_{g2} | Q_g | U_{Tl} | U_l | U_2 | t_1, t_2, t_3 |
| 整定范围 | 0.1~1000 | 0.1~50 | 0.1~50 | 0.1~1000 | 10~100 | 10~100 | 3~100 | 0.1~100 |
| 单位 | W | A | A | VA | V | V | V | S |

逆无功原理失磁保护的定值清单如表 6-13

(1) 系统低电压动作定值 U_l

按发电机失磁后不破坏系统稳定及躲过正常运行时发电厂系统母线上最低电压来整定。通常

$$U_l = (0.85 \sim 0.9) U_{he}$$

式中 U_{he} ——发电厂系统母线额定电压（TV 二次值）。

(2) 机端低电压动作定值 U_{Tl}

按照以下两个条件来整定：躲过强行励磁启动电压及不破坏厂用电的安全。一般

$$U_{Tl} = 0.8 U_e$$

式中 U_e ——发电机额定电压（TV 二次值）。

(3) 逆无功定值 Q_g （为负值）

为提高失磁保护动作的可靠性及快速性，一般

$$Q_g = (-5\% \sim -8\%) Q_e \quad (Q_e \text{——发电机额定无功功率 (二次值)})。$$

(4) 过负荷动作值 I_{g1}

一般 $I_{g1} = (1.05 \sim 1.1) I_e$ (I_e ——发电机二次额定电流)

(5) 过电流动作值 I_{g2}

按躲过过负荷电流来整定。一般取

$$I_{g2} = (1.1 \sim 1.2) I_e$$

(6) 负序电压动作定值 U_2

为提高保护躲过不正常运行方式的能力, U_2 可按照发电厂出线 (与系统连接的线路) 末端发生两相短路时装置安装处的最小负序电压来整定。一般

$$U_2 = (0.08 \sim 0.12) U_e$$

(7) 有功功率动作值 P_g

按照发电机允许无励磁运行一段时间 (约 15 分钟) 的条件来整定, 一般

$$P_g = (0.4 \sim 0.5) P_e \quad (P_e \text{——发电机额定有功功率 (二次值)})$$

(8) 动作延时 t_1, t_2, t_3

保护减载延时 t_1 , 切换厂用延时 t_2 及切机延时 t_3 均取 $(0.6 \sim 0.8) S$ 。

(9) 动作延时 t_4

为使保护能可靠躲过系统故障切除后的摇摆过程, t_4 可取 $6 \sim 8S$ 。

6.13.3 工程应用

由于发电机允许进相运行, 逆无功信号不应带自保持, 装置调试时请注意此要求。

6.14 发电机失步保护

6.14.1 构成原理

DGT801 系列装置中提供的失步保护, 反应电机机端测量阻抗的变化轨迹, 动作特性为双遮挡器。见图 6-14-1 所示。

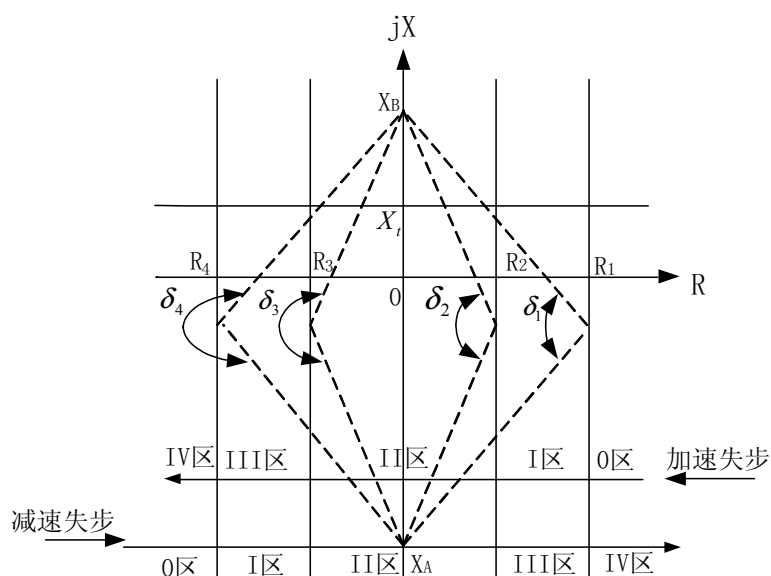


图 6-14-1 发电机失步保护动作特性及过程图

在图 6-14-1 中 X_t ——电抗整定值；

R_1 、 R_2 、 R_3 、 R_4 ——电阻整定值；

$X_B = X_S + X_T$ (X_S ——系统电抗； X_T ——主变电抗)；

$X_A = -X'_d$ (X'_d ——发电机暂态电抗)。

由图 6-14-1 可以看出：电阻线 R_1 、 R_2 、 R_3 、 R_4 及电抗线 X_t 将阻抗复平面分成 0~4 共 5 个区。发电机失步后，当机端测量阻抗较缓慢地从 +R 向 -R 方向变化，且依次由 0 区→I 区→II 区→III 区→IV 区穿过时，判断为加速失步；而当测量阻抗由 -R 方向向 +R 方向变化，且依次穿过各区时，就判断为减速失步。

如上所述，测量阻抗依次穿过五个区后记录一次滑极。当滑极次数累计达到整定值时，便发出跳闸命令。

引入保护的电压为机端 TV 三相电压，电流为发电机 TA 三相电流。

6.14.2 逻辑框图

双遮挡器原理的失步保护逻辑框图如图 6-14-2 所示。

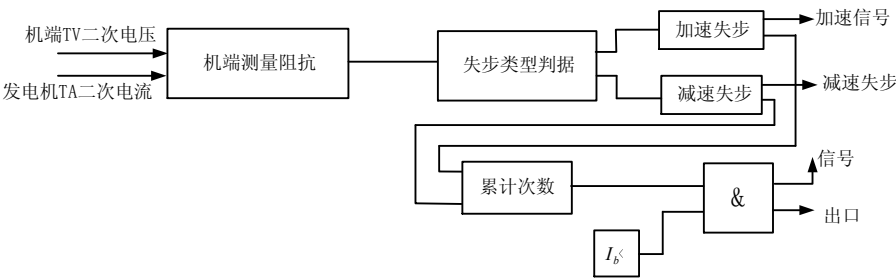


图 6-14-2 失步保护逻辑框图

6.14.3 躲不正常工况的原理

由 6.14.1 节中所述知，当机端测量阻抗依次穿过 5 个区后，才记录一次滑极，而当测量阻抗轨迹穿越几个区之后以相反的方向返回，则不计滑极。这样，可将发电机失步与可恢复性的摇摆区分开来。

当振荡中心落在线路上时，由于机端测量阻抗轨迹在图 6-14-1 中的电抗 X_t 之上变化，故保护装置不计滑极数。

另外，当系统发生短路故障时，机端测量阻抗变化极快，失步保护不会动作。

6.14.4 定值清单及取值建议

表 6-14 发电机失步保护定值清单

| 名称 | 电抗值 | 各区边界电阻值 | | | | 各区停留时间 | | | | 启动电流 | 滑极次数 |
|------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|--------|-------|
| 符号 | X_t | R_1 | R_2 | R_3 | R_4 | T_1 | T_2 | T_3 | T_4 | I_g | N |
| 整定范围 | 0~100 | 0~100 | 0~100 | -100~0 | -100~0 | 0.05~100 | 0.05~100 | 0.05~100 | 0.05~100 | 0.1~50 | 1~100 |
| 单位 | Ω | Ω | Ω | Ω | Ω | S | S | S | S | A | 次 |

双遮挡器失步保护的定值清单列于表 6-14。

(1) 电抗定值 X_t （二次有名值）

电抗 X_t 定值，应使系统振荡时（即振荡中心落在发电厂系统母线之外）保护能可靠不动。因此

$$X_t = X_T$$

(2) 阻抗边界 R_1 （二次有名值）

为给断路器创造一个良好的断开条件， $\delta_4 = 240^\circ$ ，则 $\delta_1 = 120^\circ$ 。

$$R_1 = \frac{1}{2}(|X_A| + X_B) \operatorname{ctg} \frac{\delta_1}{2}$$

(3) 阻抗边界 R_2

$$R_2 = \frac{1}{2} R_1$$

(4) 阻抗边界 R_3 (负值)

$$R_3 = -R_2$$

(5) 阻抗边界 R_4 (负值)

$$R_4 = -R_1$$

(6) 测量阻抗在各区停留时间 T_1 , T_2 , T_3 及 T_4 的整定

为使失步保护在系统短路故障时不误动， T_1 , T_2 , T_3 , T_4 应足够长。另外，为使失步保护能可靠动作， T_1 , T_2 , T_3 及 T_4 应小于最小振荡周期下测量阻抗在各区内的实际停留时间。

设系统振荡时最小的振荡周期为 T_{us} (具体值由调度所给出，一般为 0.5 秒至 1.5 秒)，并在系统振荡时，发电机功角 δ 的变化是匀速的，则测量阻抗在 I 区内的停留时间为

$$T_{us} \frac{\delta_2 - \delta_1}{360}$$

式中
$$\delta_2 = 2 \operatorname{arctg} \frac{R_2}{\frac{1}{2}(|X_A| + X_B)}$$

$$\text{整定 } T_1 = 0.5 T_{us} \frac{\delta_2 - \delta_1}{360^\circ}$$

系统振荡时测量阻抗在 II 区停留时间为

$$2 T_{us} \frac{180^\circ - \delta_2}{360^\circ}$$

$$\text{整定 } T_2 = 0.5 \times 2 T_{us} \frac{180^\circ - \delta_2}{360^\circ}$$

T_3 整定小于系统振荡时测量阻抗在 III 区停留时间

$$\text{整定 } T_3 = T_1$$

T_4 整定小于系统振荡时测量阻抗在 IV 区停留时间, T_4 可在 0 秒与 T_3 之间选取。

(7) 开断电流 I_b

所谓开断电流, 系指断路器断开时, 流过开关触点的电流。该电流不能大于开关允许的额定遮断电流。

实际上, 在对各阻抗区边界 R_1 、 R_2 、 R_3 及 R_4 的定值整定时已经避开了在 $\delta = 180^\circ$ 跳开关的可能性。故在保护的逻辑框图中, 可以省去此闭锁条件。

(8) 失步启动电流 I_g

对于需进相运行的水轮机, 设置一个启动电流, 一般

$$I_g = (0.1 \sim 0.3) I_e \quad (I_e \text{——发电机二次额定电流})$$

6.15 发电机逆功率保护和程跳逆功率保护

并网运行的汽轮发电机, 在主汽门关闭后, 便作为同步电动机运行。但从电网中吸收有功, 拖着汽轮机旋转。由于汽缸中充满蒸汽, 它与汽轮机叶片磨擦产生热, 使汽轮机叶片过热。长期运行, 损坏汽轮机叶片。

6.15.1 构成原理及逻辑框图

逆功率保护的输入量为机端 TV 二次三相电压及发电机 TA 二次三相电流。当发电机吸收有功功率时动作。构成框图如图 6-15-1 所示。

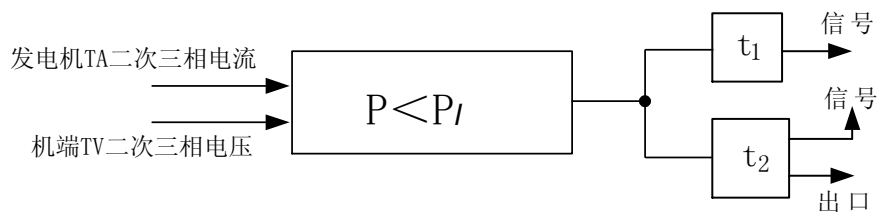


图 6-15-1 逆功率保护逻辑框图

图中 P ——发电机有功功率计算值;

P_l 、 t_1 、 t_2 ——逆功率保护整定值, 见表 6-15。

由图 6-15-1 可以看出, 当发电机吸收的有功功率大于整定值时, 经短延时 t_1 发信号, 经长延时 t_2 作用于出口。

目前, 对于大型汽轮发电机, 发电机的逆功率保护, 除了作为汽轮机的保护之外, 尚作为发电机组的程控跳闸启动元件, 称为程跳逆功率保护。保护的构成框图如图 6-15-2 所示。

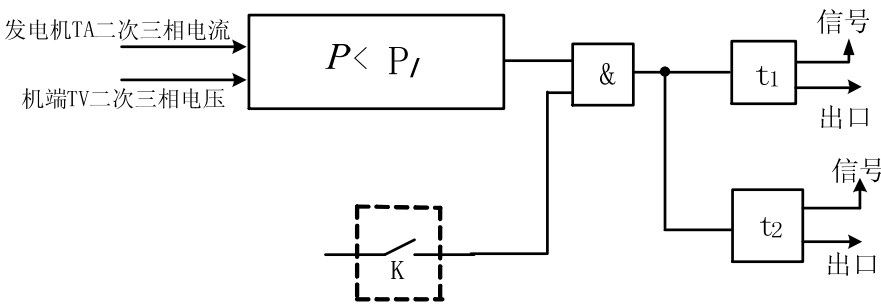


图 6-15-2 程跳逆功率保护逻辑框图

图中 K——主汽门辅助接点，主汽门关闭后开放保护出口；

程跳逆功率保护引入了 K 接点。当主汽门关闭后且发电机吸收的有功功率大于整定值时，经短延时去启动机组程序跳闸。

6.16.2 定值清单及取值建议

表 6-17 逆功率保护定值清单

| 名称 | 逆功率定值(负值) | 动作延时 | |
|------|-----------|----------|----------|
| 符号 | P_l | t_1 | t_2 |
| 整定范围 | -600~0.5 | 0.1~1990 | 0.1~1990 |
| 单位 | W | S | S |

发电机逆功率保护的定值清单列于表 6-17。

(1) 功率动作整定值 P_l

应保证汽轮机主汽门关闭后逆功率保护能可靠动作，因此

$$P_l = -K_{rel}(\Delta P_1 + \Delta P_2)$$

式中 ΔP_1 ——发电机空载损耗；

ΔP_2 ——汽轮机的空耗；

K_{rel} ——可靠系数，取 0.7~0.8。

通常 $P_l = -(1\% \sim 5\%) P_e$ ，（ P_e ——发电机二次额定功率）。

(2) 动作延时 t_1

逆功率保护动作后，应尽快发出信号。考虑到发电机并网时可能短时出现逆功率，故 t_1

取（1~1.5）秒是合理的。

(3) 动作延时 t_2

逆功率保护作用于出口延时，应按汽轮机叶片允许过热时间的条件来整定。对于有旁路管的汽轮发电机，可取 10 分钟左右。通常 t_2 取 (1~3) 分钟。

(4) 程跳逆功率动作延时 t_1

为逆功率保护启动程控跳闸的时间，一般取 1~2 秒。

6.16 发电机频率异常保护

汽轮机叶片有自己的自振频率。并网运行的发电机，当系统频率异常时，汽轮机叶片可能产生共振，从而使叶片发生疲劳，长久下去可能损坏汽轮机的叶片。

发电机频率异常保护，是保护汽轮机安全的。

6.16.1 构成原理及逻辑框图

保护接入机端 TV 某一相间电压（如 U_{AB} ）。保护的逻辑框图有三种，一种为低频保护，见图 6-16-1；一种为高频保护，见图 6-16-2；另一种为频率积累保护，见图 6-16-3，反映汽轮机叶片疲劳的累积效应，可作为低频积累保护，或高频积累保护。

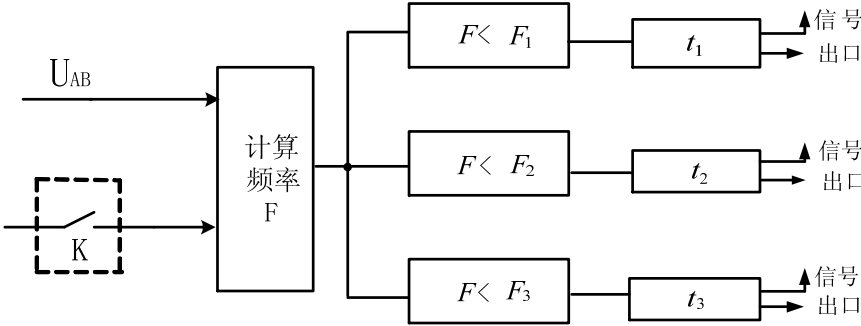


图 6-16-1 低频保护逻辑框图

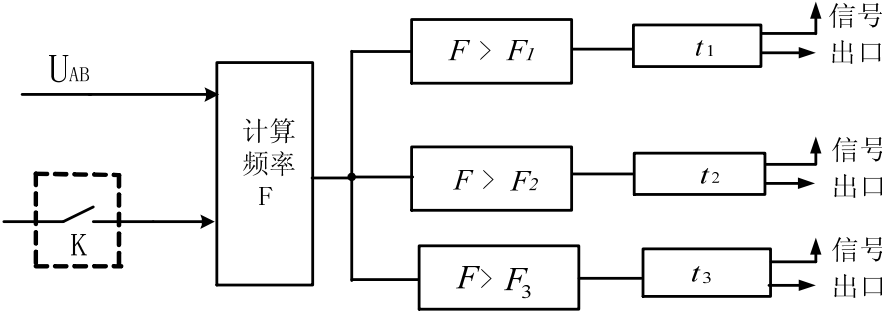


图 6-16-2 高频保护逻辑框图

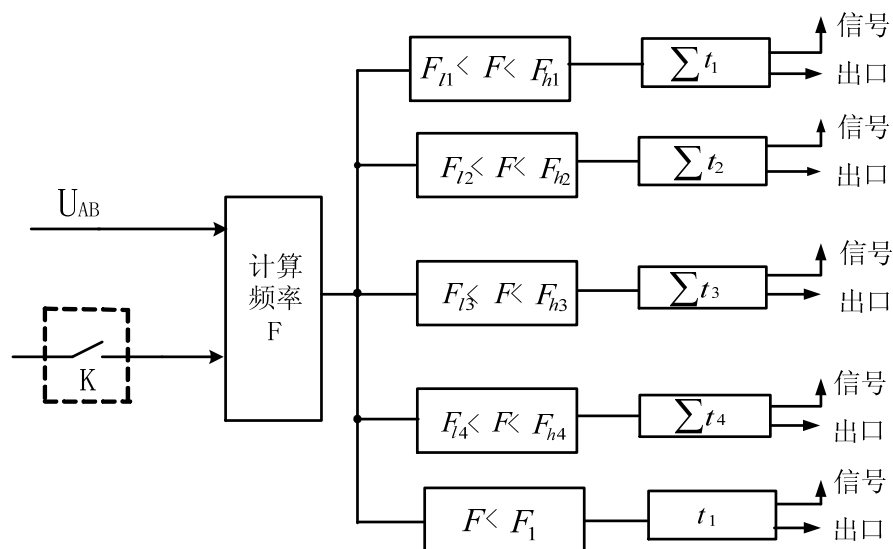


图 6-16-3 频率积累保护逻辑框图

图中 U_{AB} ——机端 TV 二次相间电压；

K——断路器辅助接点，断路器合上时闭合；

F_1 、 F_2 、 F_3 ——频率保护 1、2、3 段的整定值；

t_1 、 t_2 、 t_3 ——频率保护 1、2、3 段的延时时间定值；

F_{l1} 、 F_{h1} ——频率积累 I 段下限和上限定值；

F_{l2} 、 F_{h2} ——频率积累 II 段下限和上限定值；

F_{l3} 、 F_{h3} ——频率积累 III 段下限和上限定值；

F_{l4} 、 F_{h4} ——频率积累 IV 段下限和上限定值；

$\sum t_1$ 、 $\sum t_2$ 、 $\sum t_3$ 、 $\sum t_4$ ——频率 I 段、II 段、III 段、IV 段累积时间。

6.16.2 定值清单及取值建议

表 6-16 频率异常保护定值清单

| 名称 | 低频保护/高频保护 | | 频率积累保护 | | |
|----------|---------------|---------------|-----------------|-----------------|---------------------|
| | 频率动作值 | 延时 | 频率积累 下限 | 频率积累 上限 | 频率积累时 间 |
| 符号 | $F_1、F_2、F_3$ | $t_1、t_2、t_3$ | $F_{l1}、F_{l2}$ | $F_{h1}、F_{h2}$ | $\sum t_1、\sum t_2$ |
| | | | $F_{l3}、F_{l4}$ | $F_{h3}、F_{h4}$ | $\sum t_3、\sum t_4$ |
| 整定 范围 | 40~60 | 0.1~100 | 40~60 | 40~60 | 0.1~5000 |
| 单位 | Hz | S | Hz | Hz | S |

发电机频率异常保护的定值清单如表 6-16 所示。

目前，电力系统中的装机容量越来越多，各系统之间的联系越来越紧密。长期低频或高频运行的可能性几乎等于零。因此，当频率异常保护作用于切除发电机时，其各段频率及累计时间，应与低频减载或高周切机装置相配合。

各段频率的取值及累计时间，应根据汽轮机制造厂提供的数据乘以可靠系数进行整定。

工程应用时，可根据需要选择为低频、高频、或频率积累保护。应按要求选择保护出口段数。

6.17 过激磁保护（包括发电机、变压器）

发电机或变压器过激磁运行时，电流会很大，电流波形将发生严重畸变，漏磁大大增加，长时间运行损坏发电机或变压器。因此，对于大容量发电机及变压器，装设过激磁保护非常必要。

6.17.1 保护构成原理

过激磁保护反映的是过激磁倍数，而过激磁倍数等于电压与频率之比。发电机或变压器的电压升高或频率降低，可能产生过激磁。即

$$U_f = U/f = \frac{B}{B_e} = \frac{U_*}{f_*} \quad \dots\dots\dots (6-17-1)$$

式中 U_f ——过激磁倍数；

$B、B_e$ ——分别为铁芯工作磁密及额定磁密；

$U、f、U_*、f_*$ ——电压、频率及其以额定电压及额定频率为基准的标么值。

6.17.2 动作特性及逻辑框图

DGT801 系列保护装置所提供的过激磁保护由定时限段和反时限段组成。其动作特性如图 6-17-1 所示。通常，定时限用于发信号，或发信号并减励磁，反时限用于切除发电机或变压器。

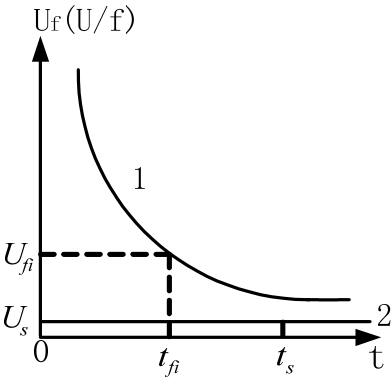


图 6-17-1 过激磁保护动作特性

定时限过激磁保护，根据需要，可设定为二段二延时。

反时限动作曲线 1 上的各个点 (U_{fi}, t_{fi}) ，最多可取 10 个自由设定点。

过激磁保护构成的逻辑框图，如图 6-17-2 所示。

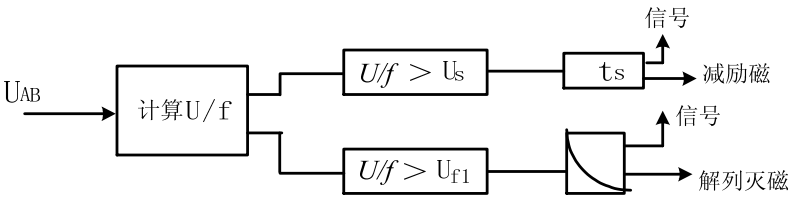


图 6-17-2 发电机或变压器过激磁保护逻辑框图

图中 U_{AB} ——发电机或变压器相间电压（TV 二次值）；

U_s 、 t_s 、 U_{f1} ——保护整定值，见过激磁保护定值表 6-17。

6.17.3 定值清单及取值建议

表 6-17 过激磁保护定值清单

| 名称 | 定时限过激磁 | | 反时限过激磁 | | | | | | |
|------|--------|---------|----------|----------|----------|----------|-----|-----------|-----------|
| | 倍数 | 时间 | 倍数 | 时间 | 倍数 | 时间 | | 倍数 | 时间 |
| 符号 | U_s | t_s | U_{f1} | t_{f1} | U_{f2} | t_{f2} | ... | U_{f10} | t_{f10} |
| 整定范围 | 0.5~2 | 0.1~100 | 0.5~2 | 0.1~1000 | 0.5~2 | 0.1~1000 | | 0.5~5 | 0.1~1000 |
| 单位 | | S | | S | | S | | | S |

发电机或变压器过激磁保护的定值清单列于表 6-17。

按照以下原则对过激磁保护进行整定：

当电机制造厂家提供发电机或变压器过激磁能力曲线时，反时限过激磁保护的動作值应与过激磁能力曲线相配合；而对于制造厂家没提供过激磁能力曲线的发电机或变压器，其反时限过激磁保护的整定，可以参照发电机或变压器过电压能力曲线整定。

另外，对于单元接线的发电机变压器，可只装一套过激磁保护，按发电机及变压器两者之中过激磁能力较低的进行整定。

（1）定时限过激磁保护 U_s 及 t_s 的整定

定时限过激磁倍数 U_s ，可按发电机或变压器额定电压/额定频率的（1.1~1.2）倍来整定。

$$U_s = 1.1 \sim 1.2$$

動作延时 t_s 可取 6~9 秒。

（2）反时限过激磁保护定值

与发电机或变压器允许的过激磁能力曲线或允许的过电压能力曲线相配合。其整定的動作曲线如图 6-17-3 所示。

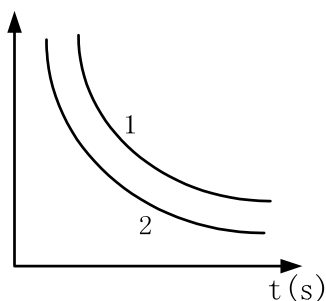


图 6-17-3 反时限过激磁保护動作整定曲线

图中 曲线 1——厂家提供的发电机或变压器允许的过激磁能力曲线或过电压曲线；

曲线 2——反时限过激磁保护動作整定曲线。

通常，可按照曲线 2 低于曲线 1 的（10~15）%的原则来整定。

6.17.4 工程应用

对于大型发电机变压器组，过激磁保护輸入的交流电压应取自机端 TV 二次相间电压。在整定反时限動作曲线时，可与发电机过激磁能力特性曲线相配合。并使曲线通过 $U_f = 1.4$ ， $t_f = (0.3 \sim 0.5)$ 秒的点。

6.18 发电机过电压保护

6.18.1 构成原理及逻辑框图

保护反映发电机定子电压。其输入电压为机端 TV 二次相间电压（例如 U_{ca} ），动作后经延时切除发电机。其构成逻辑框图如图 6-18-1 所示

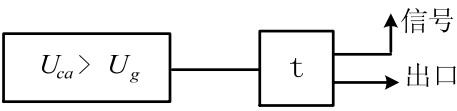


图 6-18-1 发电机过电压保护逻辑框图

6.18.2 定值清单及取值建议

表 6-18 发电机过电压保护定值清单

| 名称 | 动作电压 | 动作时间 |
|------|--------|---------|
| 符号 | U_g | t |
| 整定范围 | 50~200 | 0.1~100 |
| 单位 | V | S |

发电机过电压保护的定值清单列于表 6-18。

过电压保护的動作电压，应根据发电机类型、励磁方式、允许过电压的能力及定子绕组的绝缘状况来决定。

对于 200MW 及以上的汽轮发电机

$$U_g = (1.3 \sim 1.35)U_e$$

对于水轮发电机

$$U_g = 1.5U_e$$

对于具有可控硅励磁的水轮发电机

$$U_g = (1.3 \sim 1.4)U_e$$

动作延时 t 可取（0.3~0.5）S。

各式中 U_e ——发电机额定电压（TV 二次值）。

6.18.3 工程应用

在 DGT801 系列装置，过电压保护可提供二段定值、二段延时及不同的出口方式。选用时，应注明要求。

6.19 发电机过负荷及过电流保护（定时限）

6.19.1 构成原理及逻辑框图

保护反映发电机定子电流的大小。当发电机定子电流超过额定电流值（过负荷）或很大时（系统故障引起过电流），经延时动作于信号（过负荷）或作用于切机（过电流）。

保护引入发电机电流（TA 二次值）。保护可引入三相电流、或只一相电流，在保护定义时确定。引入一相电流的保护构成逻辑框图如图 6-19-1，一般为过负荷保护。引入三相电流的保护构成逻辑框图如图 6-19-2 所示，一般为过流保护。

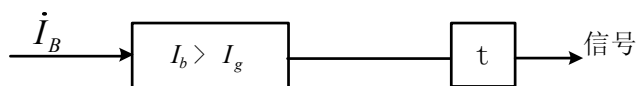


图 6-19-1 发电机定子过负荷保护逻辑框图（一相式）

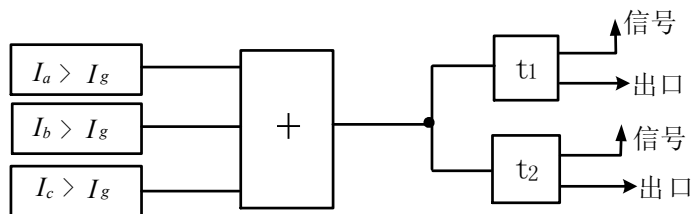


图 6-19-2 发电机定子过电流保护逻辑框图（三相式）

图中 I_g, I_{g1} ——保护整定值，见过负荷及过电流保护定值表 6-19。

6.19.2 定值清单及取值建议

表 6-19 发电机过负荷及过电流保护定值清单

| 名称 | 过负荷保护 | | 过电流保护 | | |
|------|--------|---------|----------|---------|---------|
| | 动作电流 | 动作时间 | 动作电流 | 动作时间 | |
| 符号 | I_g | t | I_{g1} | t_1 | t_2 |
| 整定范围 | 0.1~60 | 0.1~100 | 0.1~60 | 0.1~100 | 0.1~100 |
| 单位 | A | S | A | S | S |

发电机过负荷及过电流保护的定值清单列于表 6-19。

发电机过负荷保护的动作电流应按照躲过发电机额定电流来整定。通常

$$I_g = 1.05I_e / 0.95 = 1.1I_e$$

式中 I_e ——发电机额定电流（TA 二次值）。

发电机过电流保护应按照与相邻后备保护相配合来整定。另外，在相邻线路末端短路时，应具有足够的动作灵敏度。

过负荷保护动作延时，通常取 9S；而过流保护动作延时 t_1 应与相邻设备（例如主变）后备保护最长一段的延时相配合。

$$\text{即} \quad t_1 = t_c + \Delta t$$

式中 t_c ——相邻元件后备保护最长延时；

Δt ——时间级差，通常 $\Delta t = 0.3 \sim 0.5s$ 。

$$t_2 = t_1 + \Delta t$$

6.19.3 工程应用

过流保护最大选配为二段电流定值及四段时间定值。请在选用时注明要求。

6.20 发电机负序过负荷及负序过流保护（定时限）

6.21.1 构成原理及逻辑框图

保护接入发电机三相电流（TA 二次值）。当其负序电流大于负序过负荷定值时，经延时发出告警信号；大于负序过流定值时，负序电流保护动作，经延时切除发电机。

保护的逻辑框图如图 6-20-1、图 6-20-2 所示。

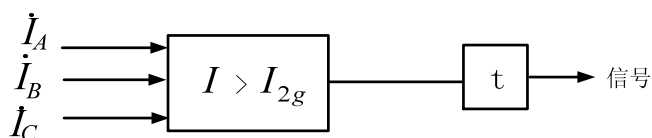


图 6-20-1 负序过负荷保护逻辑框图

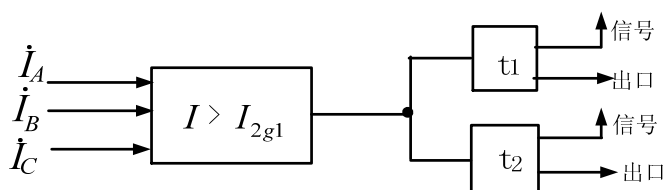


图 6-20-2 负序过电流保护逻辑框图

图中 \dot{I}_A 、 \dot{I}_B 、 \dot{I}_C ——发电机 TA 二次三相电流；

I_{2g} 、 I_{2g1} ——保护整定值，见负序过负荷及负序过流保护定值清单表 6-20。

6. 20. 2 定值清单及取值建议

表 6-20 负序过负荷及负序过流保护定值清单

| 名称 | 负序过负荷 动作电流 | 动作时间 | 负序过流 动作电流 | 动作时间 | 动作时间 |
|------|---------------|--------|--------------|--------|--------|
| 符号 | I_{2g} | t | I_{2g1} | t_1 | t_2 |
| 整定范围 | 0.1~60 | 0.1~50 | 0.1~60 | 0.1~50 | 0.1~50 |
| 单位 | A | S | A | S | S |

发电机负序过负荷及负序过流保护的定值清单如表 6-20 所示。

发电机负序过负荷保护的動作電流，按照发电机长期允许的负序电流 $I_{2\infty}$ 来整定。通常

$$I_{2g} = (0.08 \sim 0.1)I_e \quad (I_e \text{——发电机的二次额定电流})。$$

发电机负序过流保护的動作電流，应按照与相邻设备不对称短路后备保护配合整定。另外，在相邻线路末端不对称故障时应具有足够的動作靈敏度。

動作時間：負序過負荷時間可取 6~9 秒；負序過流動作延時應與相鄰設備不對稱短路後備保護相配合。

6. 20. 3 工程应用

負序過流保護，最大選配為二段四延時。請在選用時注明要求。

6. 21 发电机反时限对称过负荷保护

发电机反时限对称过负荷保护，是发电机定子的过热保护，主要用于内冷式大型汽轮发电机。

6. 21. 1 构成原理

保護反映發電機定子電流的大小，其輸入電流同發電機定時限過負荷及過電流保護，即可為發電機 TA 二次某一相電流，或者為三相電流。該保護由定時限和反時限兩部分構成。

(a) 动作方程

定时限部分

$$I > I_g \quad \dots\dots\dots (6-21-1)$$

反时限部分

$$(I_*^2 - K_2)t > K_1 \quad \dots\dots\dots (6-21-2)$$

式中

I 、 I_* ——发电机电流及其标么值（以发电机额定电流为基准值）；

t ——反时限保护的動作延时；

I_g 、 K_1 、 K_2 ——保护整定值，见反时限对称过负荷保护定值表 6-21。

(b) 动作特性

当发电机的电流大于定时限動作整定值时，经延时发信号；而大于反时限启动电流值时，保护的動作时间与电流大小成反比，出口作用于解列或程序跳闸。

保护的反时限特性曲线由三部分构成：上限短延时、反时限及下限长延时。其特性曲线如图 6-21-1 所示。

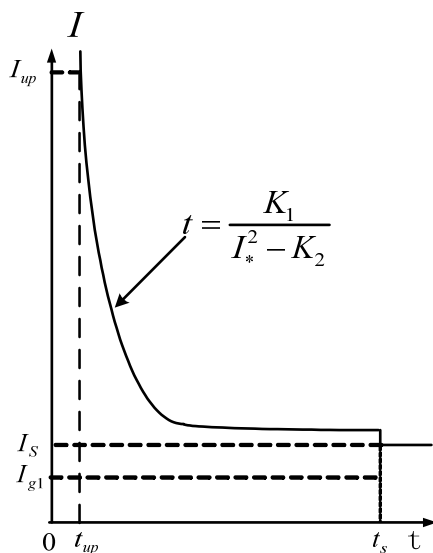


图 6-21-1 发电机反时限对称过负荷保护动作特性

图中： I_s, t_s, I_{up}, t_{up} ——保护整定值，见反时限对称过负荷保护整定表 6-21。

6.21.2 逻辑框图

发电机反时限对称过负荷保护的逻辑框图如图 6-21-2 所示。

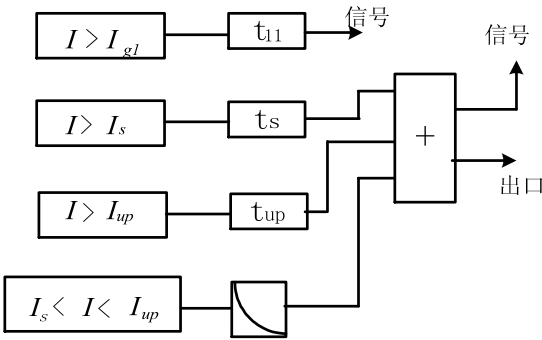


图 6-21-2 发电机反时限对称过负荷保护逻辑框图

6.21.3 定值清单及取值建议

(a) 定值清单，见表 6-21。

表 6-21 反时限对称过负荷保护定值清单

| 名称 | 定时限定值 | | 反时限定值 | | | | | | 额定 电流 |
|----------|----------|----------|----------|-----------|----------|----------|----------|----------|-------------|
| | 动作 电流 | 延时 | 下限 电流 | 下限 长延时 | 上限 电流 | 上限 时间 | 热值 系数 | 散热 系数 | |
| 符号 | I_{g1} | t_{11} | I_s | t_s | I_{up} | t_{up} | K_1 | K_2 | $I_e (I_N)$ |
| 整定 范围 | 0.1~60 | 0.1~100 | 0.1~60 | 0.1~5000 | 0.1~80 | 0.1~100 | 1~50 | 0~2 | 0.1~8 |
| 单位 | A | S | A | S | A | S | | | A |

(b) 整定原则及取值建议

(1) 定时限整定值 I_{g1}

按躲过发电机的额定电流来整定，即

$$I_{g1} = K_{rel} I_e / 0.95$$

式中 K_{rel} ——可靠系数取 1.05；

I_e ——发电机额定电流（TA 二次值）。

通常 I_{g1} 取 $(1.05 \sim 1.1) I_e$ 。

(2) 定时限动作延时 t_{11}

通常 t_{11} 取 6~9 秒。

(3) 反时限下限启动电流 I_s

按与过负荷保护动作电流相配合整定。 I_s 可取 $1.15 I_e$ 。

(4) 反时限下限长延时 t_s

按照发电机允许过负荷能力曲线上 $1.15 I_e$ 对应时间的 0.8~0.9 倍来整定。通常 t_s 取 300~600S

(5) 反时限上限电流 I_{up}

按照发电厂高压母线三相短路时发电机提供的短路电流来整定。一般为其 1.05 倍。

(6) 反时限上限动作延时 t_{up}

上限动作延时应按与发电厂高压母线出线的纵联保护或距离 I 段保护动作时间相配合来整定。一般

$$t_{up} = (0.3 \sim 0.5) S$$

(7) 热值系数 K_1 及散热系数 K_2

整定方法：在发电机允许过负荷能力曲线的中间部位取二个点，将该两点对应的电流值及时间值分别代入式 6-21-2 得到具有两个未知数 K_1 及 K_2 的二元一次方程组。联立解方程，便得到 K_1 及 K_2 之值。也可由电机制造厂家直接提供。

散热系数 K_2 之值一般为 1~1.1 之间。

6.22 发电机反时限不对称过负荷保护

发电机反时限不对称过负荷保护，适用于大型内冷式汽轮发电机。是发电机的转子过热保护，也叫转子表层过热保护。

6.22.1 构成原理

保护反应发电机定子电流中的负序分量。其输入电流为发电机 TA 二次三相电流。保护由定时限和反时限二部分构成。

(a) 动作方程

定时限部分

$$I_2 > I_{2gl} \quad \dots\dots\dots (6-22-1)$$

反时限部分

$$(I_{2*}^2 - K_2)t > K_1 \quad \dots\dots\dots (6-22-2)$$

式中

I_2 、 I_{2*} ——发电机负序电流及其标么值（以发电机额定电流为基准值）；

t ——反时限保护的動作延时；

I_{2gl} 、 K_1 、 K_2 ——保护整定值，见反时限不对称过负荷保护定值表 6-22。

(b) 动作特性

当发电机负序电流大于定时限動作整定值时，经延时发信号；大于反时限启动电流值时，保护按反时限作用于切除发电机。

保护的时限特性曲线由三部分构成：上限短延时、反时限及下限长延时。其特性曲线如图 6-22-1 所示。

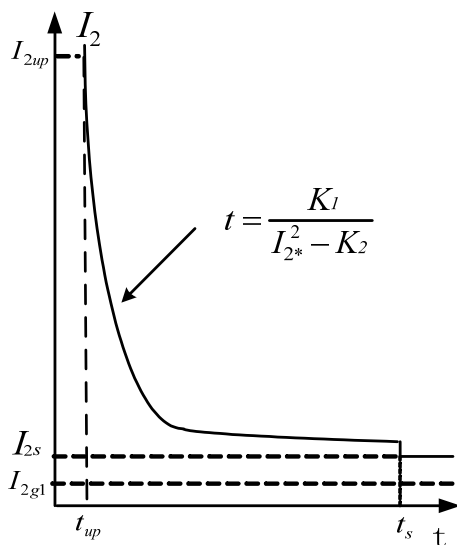


图 6-22-1 反时限不对称过负荷保护动作特性

图中： I_{2s} 、 t_s 、 I_{2up} 、 t_{up} ——保护整定值，见反时限不对称过负荷保护整定表 6-22。

6.22.2 逻辑框图

发电机反时限不对称过负荷保护的逻辑框图如图 6-22-2 所示。

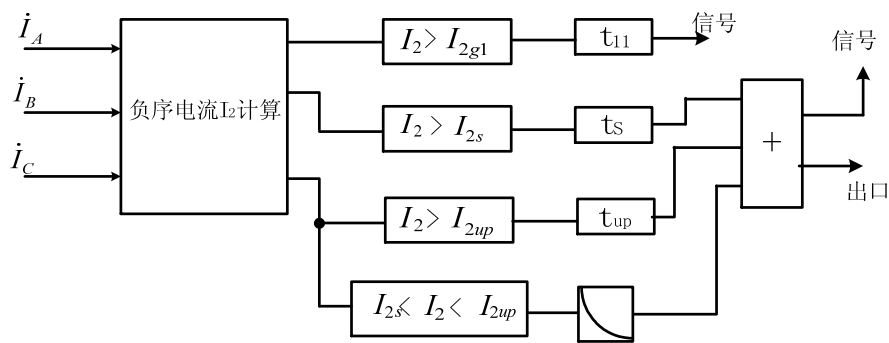


图 6-22-2 发电机反时限负序过负荷保护逻辑框图

6.22.3 定值清单及取值建议

(a) 定值清单，见表 6-22

表 6-22 反时限不对称过负荷保护定值清单

| 名称 | 定时限定值 | | 反时限定值 | | | | | | 额定 电流 |
|----------|-----------|----------|----------|-----------|-----------|----------|----------|----------|-------------|
| | 动作 电流 | 延时 | 下限 电流 | 下限 长延时 | 上限 电流 | 上限 时间 | 热值 系数 | 散热 系数 | |
| 符号 | I_{2g1} | t_{11} | I_{2s} | t_s | I_{2up} | t_{up} | K_1 | K_2 | $I_e (I_N)$ |
| 整定范 围 | 0.1~60 | 0.1~100 | 0.1~60 | 0.1~5000 | 0.1~80 | 0.1~100 | 1~50 | 0~2 | 0.1~8 |
| 单位 | A | S | A | S | A | S | | | A |

(b) 整定原则及取值建议

(1) 定时限整定值 I_{2g1} 及 t_{11}

电流整定值 I_{2g1} 按发电机长期允许的负序电流 $I_{2\infty}$ 来整定。即

$$I_{2g1} = K_{rel} \frac{I_{2\infty}}{0.95}$$

式中 K_{rel} ——可靠系数，取 1.2；

$I_{2\infty}$ ——发电机长期运行允许的负序电流。

通常 I_{2g1} 取 (8~10) % I_e 。

动作时间 t_{11} ，一般取 6~9 秒。

(2) 反时限下限启动电流 I_{2s} 及延时 t_s

反时限下限启动电流 I_{2s} ，可按定时限动作电流的 1.05~1.1 倍来整定，动作时间 t_s 一般取 300~600S。

另外，在确定动作延时_时，还应将下限动作电流代入式（6-22-2）中进行校验。实际动作时间应小于按式（6-22-2）的计算值。

（3）反时限上限电流 I_{2up} 及延时 t_{up}

上限动作电流 I_{2up} ，应按发电厂主变高压侧母线上发生两相短路时发电机所提供的负序电流的 1.05 倍来整定。而上限动作时间 t_{up} 应按与电厂高压母线出线纵联保护或距离保护 I 段的动作延时配合来整定。

通常 t_{up} 取 0.3~0.5S。

（4）热值系数 K_1 及散热系数 K_2

热值系数 K_1 ，应按发电机制造厂家提供的转子表层允许的负序过负荷能力确定。若无厂家提供的数
据，可按发电机的容量取值。

对于容量为 200~300MW 的内冷式汽轮发电机，可取 $K_1=8\sim10$ （通常取 $K_1=10$ ）。

对于容量为 300~600MW 的汽轮发电机，可取 $K_1=6\sim8$ 。

容量越大， K_1 取值应越小。

散热系数 K_2 ，根据发电机的长期允许负序电流能力来确定。通常 K_2 值不大于 0.01。

6.23 发电机转子绕组过负荷及过流保护

发电机转子绕组过负荷及过电流保护，用于保护转子绕组及作为励磁机的后备保护。在 DGT801 系列装置中，可以提供各种类型的转子过负荷及过电流保护：反映直流励磁回路电流；反映交流励磁回路电流；动作特性可为定时限，也可取反时限。

6.23.1 反映直流励磁电流的转子过负荷及过电流保护

6.23.1.1 构成原理

保护的输入取自转子绕组回路中分流器两端的电压（毫伏级电压），该电压与转子绕组中的电流成正比。

根据需要，装置可提供定时限过负荷保护（最大选配二段四延时），也可以提供反时限过负荷保护。

（a）动作方程

定时限过负荷保护

$$U_F > U_{F1} \quad \dots\dots\dots (6-23-1)$$

反时限过负荷保护

$$(U_{F*}^2 - K_2) \quad t > K_1 \quad \dots\dots\dots (6-23-2)$$

式中

U_F 、 U_{F*} ——转子分流器电压及其标么值（以 75mV 为基准）；

U_{F1} 、 K_1 、 K_2 ——保护整定值，见转子直流过负荷保护整定表 6-23-1。

（b）反时限动作特性

具有反时限特性的转子过负荷保护，由上限短延时、反时限和下限长延时三部分构成。其动作特性如图 6-23-1 所示。

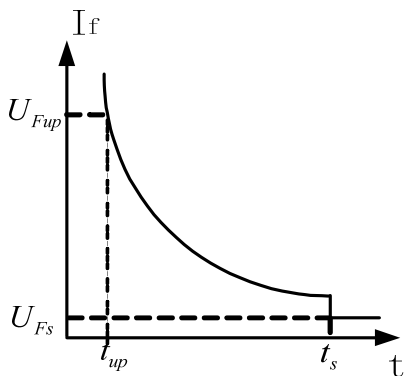


图 6-23-1 发电机反时限转子过负荷保护动作特性

在图 6-23-1 中 U_{Fup} 、 t_{up} 、 U_{Fs} 、 t_s ——保护整定值，见表 6-23-1

6.23.1.2 逻辑框图

直流分流器电压输入的转子过负荷保护的逻辑框图如图 6-23-2 所示。

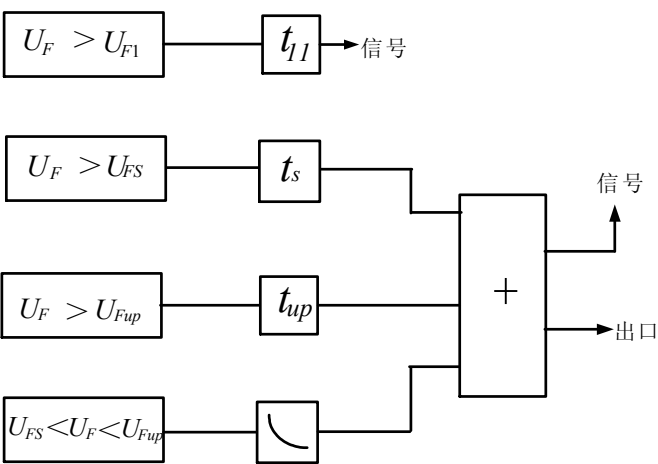


图 6-23-2 发电机反时限转子过负荷保护逻辑框图

6.23.1.3 定值清单及取值建议

6-23-1 直流式转子过负荷及过流保护定值清单

| 名称 | 定时限定值 | | 反时限定值 | | | | | |
|------|----------|----------|----------|----------|-----------|----------|-------|-------|
| | 动作电压 | 动作时间 | 下限电压 | 下限延时 | 上限电压 | 上限时间 | 热值系数 | 散热系数 |
| 符号 | U_{F1} | t_{11} | U_{FS} | t_s | U_{Fup} | t_{up} | K_1 | K_2 |
| 整定范围 | 1~600 | 0.1~100 | 1~600 | 0.1~5000 | 1~600 | 0.1~100 | 1~60 | 0~1.6 |
| 单位 | mV | S | mV | S | mV | S | | |

直流式转子过负荷保护的定值清单列于表 6-23-1

(1) 定时限动作整定值 U_{F1} 及延时 t_{11}

应按躲过转子分流器的额定电压来整定。

$$U_{F1} = 1.05 \frac{U_{fe}}{0.95} = 1.1U_{fe} \quad (U_{fe} \text{——转子分流器额定电压})$$

动作延时 t_{11} ，通常取 6~9 秒。

(2) 反时限下限启动值 U_{FS}

应按发电机转子允许的过负荷能力曲线（由制造厂家提供）的下限值整定。简化整定，可取（1.05~1.1）

U_{fe} 。

(3) 反时限上限定值 U_{Fup} 及延时 t_{up}

应与发电机强行励磁的最大转子电流相配合。上限动作延时 t_{up} 应大于发电机的强行励磁时间，通常大于10S。

(4) 热值系数 K_1 及散热系数 K_2

通常 K_2 可取(1~1.1)。

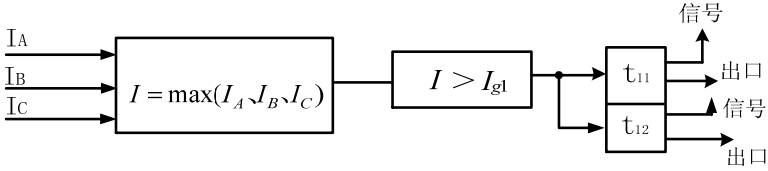
在发电机励磁绕组允许的过负荷特性曲线的反时限部分，取某一点，将该点的转子分流器电压 U_F 及动作延时和 K_2 代入式(6-23-2)中计算出 K_1 值。

6.23.2 反应交流励磁机(或励磁变)三相电流的转子过负荷及转子过流保护

6.23.2.1 构成原理及逻辑框图

该保护反映交流励磁机或励磁变输出电流的大小。其接入电流为励磁机或励磁变TA二次某相电流或三相电流，在保护定义时根据要求选择。

根据需要，装置可提供定时限过负荷保护(最大选配为二段四延时)，逻辑框图见图6-23-3；也可以提供反时限过负荷保护，动作方程及特性同第6-21节的发电机反时限过负荷保护，逻辑框图如图6-23-4。



6-23-3 定时限转子过负荷保护逻辑框图

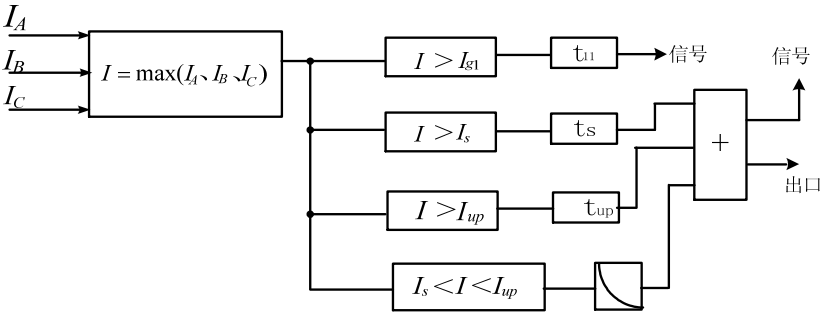


图 6-23-4 反时限转子过负荷保护逻辑框图

图中 I_A 、 I_B 、 I_C ——励磁机或励磁变TA二次三相电流，max取三者中最大值；

I_{g1} 、 t_{11} 、 I_s 、 t_s 、 I_{up} 、 t_{up} ——保护整定值，见转子过负荷保护整定表6-23-2。

6.23.2.2 定值清单及取值建议

表 6-23-2 交流式转子过负荷及过电流保护定值清单

| 名称 | 定时限定值 | | 反时限定值 | | | | | | 额定 电流 |
|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|------------|
| | 动作 电流 | 延时 | 下限 电流 | 下限 时间 | 上限 电流 | 上限 时间 | 热值 系数 | 散热 系数 | |
| 符号 | I_{g1} | t_{11} | I_s | t_s | I_{up} | t_{up} | K_1 | K_2 | $I_e(I_N)$ |
| 整定 范围 | 0.1~60 | 0.1~100 | 0.1~60 | 0.1~5000 | 0.1~100 | 0.1~100 | 1~50 | 0~2 | 1~8 |
| 单位 | A | S | A | S | A | S | | | A |

交流式转子过负荷定值清单列于表 6-23-2。

交流式转子过负荷保护的整定原则和取值建议，基本上同直流式保护装置。其不同的是定值清单中给出的电流需经折算，即需要将转子回路直流电流折算成交流励磁机或励磁变的电流，需要除以整流比系数。整流比系数可取 1.2。

6.23.3 工程应用

用户采用本保护需提供以下数据：（a）输入保护的电流为直流还是交流？（b）若采用的是直流，需提供分流器的规范数据（额定 mv 数）；（c）予采用的保护类型（即采用定时限还是反时限）；（d）若励磁由交流励磁机供给，确定交流励磁机的频率（50Hz 或 100Hz）。

6.24 电压闭锁过流保护（包括发电机、主变、厂变、启备变）

在 DGT801 系列保护装置中，电压闭锁过流保护模块可以提供二种保护功能：低压过流保护和复合电压过流保护。且这两种保护均可设置有电流记忆功能。

发电机电压闭锁过流保护主要作为发电机相间短路的后备保护。当发电机为自并励方式时，过流元件应有电流记忆功能。

变压器电压闭锁过流保护主要作为变压器相间故障的后备保护。当为双绕组时，一般装设在高压侧。当为三绕组时，可以每侧分别安装。

6.24.1 低压过流保护

6.24.1.1 构成原理及逻辑框图

发电机低压过流保护的输入量为机端 TV 二次相间电压（ U_{AB} 、 U_{BC} 、 U_{CA} ）及发电机 TA 二次三相

电流 (I_A 、 I_B 、 I_C)。

当电压取自变压器 Y0 接线侧，变压器低压过流保护的输入量为二次三相电压 (U_A 、 U_B 、 U_C) 及二次三相电流。

当电压取自变压器 Δ 接线侧，保护的输入量为二次相间电压 (U_{AB} 、 U_{BC} 、 U_{CA}) 及二次三相电流。

动作方程为

$$\begin{cases} I_{a(b,c)} > I_g \\ U_{ab(bc,ca)} < U_l \end{cases} \dots\dots\dots (6-24-1)$$

当电流采取记忆时，保护的逻辑框图如图 6-24-1 所示。

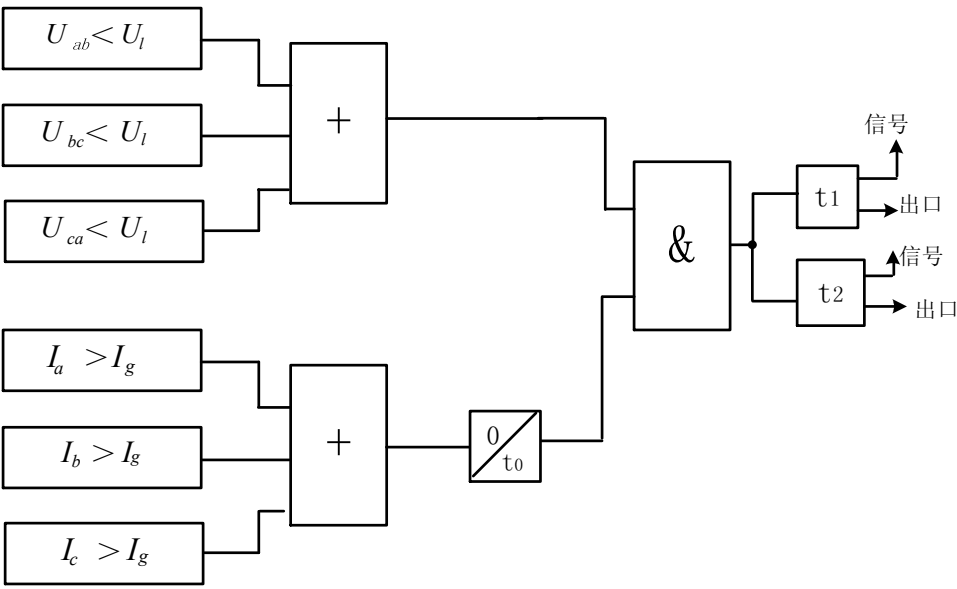


图 6-24-1 低压过流保护逻辑框图

6. 24. 1. 2 定值清单及取值建议

表 6-24-1 低压过流保护定值清单

| 名称 | 过流定值 | 低电压定值 | 动作延时 | | 电流记忆延时 |
|------|--------|-------|----------|----------|---------|
| 符号 | I_g | U_l | t_{11} | t_{12} | t_0 |
| 整定范围 | 0.1~35 | 1~100 | 0.1~100 | 0.1~100 | 0.1~100 |
| 单位 | A | V | S | S | S |

低压过流保护的定值清单列于表 6-24-1。

(1) 过流定值 I_g

动作电流 I_g 应按躲过正常运行时发电机（或变压器）的额定电流来整定。即

$$I_g = K_{rel} I_e / 0.95$$

式中： K_{rel} ——可靠系数，取 1.2；

I_e ——发电机（或变压器）额定电流（TA 二次值）。

（2）低电压定值 U_l

低电压定值 U_l ，按躲过发电机（或变压器）正常运行时可能出现的最低电压来整定，另外，对于发电机低压过流保护还应考虑强行励磁动作时的电压。通常

$$U_l = (0.7 \sim 0.75) U_e \quad (U_e \text{——发电机（或变压器）额定电压，TV 二次值})。$$

（3）动作延时 t_{11} 及 t_{12}

保护的動作延时 t_{11} 及 t_{12} ，应按与相邻元件后备保护的動作时间相配合整定。

（4）电流记忆时间 t_0

t_0 应略大于 t_{12} 延时。

6.24.2 复合电压过流保护

6.24.2.1 构成原理及逻辑框图

保护的输入量同低压过流保护，动作方程见式 6-24-2，保护的逻辑框图如图 6-24-2 所示。

$$\begin{cases} I_{a(b\&c)} > I_g \\ U_{ca} < U_l \\ U_2 > U_{2g} \end{cases} \dots\dots\dots (6-24-2)$$

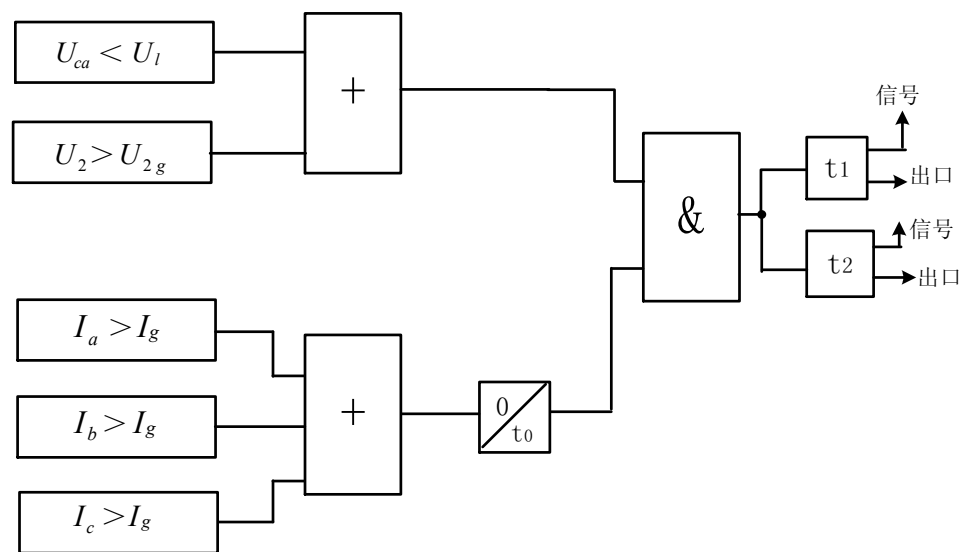


图 6-24-2 复合电压过流保护逻辑框图

6. 24. 2. 2 定值清单及取值建议

表 6-24-2 复合电压闭锁过流保护定值清单

| 名称 | 过电流 | 低电压 | 负序电压 | 动作延时 | |
|------|--------|-------|----------|---------|---------|
| 符号 | I_g | U_l | U_{2g} | t_1 | t_2 |
| 整定范围 | 0.1~35 | 1~100 | 0.1~50 | 0.1~100 | 0.1~100 |
| 单位 | A | V | V | S | S |

复合电压闭锁过流保护的定值清单列于表 6-24-2。

除负序电压动作值 U_{2g} 之外，整定原则及取值建议同低压过流保护。

U_{2g} 的整定原则是：躲过正常运行时发电机机端（或变压器）最大负序电压。

通常 U_{2g} 取发电机（或变压器）额定电压的 8%~10%。

6. 25 发电机轴电压和轴电流保护

6. 25. 1 发电机轴电压保护

6. 25. 1. 1 构成原理及逻辑框图

保护输入发电机的轴电压。当轴电压大于整定值时，经延时作用于信号或切机。

轴电压保护的逻辑框图，如图 6-25-1 所示。

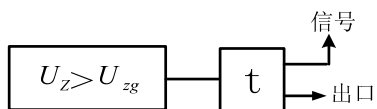


图 6-25-1 轴电压保护逻辑框图

在图 6-25-1 中 U_z 、 U_{zg} ——轴电压值及保护动作电压整定值。

6. 25. 1. 2 定值清单及整定原则

表 6-25-1 发电机轴电压保护定值清单

| 名称 | 动作电压 | 动作延时 |
|------|----------|---------|
| 符号 | U_{zg} | t |
| 整定范围 | 0.05~50 | 0.1~100 |
| 单位 | V | S |

轴电压保护定值清单列于表 6-25-1

轴电压保护的動作电压，应按躲过正常工况下发电机的最大轴电压来整定。

$$U_{zg} = K_{rel} U_{zHem}$$

式中 K_{rel} ——可靠系数，可取 1.5~2；

U_{zHem} ——正常工况时最大的轴电压。

动作延时 t 可取 6~9 秒。

6. 25. 2 发电机轴电流保护

6. 25. 2. 1 保护的构成原理及逻辑框图

保护输入发电机的轴电流。当轴电流大于整定值时，经延时作用于信号或切机。

轴电流保护的逻辑框图如图 6-25-2 所示。

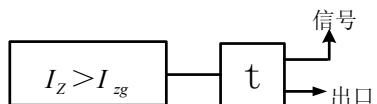


图 6-25-2 轴电流保护逻辑框图

在图 6-25-2 中 I_{zg} 、 I_z ——轴电流值及保护动作电流整定值。

6.25.2.2 定值清单及整定

表 6-25-2 轴电流保护定值清单

| 名称 | 动作电流 | 动作延时 |
|------|----------|---------|
| 符号 | I_{zg} | t |
| 整定范围 | 0.05~5 | 0.1~100 |
| 单位 | A | S |

轴电流保护的定值清单列于表 6-25-2

轴电流保护动作电流及动作延时的整定，应根据规程及有关规定进行。

6.26 低电流保护

在 DGT801 系列装置中，设置低电流保护模块。低电流保护与其他辅助接点（例如：开关的辅助接点及热工表计接点等）构成开关遮断容量判别及发电机电超速保护等。

6.26.1 构成原理及逻辑框图

保护反映三相电流的大小，当三相电流同时低于整定值时动作。保护的构成逻辑框图如图 6-26-1 所示。

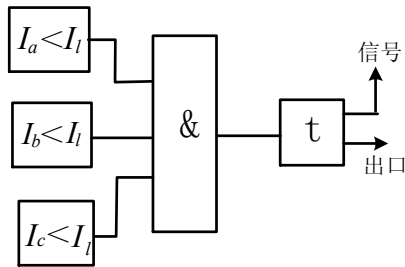


图 6-26-1 低电流保护逻辑框图

图中 I_a 、 I_b 、 I_c ——发电机或变压器 TA 二次三相电流；

I_l ——低电流动作整定值。

6.26.2 定值清单及整定

表 6-26 低电流保护定值清单

| 名称 | 动作电流 | 动作延时 |
|------|--------|---------|
| 符号 | I_l | t |
| 整定范围 | 0.1~50 | 0.1~100 |
| 单位 | A | S |

低电流保护的定值清单列于表 6-26

关于低电流保护定值的整定，应根据具体情况来进行。

6.27 阻抗保护（包括发电机、变压器）

发电机变压器低阻抗保护，主要作为发电机及变压器相间短路的后备保护，有时还兼作相邻设备（母线、线路等）相间短路的后备保护。

6.27.1 保护构成原理

该保护主要由三个相间阻抗元件构成。阻抗元件的接入电压和接入电流，可以取自机端 TV 及 TA 的二次，也可以取自主变高压侧或中压侧 TV 及 TA 二次。

DGT801 系列装置提供的低阻抗保护在阻抗复平面的动作特性，为最大灵敏角（ φ_{lm} ）为 85° 的方向阻抗园，如图 6-27-1 所示。当测量阻抗落在园内时，阻抗保护动作。

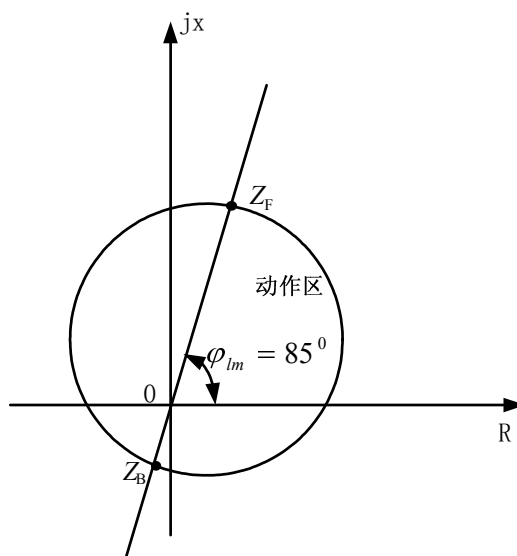


图 6-27-1 低阻抗元件的动作特性

图中 Z_F 、 Z_B ——阻抗保护定值，见表 6-27。

由图 6-27-1 可以看出：整定不同的 Z_F 和 Z_B 值，可以得到不同的阻抗园特性。 $Z_F = Z_B$ 时，阻抗园为全阻抗园； $Z_B = 0$ 或 $Z_F = 0$ 时，为通过坐标原点的方向阻抗园； $Z_B \neq Z_F \neq 0$ 时，为具有某一偏移度的方向阻抗园。

6.27.2 逻辑框图

为提高阻抗保护动作的可靠性，设置有 TV 断线闭锁判据。此外，还设置有过电流和负序电流启动元件。阻抗保护最大选配为二段四延时。一般一段定值二延时的阻抗保护构成逻辑框图如图 6-27-2 所示。

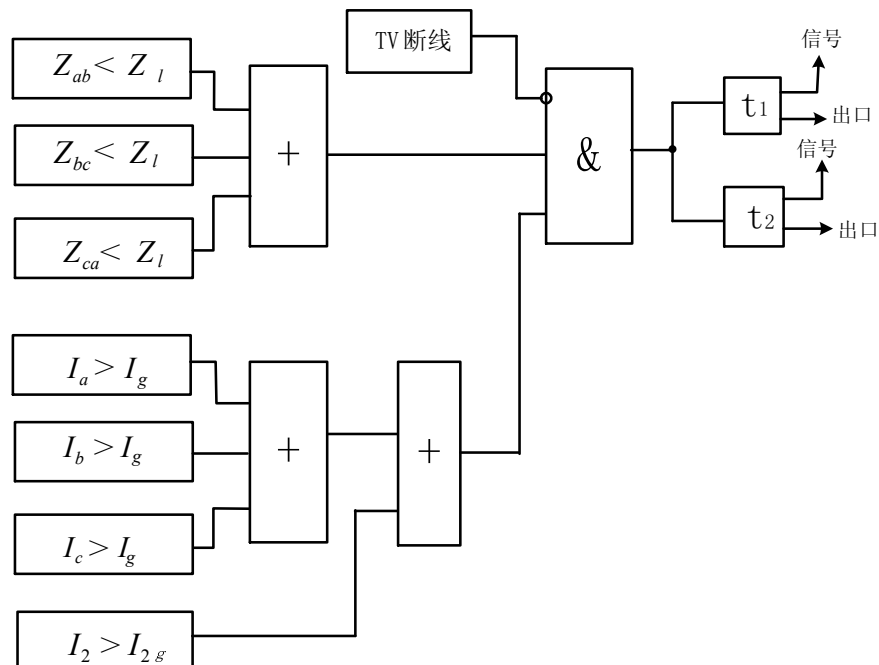


图 6-27-2 低阻抗保护逻辑框图

在图 6-27-2 中

Z_{ab} 、 Z_{bc} 、 Z_{ca} ——分别为三个相间测量阻抗，其值分别等于

$$\dot{Z}_{ab} = \dot{U}_{ab} / \dot{I}_{ab}$$

$$\dot{Z}_{bc} = \dot{U}_{bc} / \dot{I}_{bc}$$

$$\dot{Z}_{ca} = \dot{U}_{ca} / \dot{I}_{ca}$$

I_a 、 I_b 、 I_c 、 I_2 ——三相电流及负序电流。

I_g 、 I_{2g} ——阻抗保护整定值，见表 6-27。

6.27.3 定值清单及取值建议

表 6-27 阻抗保护定值清单

| 名称 | 正向 阻抗 | 反向 阻抗 | 过电流 | 负序 电流 | I 段 延时 | II 段 延时 |
|----------|----------|----------|---------|----------|-----------|------------|
| 符号 | Z_F | Z_B | I_g | I_{2g} | t_1 | t_2 |
| 整定 范围 | 0~100 | 0~100 | 0.1~500 | 0.1~20 | 0.1~100 | 0.1~100 |
| 单位 | Ω | Ω | A | A | S | S |

具有一段整定阻抗及二段动作延时的阻抗保护定值清单列于表 6-27。

(1) 正向阻抗 Z_F 及反向阻抗 Z_B 的整定

对于发电机变压器组的阻抗保护，当阻抗保护的输入电压及电流取自机端时，阻抗园应整定为具有偏移度的方向阻抗园。此时

$$Z_F = Z_T \quad (Z_T \text{——变压器的二次阻抗});$$

$$Z_B \approx (3 \sim 4)Z_T$$

当阻抗保护的输入电压及电流取自主变高压侧时，阻抗园应整定为过原点的下抛园。此时，

$$Z_F \approx 0$$

$$Z_B = (4 \sim 5)Z_T$$

(2) 动作延时 t_1 及 t_2

阻抗保护的動作延时，应大于相邻线路保护距离 I 段的動作时间，而小于相邻线路对侧距离 II 段的動作时间。考虑到系统振荡的影响， t_1 取 1.5S、 t_2 取 2S 是合理的。

(3) 过電流动作值 I_g

按躲过发电机或变压器最大负荷电流来整定。

$$I_g = (1.1 \sim 1.15)I_e \quad (I_e \text{——发电机或变压器的额定电流})$$

(4) 负序電流动作值 I_{2g}

按躲过正常运行时最大的不平衡负序电流来整定。

$$I_{2g} = (0.1 \sim 0.2)I_e$$

对于降压变压器或联变阻抗保护的整定应参照有关规程的规定。

6.28 变压器间隙零序保护

变压器间隙零序保护用于保护变压器中性点绝缘，当变压器中性点不接地运行时投入。

6.28.1 构成原理

保护反映变压器中性点间隙零序电流及大电流系统侧母线 TV 开口三角电压的大小。当间隙电流或变压器系统侧母线 TV 开口三角电压超过整定值时，经延时动作，切除变压器。

保护的动作为

$$\begin{cases} 3I_{0jx} > 3I_{0jxg} \\ 3U_0 > 3U_{0g} \end{cases} \dots\dots\dots (6-28-1)$$

式中 $3I_{0jx}$ ——间隙零序电流计算值；

$3U_0$ ——大电流系统侧母线 TV 开口三角电压计算值；

$3I_{0jxg}$ 、 $3U_{0g}$ ——间隙零序保护整定值，见表 6-28。

6.28.2 逻辑框图

保护的接入电流为间隙零序 TA 二次电流，接入电压为系统母线 TV 二次开口三角电压，当变压器中性点不接地时自动投入运行。其逻辑框图如图 6-28-1 所示。

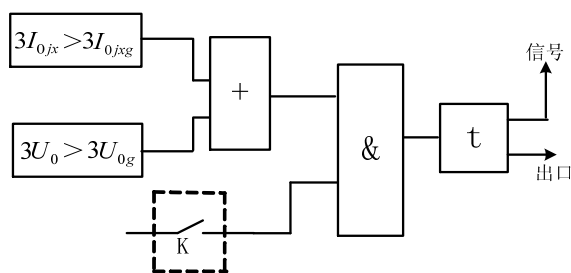


图 6-28-1 变压器间隙保护逻辑框图

在图 6-28-1 中 K——变压器中性点接地刀闸辅助接点，当接地刀闸打开时闭合。

6.28.3 定值清单及取值建议

表 6-28 间隙零序保护定值清单

| 名称 | 零序电压 | 零序电流 | 动作延时 |
|------|-----------|-------------|---------|
| 符号 | $3U_{0g}$ | $3I_{0jxg}$ | t |
| 整定范围 | 1~200 | 0.1~50 | 0.1~100 |
| 单位 | V | A | S |

变压器间隙零序保护的定值清单列于表 6-28

(1) 零序电压 $3U_{0g}$ 的整定

一般 $3U_{0g} = (150 \sim 180) \text{ V}$

(2) 间隙零序电流 $3I_{0jxg}$ 的整定

$$3I_{0jxg} = \frac{100}{n_T} \text{ A}$$

式中 n_T ——间隙零序 TA 的变比

(3) 动作延时

$$t = (0.3 \sim 0.5) \text{ S}$$

6.28.4 工程应用

当间隙零序保护用 TA 独立，装在间隙接地侧，与零序过流保护用 TA 独立时，图 6-28-1 中的刀闸辅助接点可不引入，相应的“与门”可不要。

由于间隙电流整定值很小，为改善保护的動作条件，间隙电流用 TA 的变比不应过大。因此，不宜与零序过流保护公用 TA。

6.29 变压器零序电流保护（包括主变、厂变、备变）

变压器零序电流保护，反映变压器 Y_0 侧零序电流的大小，是变压器接地短路的后备保护，也兼作相邻设备接地短路的后备保护。

6.29.1 构成原理

保护的接入电流可取变压器中性点 TA 二次电流，或引出端 TA 二次零序电流，或由 TA 二次三相电流进行自产。当零序电流大于整定值时，经延时作用于信号及出口。零序电流保护最大选配为二段四延时，

可通过下载方便选用。

6.29.2 逻辑框图

二段式变压器零序电流保护的逻辑框图如图 6-29-1 所示。

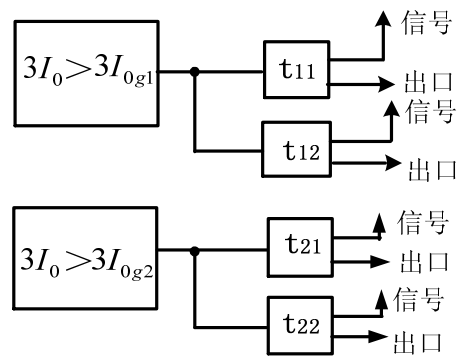


图 6-29-1 变压器零序过流保护逻辑框图

图中 $3I_{0g1}$ 、 $3I_{0g2}$ 、 t_{11} 、 t_{12} 、 t_{21} 、 t_{22} —保护整定值，见保护定值表 6-29。

6.29.3 定值清单及取值建议

表 6-29 变压器零序电流保护定值清单

| 名称 | 零序 I 段 | | | 零序 II 段 | | |
|------|------------|----------|----------|------------|----------|----------|
| | 动作电流 | 动作延时 1 | 动作延时 2 | 动作电流 | 动作延时 3 | 动作延时 4 |
| 符号 | $3I_{0g1}$ | t_{11} | t_{12} | $3I_{0g2}$ | t_{21} | t_{22} |
| 整定范围 | 0.1~80 | 0.1~100 | 0.1~100 | 0.1~80 | 0.1~100 | 0.1~100 |
| 单位 | A | S | S | A | S | S |

二段式变压器零序电流保护的定值清单列于表 6-29。

(1) 零序 I 段的整定

动作电流 $3I_{0g1}$ 应按照相邻线路首端接地故障时变压器提供的零序电流来整定，且考虑与相邻线路接地保护的 I 段定值相配合。

动作延时 t_{11} 应与相邻线路接地 I 段保护最长动作延时相配合，即

$$t_{11} = t_1' + \Delta t$$

式中 t_1' ——相邻线路各接地保护中 I 段的最长动作时间；

Δt ——时间级差，取 0.3~0.5 秒。

动作延时 $t_{12} = t_1 + \Delta t$

另外，要求： t_{12} 不大于 2 秒。

(2) 零序 II 段的整定

零序过流 II 段的动作电流 $3I_{0g2}$ ，应按照相邻线路下一级线路接地故障时变压器提供的零序电流来整定，且与相邻线路接地保护的后备段相配合。

动作延时 t_{21} 应与相邻线路接地保护 II 段的动作延时相配合。而 $t_{21} = t'_2 + \Delta t$ 。

式中 t'_2 ——相邻线路接地保护 II 段动作延时。

6.30 变压器零序方向过流保护

变压器零序方向过流保护，主要用作两侧为大电流系统的三卷变压器或自耦变压器接地故障的后备保护，并兼作相邻线路接地短路的后备保护。

6.30.1 保护构成原理

零序功率方向判据与零序过电流判据共同构成零序方向过流保护。保护的零序电压及零序电流，可取自引出端 TA 二次三相的零序电流 ($3I_0$)、或变压器中性点侧零序电流，及同侧母线 TV 二次开口三角电压 $3U_0$ ，也可由装置自产（即输入 TA 二次三相电流及同侧母线 TV 二次三相电压，由软件计算出 $3I_0$ 及 $3U_0$ ）。

保护的动作为

$$\begin{cases} 3P_0 > 0 \\ 3I_0 > 3I_{0g} \end{cases} \dots\dots\dots (6-30-1)$$

在式 (6-30-1) 中 $3P_0$ 、 $3I_0$ ——零序功率和零序电流计算值；

$$3P_0 = 3U_0 \cdot 3I_0 \cos(\varphi_0 + \alpha)$$

$3U_0$ 、 φ_0 ——零序电压及其与零序电流夹角；

α ——计算零序功率的内角；

$3I_{0g}$ ——零序过电流动作整定值。

6.30.2 逻辑框图

通常，变压器的零序方向过流保护最大选配为二段四延时。其保护逻辑框图如图 6-30-1 所示。

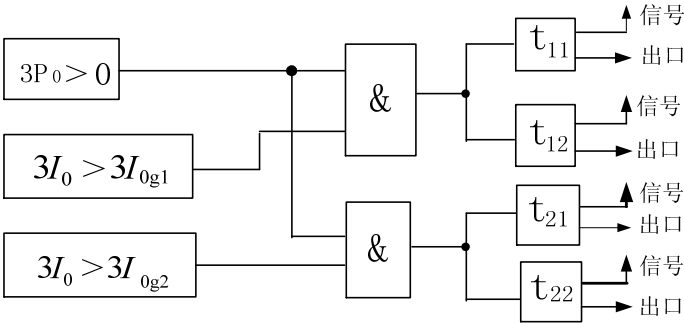


图 6-30-1 二段式零序方向过流保护逻辑框图

在图 6-30-1 中

$3I_{0g1}$ 、 $3I_{0g2}$ 、 t_{11} 、 t_{12} 、 t_{21} 、 t_{22} ——零序方向过流保护整定值，见表 6-30。

6.30.3 定值清单及整定原则

表 6-30 零序方向过流保护定值清单

| 名称 | 零序功率内角 | 过流 I 段 | | | 过流 II 段 | | |
|------|--------------------------------|------------|----------|----------|------------|----------|----------|
| | | 动作电流 | 延时 1 | 延时 2 | 动作电流 | 延时 1 | 延时 2 |
| 称号 | α | $3I_{0g1}$ | t_{11} | t_{12} | $3I_{0g2}$ | t_{21} | t_{22} |
| 整定范围 | $-180^{\circ}\sim+180^{\circ}$ | 0.1~50 | 0.1~100 | 0.1~100 | 0.1~50 | 0.1~100 | 0.1~100 |
| 单位 | 度 | A | S | S | A | S | S |

零序方向过流保护定值清单列于表 6-30。

（1）零序功率内角 α 的整定

零序功率内角 α 一般取 120° 。当零序电流及零序电压输入极性与要求不符时，可以改变 α 值，从而改变 $3P_0$ 计算值。

对于发电厂的主变，零序功率动作方向一般应指向相邻母线，作为相邻母线及线路的后备保护。而对于降压变压器，当主电源在高压侧时，高压侧零序功率动作方向应指向主变，作为主变及中压侧母线接地故障的后备保护；中压侧零序功率动作方向应指向中压侧母线，作为中压侧母线及相邻线路接地故障的后备保护。

（2）I、II 段零序动作电流 $3I_{0g1}$ 及 $3I_{0g2}$ 的整定

当零序功率动作方向指向本侧母线时，整定原则同无方向的变压器零序电流保护。而当动作方向指向主变时，零序 I 段按照在中压侧母线接地故障有灵敏度来整定；零序 II 段，应与中压侧线路接地保护相

配合整定。

6.31 负序方向过流保护

负序方向过流保护，主要作为变压器相间短路的后备保护，并兼作相邻线路相间短路的后备保护。

6.31.1 保护构成原理

负序功率方向判据与负序过流判据共同构成负序方向过流保护。保护输入变压器引出端 TA 二次三相电流及同侧母线 TV 二次三相电压。动作方程为

$$\begin{cases} P_2 > 0 \\ I_2 > I_{2g} \end{cases} \dots\dots\dots (6-31-1)$$

在式（6-31-1）中 P_2 、 I_2 ——负序功率和负序电流计算值；

$$P_2 = U_2 \cdot I_2 \cos(\varphi_2 + \alpha)$$

U_2 、 φ_2 ——负序电压及其与负序电流的夹角；

α ——计算负序功率的内角

I_{2g} ——负序过电流的动作整定值。

6.31.2 逻辑框图

大型发变组配置的负序方向过流保护，其负序过电流定值通常有二段，每段带二个延时（可以根据需要选择）。其逻辑框图如图 6-31-1 所示。

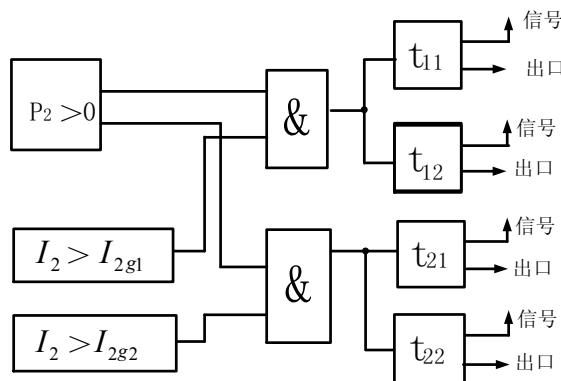


图 6-31-1 负序方向过流保护逻辑框图

在图 6-31-1 中

I_{2g1} 、 I_{2g2} 、 t_{11} 、 t_{12} 、 t_{21} 、 t_{22} ——负序方向过流保护整定值，见表 6-31。

6.31.3 定值清单及整定原则

6-31 负序方向过流保护定值清单

| 名称 | 负序内角 | 过流 I 段 | | | 过流 II 段 | | |
|------|--------------------------------|-----------|----------|----------|-----------|----------|----------|
| | | 动作电流 | 延时 1 | 延时 2 | 动作电流 | 延时 1 | 延时 2 |
| 称号 | α | I_{2g1} | t_{11} | t_{12} | I_{2g2} | t_{21} | t_{22} |
| 整定范围 | $-180^{\circ}\sim+180^{\circ}$ | 0.1~50 | 0.1~100 | 0.1~100 | 0.1~50 | 0.1~100 | 0.1~100 |
| 单位 | 度 | A | S | S | A | S | S |

负序方向过流保护的定值清单列于表 6-31。

(1) 负序功率内角 α 的整定

内角 α 一般取 90° 。当电压和电流间输入极性与要求不符时，可以改变 α 值，从而改变 P_2 计算值。

装于发电机变压器组高压侧或中压侧的负序方向过流保护，当发电机运行时， P_2 动作方向应指向所在侧的母线，作为母线及相邻线路的后备保护。当发电机停运主变作为联络变运行时，高压侧 P_2 的动作方向应指向主变，主要作为主变相间短路的后备保护；而中压侧 P_2 的动作方向应仍指向中压侧母线。

(2) I 段负序过流动作值 I_{2g1} 及延时 t_{11} 、 t_{12}

当作为线路的后备保护时， I_{2g1} 应按保证母线上两相短路时有灵敏度，及变压器提供的最小负序电流整定。动作延时 t_{11} 应与线路距离 I 段动作延时相配合，即

$$t_{11} = t'_1 + \Delta t \text{。} (t'_1 \text{——距离 I 段的动作时间})；$$

$$\Delta t \text{ 取 } (0.3\sim0.5\text{S})。$$

$$\text{而动作延时 } t_{12} = t_{11} + \Delta t。$$

当作为变压器的后备保护时， I_{2g1} 应按中压侧母线上相间短路有灵敏度来整定。动作延时应与变压器中压侧后备保护相配合。

要求: t_{12} 不大于 $2S$ 。

(3) II 段负序过流动作值 I_{2g2} 及延时 t_{21} 、 t_{22}

当作为线路的后备保护时, 负序方向过流保护 II 段的动作电流及动作时间与相邻线路距离 II 段相配合整定; 当动作方向指向变压器时, 其动作电流应与变压器中压侧出线距离 II 段相配合整定。

6.32 变压器方向过流保护

变压器方向过流保护, 适用于两侧有电源的三卷变压器或自耦变压器作为相间短路的后备保护。

6.32.1 保护构成原理

方向过流保护由相间功率方向判据和过电流判据共同构成, 保护的接入量为变压器某侧 TA 二次三相电流及同侧或另一侧 TV 二次三相电压 (一般取另一侧)。在 DGT801 系列装置中, 设置有三个功率方向判据, 计算功率的接线方式为 90° 。

$$\begin{cases} P_a = I_a U_{bc} (\varphi_a + \alpha) \\ P_b = I_b U_{ca} (\varphi_b + \alpha) \\ P_c = I_c U_{ab} (\varphi_c + \alpha) \end{cases} \dots\dots\dots (6-32-1)$$

式中 P_a 、 P_b 、 P_c ——三相相间功率计算值;

I_a 、 I_b 、 I_c ——三相电流计算值;

U_{ab} 、 U_{bc} 、 U_{ca} ——一般为与电流不同侧的三相相间电压;

φ_a 、 φ_b 、 φ_c —— U_{bc} 与 I_a 、 U_{ca} 与 I_b 、 U_{ab} 与 I_c 间的夹角;

α ——计算功率内角。

保护的动作为方程为

$$\begin{cases} P_a(P_b P_c) > 0 \\ I_a(I_b I_c) > I_g \end{cases} \dots\dots\dots (6-32-2)$$

在式 (6-32-2) 中 I_g ——动作电流整定值。

6.32.2 逻辑框图

当一相功率动作且该相电流大于整定值时, 保护经延时作用于信号及出口。构成逻辑框图如图 6-32-1

所示。

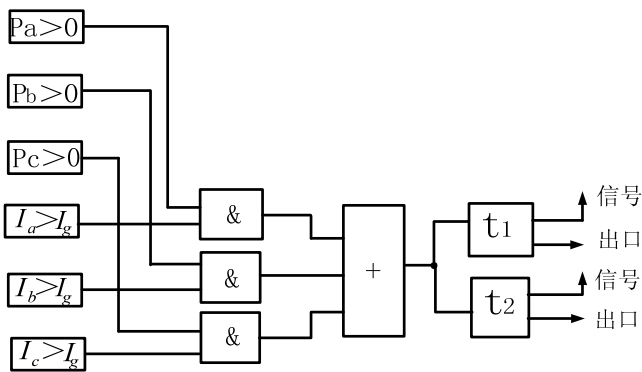


图 6-32-1 方向过流保护逻辑框图

6.32.3 定值清单及整定建议

表 6-32 方向过流保护定值清单

| 名称 | 功率内角 | 电流动作值 | 动作延时 | |
|------|----------------------|--------|---------|---------|
| 符号 | α | I_g | t_1 | t_2 |
| 整定范围 | $-180^0 \sim +180^0$ | 0.1~50 | 0.1~100 | 0.1~100 |
| 单位 | 度 | A | S | S |

方向过流保护的定值清单列于表 6-32。

功率内角 α 一般取 30^0 （或 60^0 ）。当计算功率的输入电压电流极性与要求不符时，可以改变 α 值，从而改变功率 P 的计算值。功率动作方向指向变压器。

动作电流，应按躲过正常运行时最大的负荷电流来整定（在某些条件下，按躲过电动机自启动电流整定）。保护的最长动作延时不宜超过 2 秒。

6.33 变压器电压闭锁方向过流保护

变压器电压闭锁方向过流保护，适用于两侧或三侧有电源的三卷变压器或自耦变压器作为相间短路的后备保护。

6.33.1 构成原理及逻辑框图

电压闭锁方向过流保护分二类，一种是低压方向过流保护，保护由相间功率方向判据、低电压判据和过电流判据共同构成，逻辑框图见图 6-33-1。另一种是复合电压方向过流保护，保护由相间功率方向判据、低电压判据、负序过电压判据和过电流判据共同构成，逻辑框图见图 6-33-2。

这两种保护均需引入变压器某侧 TA 二次三相电流及同侧 TV 二次三相电压外，一般还需引入另一侧 TV

二次三相电压作为相间功率计算用的电压。计算功率的接线方式为 90° 。即

$$\begin{aligned} P_a &= I_a U'_{bc} \cos(\varphi_a + \alpha) \\ P_b &= I_b U'_{ca} \cos(\varphi_b + \alpha) \dots\dots\dots (6-33-1) \\ P_c &= I_c U'_{ab} \cos(\varphi_c + \alpha) \end{aligned}$$

式中 P_a 、 P_b 、 P_c ——三相相间功率计算值；

I_a 、 I_b 、 I_c ——三相电流计算值；

U'_{ab} 、 U'_{bc} 、 U'_{ca} ——一般为与电流不同侧的三相相间电压；

φ_a 、 φ_b 、 φ_c —— U'_{bc} 与 I_a 、 U'_{ca} 与 I_b 、 U'_{ab} 与 I_c 间的夹角；

α ——计算功率内角。

低压方向过流保护的動作方程

$$\begin{cases} P_a(P_b, P_c) > 0 \\ I_a(I_b, I_c) > I_g \\ U_{ab}(U_{bc}, U_{ca}) < U_l \end{cases} \dots\dots\dots (6-33-2)$$

复压方向过流保护的動作方程

$$\begin{cases} P_a(P_b, P_c) > 0 \\ I_a(I_b, I_c) > I_g \\ U_{ca} < U_l \\ U_2 > U_{2g} \end{cases} \dots\dots\dots (6-33-3)$$

式 (6-33-2) 及 (6-33-3) 中

U_{ab} 、 U_{bc} 、 U_{ca} ——与电流同侧三相相间电压；

U_2 ——与电流同侧负序电压；

I_g 、 U_l 、 U_{2g} ——保护整定值，见电压闭锁方向过流保护定值表 6-32。

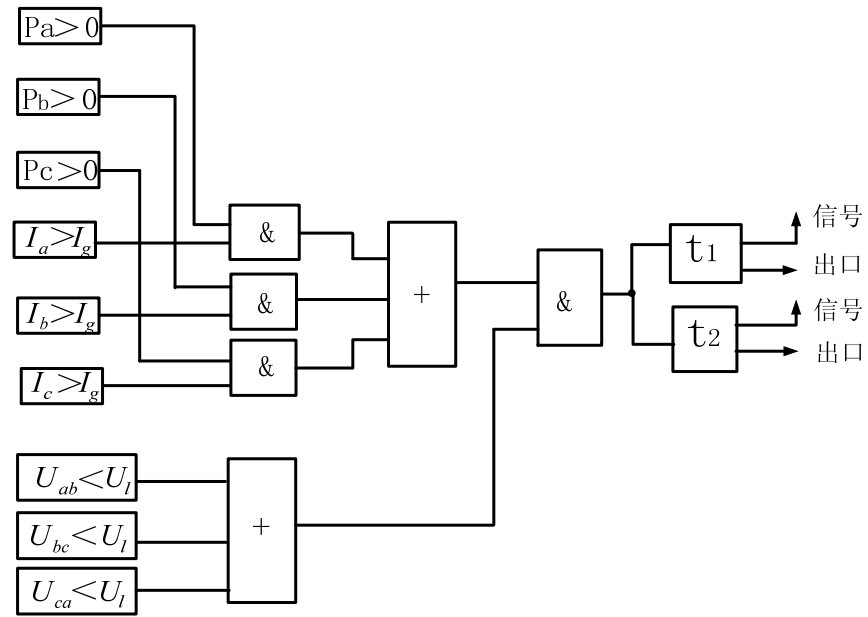


图 6-33-1 低压方向过流保护逻辑框图

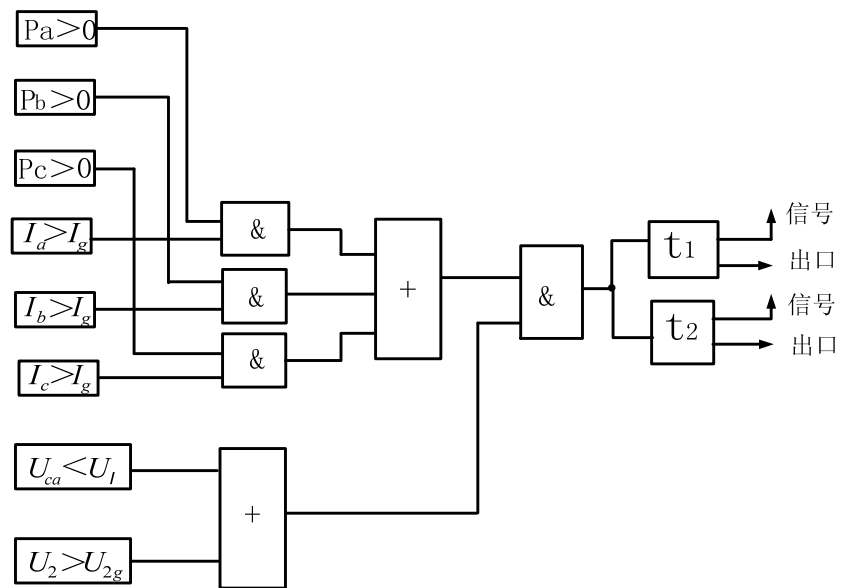


图 6-33-2 复合电压方向过流保护逻辑框图

6.33.2 定值清单及整定建议

表 6-33 电压闭锁方向过流保护定值清单

| 名称 | 功率 内角 | 低电压 动作值 | 负序电压 动作值 | 电流 动作值 | 动作延时 | |
|----------|----------------------|------------|-------------|-----------|---------|---------|
| 称号 | α | U_l | U_{2g} | I_g | t_1 | t_2 |
| 整定 范围 | $-180^0 \sim +180^0$ | 1~100 | 1~100 | 0.1~50 | 0.1~100 | 0.1~100 |
| 单位 | 度 | V | V | A | S | S |

电压闭锁方向过流保护定值清单列于表 6-33。

功率内角 α 一般取 30^0 （或 60^0 ）。当计算功率的输入电压电流极性与要求不符时，可以改变 α 值，从而改变功率 P 的计算值。

功率元件动作方向指向变压器。

其它整定值见变压器电压闭锁过流保护。

6.34 发电机误上电保护及断路器闪络保护

发电机误上电的可能有两种情况：第一种是发电机在盘车或升速过程中（未加励磁）突然并入电网；第二种情况是非同期合闸。

发电机在盘车或升速过程中突然并入电网，将产生很大的定子电流，损坏发电机。另外，当发电机转速很低时出现工频定子电流，定子旋转磁场将切割转子绕组，造成转子过热损伤。目前 500KV 系统中广泛采用的 3/2 断路器接线增加了误上电的几率。

发电机非同期合闸，将产生很大的冲击电流及转矩，可能损坏发电机及引起系统振荡。

因此，对于大型发电机应装设误上电保护。

6.34.1 保护构成原理

在 DGT801 系列装置中，利用磁路开关未合及定子过电流，来判别发电机升速或盘车过程中的误上电；而利用低阻抗判据，来判别非同期合闸。另外，利用定子负序电流判别并网前断路器某相断口闪络。

误上电保护在发电机并网后自动退出运行，解列后自动投入运行。

保护的输入量有：发电机或主变高压侧 TA 二次三相电流及主变系统母线 TV 二次三相电压。

6.34.2 逻辑框图

误上电及断路器闪络保护的逻辑框图如图 6-34-1 所示。

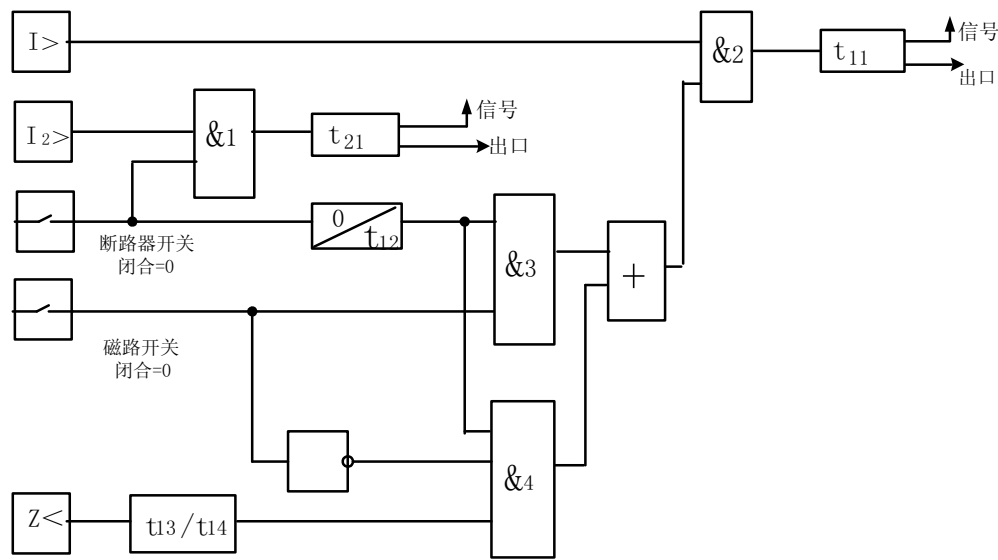


图 6-34-1 发电机误上电及断路器闪络保护逻辑框图

当主变高压侧开关断开时，如果发电机中出现负序电流，则判断为断路器断口处闪络。此时，经延时 t_{21} 出口去启动失灵保护。

在发电机盘车或升速过程中，磁路开关在断开位置，若发电机中有电流，则判断为误合高压侧开关造成误上电。此时，经与门 3、与门 2 及延时 t_{11} 发出跳闸指令。

当发电机不满足同期条件而误合上时，由于磁路开关已在闭合位置，将产生很大的冲击电流。此时阻抗 Z 判据应动作，经与门 4、与门 2 及延时 t_{11} 作用于出口。

6.34.3 定值清单及取值建议

表 6-34 误上电保护定值清单

| 名称 | 阻抗 | | 电流 | | 动作延时 | | | |
|------|----------|----------|-------|----------|----------|----------|-----------------|----------|
| | 正向阻抗 | 反向阻抗 | B 相电流 | 负序电流 | 出口延时 | 启动失灵延时 | 阻抗延时 | 返回延时 |
| 代号 | Z_{1F} | Z_{1B} | I_g | I_{2g} | t_{11} | t_{21} | t_{13}/t_{14} | t_{12} |
| 整定范围 | 0~100 | 0~100 | 0~100 | 0~100 | 0.1~35 | 0~100 | 0~100 | 0~100 |
| 单位 | Ω | Ω | A | A | S | S | S | S |

误上电保护的定值清单列于表 6-34。

(1) 动作电流 I_g 整定值

发电机盘车或升、减速时的误上电，定子电流比较大，定子磁场对转子相当于有 ω 的相对运动（转子静止时），根据发电机转子发热的承受能力，一般可取 $(10\sim 20)\% I_e$

（2）负序电流动作值 I_{2g} 整定

定子负序电流判别并网前断路器某相断口闪络造成的误上电。

应按照主变高压侧断路器一相端口闪络时最小闪络电流的 $1/3$ 来整定，也可简单整定为

$$I_{2g} = K_{rel} I_{2\infty}$$

式中 $I_{2\infty}$ ——发电机长期允许负序电流；

K_{rel} ——可靠系数，可取 $K_{rel} = 1.5\sim 2$ 。

（3）正向阻抗 Z_{1F} 和反向阻抗 Z_{1B} 的整定

在阻抗复平面上，阻抗判据动作特性为一阻抗圆。

由于阻抗判据需引入主变高压侧 TA 二次电流和主变高压侧母线 TV 二次电压，因此，为确保在非同期合闸后的振荡过程中阻抗判据能可靠动作，反向整定阻抗和正向整定阻抗可近似按下式整定

$$\begin{cases} Z_{1B} = K_{rel}(x_T + x'_d) \\ Z_{1F} = (5 \sim 15)\% Z_{1B} \end{cases}$$

式中 x_T ——变压器阻抗（二次值）。

x'_d ——发电机暂态电抗（二次值）。

K_{rel} ——可靠系数，取 $1.2\sim 1.3$ 。

若阻抗判据中引入的是机端电压和电流， $Z_{1B} = K_{vel} \cdot x_d'$

（4）启动失灵延时 t_{21} 的整定

启动失灵延时时间 t_{21} ，应按躲过断路器三相动作不同期来整定，一般取 1 秒。

（5）误上电保护动作出口延时 t_{11} 的整定

应按躲过断路器三相动作不同期来整定，一般取 1 秒。

（6）断路器合闸后延时返回时间 t_{12} 的整定

当发电机误上电时，为确保误上电保护能可靠出口，其返回延时

$$t_{12} = t_{11} + t_s$$

式中 t_s ——时间裕度，一般可取 3~5 秒。

通常 t_{12} 取 5 秒。

(7) t_{13}/t_{14} 的整定

防止正常同期合闸所需要的延时，一般 t_{13}/t_{14} 和振荡测量阻抗有关。

t_{13} 应满足： $t_{11} + t_{13}$ 小于 t_{12} 。

t_{14} 应按阻抗判据在振荡时误返回的条件来整定，可取 0.5~1 秒。

6.35 双分支电压闭锁过流保护（包括高厂变、启备变）

高厂变或启备变双分支电压闭锁过流保护，主要作为低压侧有双卷绕组的高厂变或启备变的后备保护。

6.35.1 构成原理

该保护的接入电流为变压器高压侧 TA 二次三相电流，接入电压为低压侧双分支 TV 二次三相电压。

保护的动方程为

$$\begin{cases} I_a(I_b I_c) > I_g \\ U_{ab}(U_{bc} U_{ca}) < U_l \\ U_2 > U_{2g} \end{cases} \dots\dots\dots (6-35-1)$$

式中： I_a 、 I_b 、 I_c ——变压器高压侧 TA 二次三相电流；

U_{ab} 、 U_{bc} 、 U_{ca} ——变压器低压侧第 1 分支或第 2 分支 TV 二次三相电压；

U_2 ——变压器低压侧第 1 分支或第 2 分支负序电压计算值；

I_g 、 U_l 、 U_{2g} ——保护整定值，见双分支电压闭锁过流保护定值表 6-35。

6.35.2 逻辑框图

厂高变或启备变双分支电压闭锁过流保护有二种：一种为低压过流保护，见图 6-35-1；另一种为复合电压过流保护，见图 6-35-2。

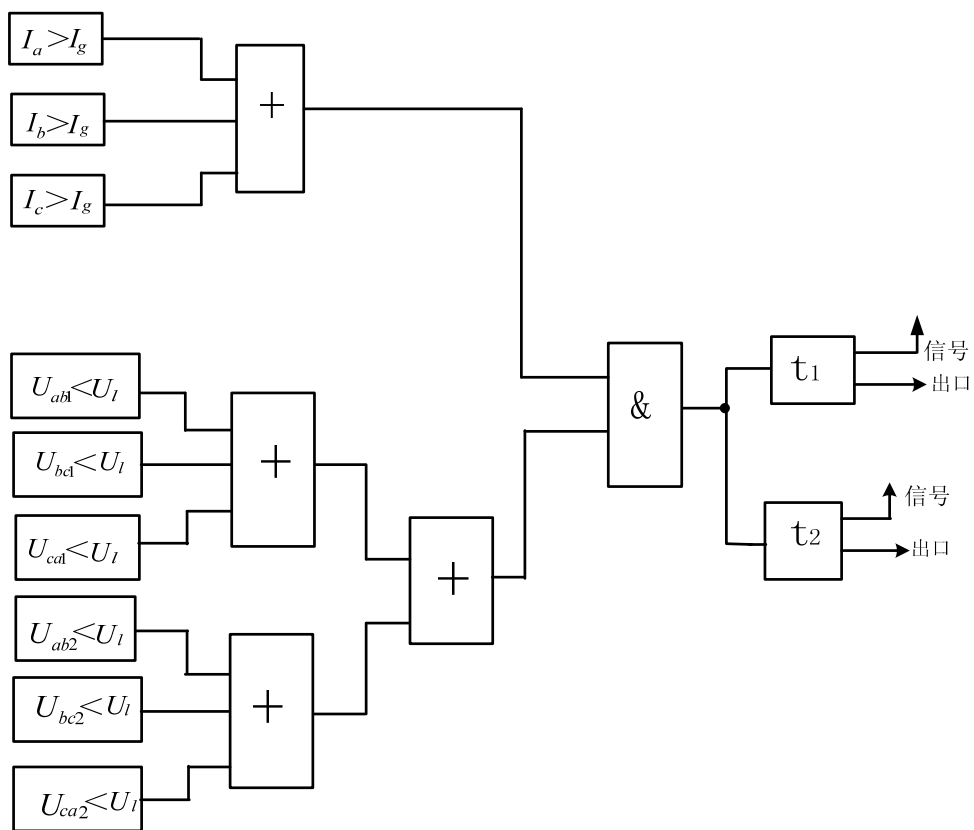


图 6-35-1 双分支低压过流保护逻辑框图

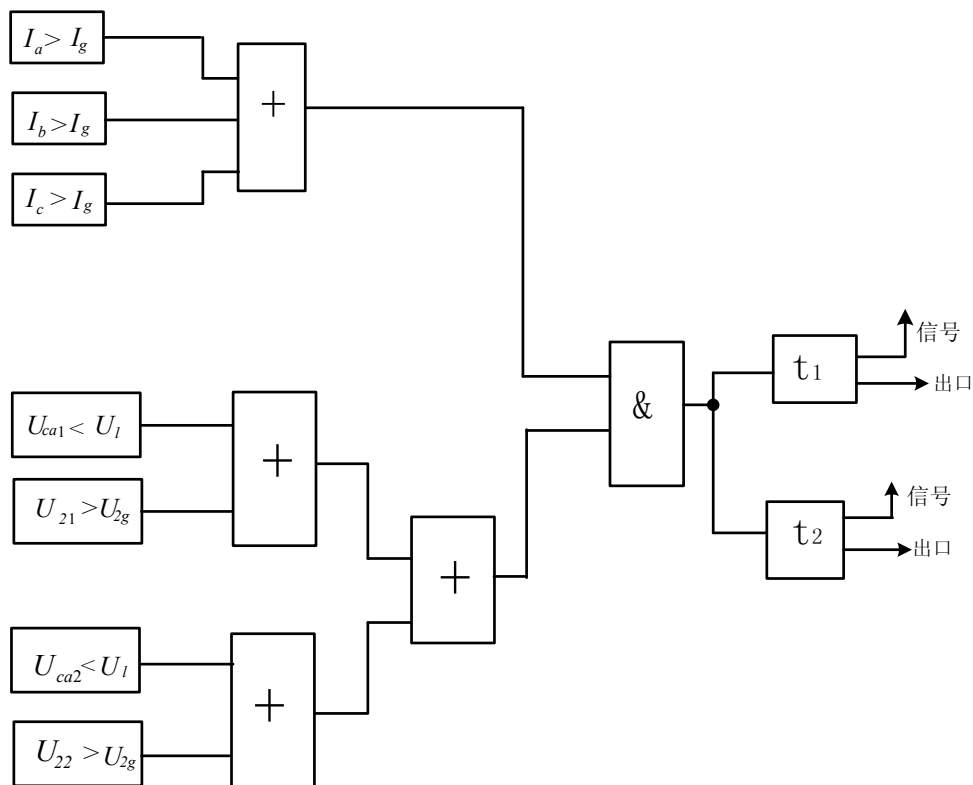


图 6-35-2 双分支复合电压过流保护逻辑框图

6.35.3 定值清单及取值建议

表 6-35 双分支电压闭锁过流保护定值清单

| 名称 | 过电流 动作值 | 低电压 动作值 | 负序电压 动作值 | 动作延时 | |
|------|------------|------------|-------------|---------|---------|
| | | | | I 段 | II 段 |
| 代号 | I_g | U_l | U_{2g} | t_1 | t_2 |
| 整定范围 | 1~50 | 0.1~100 | 0.1~100 | 0.1~100 | 0.1~100 |
| 单位 | A | V | V | S | S |

高厂变（或启备变）双分支电压闭锁过流保护的定值清单列于表 6-35。

（1）过电流动作值 I_g

按躲过变压器额定电流整定

$$I_g = (1.2 \sim 1.3)I_e$$

式中 I_e ——变压器的额定电流（二次值）。

（2）低电压动作值 U_l

按躲过厂用大型电动机（例如给水泵）自启动时各段母线上的最低电压来整定。

$$U_l = (0.5 \sim 0.6)U_e$$

式中 U_e ——变压器低压母线额定电压（二次值）。

（3）负序电压动作值 U_{2g}

按躲过正常运行时最大不平衡负序电压来整定。一般取额定电压的 8%~10%，即

$$U_{2g} = (8 \sim 10)\%U_e$$

（4）动作延时 t_1 及 t_2

高厂变或启备变电压闭锁过流保护的一段延时 t_1 ，应与分支过流保护的動作时间相配合。即

$$t_1 = t_{fz \max} + \Delta t$$

式中 $t_{fz \max}$ ——分支过流保护的最长动作时间；

Δt ——时间级差，可取(0.3~0.5)S。

二段动作时间 $t_2 = t_1 + \Delta t$ 。

6.36 高压侧断路器失灵启动保护

6.36.1 保护原理构成

断路器有保护动作需跳闸，但仍有电流流过断路器，且断路器仍然为闭合状态，则可判断为断路器失灵而拒跳，去启动失灵保护。

在 DGT801 系列装置中，断路器失灵启动主要有以下判据：相电流判据、零序电流判据、断路器辅助接点及保护出口继电器常开接点。对于个别特殊情况，还可以选用负序电流判据。

6.36.2 逻辑框图

保护的输入电流为断路器侧 TA 二次三相电流，有时还引入零序 TA 的二次电流。

判据的逻辑组合有若干种，可在调试定义时选择。常见的失灵启动保护逻辑框图见图 6-36-1。

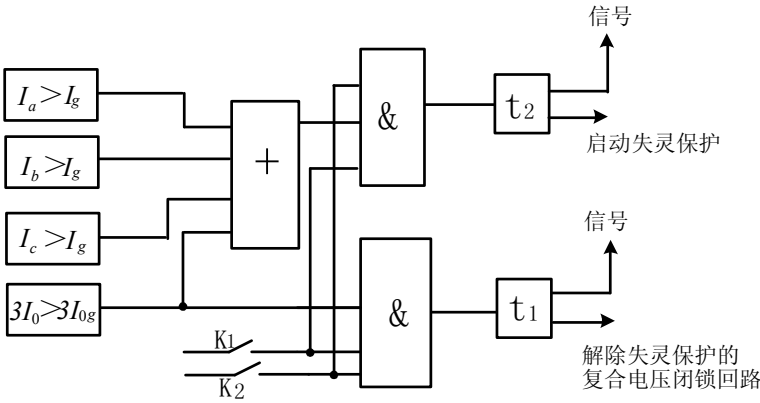


图 6-36-1 失灵启动保护逻辑框图

图中 I_a 、 I_b 、 I_c 、 $3I_0$ ——断路器侧 TA 二次三相电流和零序电流（可自产）；

K_1 ——断路器辅助接点；

K_2 ——保护出口继电器辅助接点。

I_g 、 $3I_{0g}$ 、 t_1 、 t_2 ——失灵启动保护整定值，见表 6-36。

6.36.3 定值清单及取值建议

表 6-36 启动失灵保护定值清单

| 名称 | 电流动作值 | 零序电流动作值 | 动作延时 | |
|------|-------|-----------|---------|---------|
| 代号 | I_g | $3I_{0g}$ | t_1 | t_2 |
| 整定范围 | 0~50 | 0~50 | 0.1~100 | 0.1~100 |
| 单位 | A | A | S | S |

图 6-36-1 所示的失灵启动保护的定值清单列于表 6-36。

(1) 电流动作值 I_g

其整定原则是：相邻线路末端故障有灵敏度。在满足动作灵敏度的基础上，尽量能躲过额定工况电流。

一般 $I_g = 1.05I_e$ （ I_e ——变压器（或发电机）额定电流，TA 二次值）。

当灵敏度不能满足要求时，可适当降低整定值。

(2) 零序电流动作值 $3I_{0g}$

按躲过正常运行时的最大不平衡电流来整定。通常

$$3I_{0g} = (0.2 \sim 0.3)I_e$$

(3) 动作延时 t_1 及 t_2

按躲过保护的返回时间来整定，一般

$$t_1 = (0.1 \sim 0.2)\text{秒}；$$

$$t_2 = (0.2 \sim 0.3)\text{秒}。$$

当失灵保护有延时，失灵启动保护延时可适当减少。

6.37 非全相保护

6.37.1 保护构成原理

当只有一相或两相断路器触头在合位，且有负序电流时，保护动作。作用于跳闸、解除失灵保护复合电压闭锁及启动失灵保护。

保护由三相断路器位置不对应辅助接点与负序电流组成的与门构成，其动作后经延时作用于出口。

保护的输入电流为断路器侧 TA 二次三相电流。

6.37.2 逻辑框图

非全相保护的逻辑框图如图 6-37-1 所示。

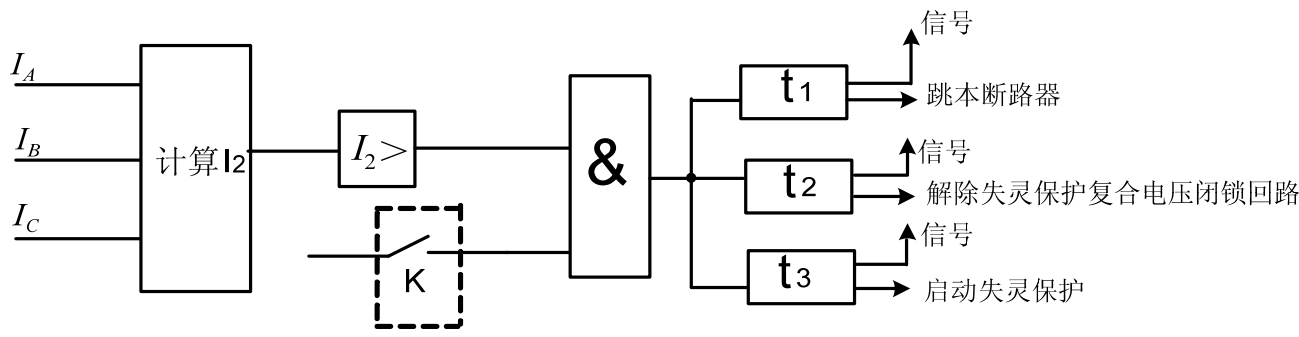


图 6-37-1 非全相保护逻辑框图

在图 6-37-1 中 K——反映三相断路器位置的综合接点，当出现非全相运行时 K 接点闭合。

综合 K 接点的构成如图 6-37-2 所示。当断路器的一相或二相断开其他相闭合时，K 是导通的。

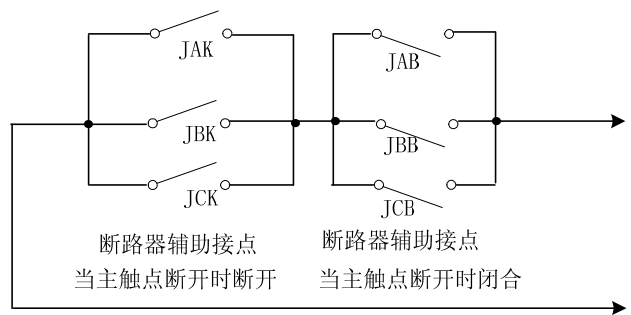


图 6-37-2 综合 K 接点组成图

6.37.3 定值清单及取值建议

表 6-37 非全相保护定值清单

| 名称 | 负序电流 | 动作延时 | | |
|------|----------|---------|---------|---------|
| 代号 | I_{2g} | t_1 | t_2 | t_3 |
| 定值范围 | 0.1~50 | 0.1~100 | 0.1~100 | 0.1~100 |
| 单位 | A | S | S | S |

非全相保护的定值清单列于表 6-37

(1) 负序动作电流 I_{2g}

按躲过正常工况下的最大不平衡电流整定。

$$I_{2g} = (0.15 \sim 0.2)I_e \quad (I_e \text{——主变高压侧额定电流, 二次值})。$$

(2) 动作延时 t_1 、 t_2 、 t_3

t_1 可取 (0.1~0.15) S;

$$t_2 = t_1 + \Delta t;$$

$$t_3 = t_2 + \Delta t。$$

Δt ——时间级差, 一般取 (0.3~0.5) S。

6.38 电压平衡式 TV 断线判别

6.38.1 构成原理

电压平衡式 TV 断线, 可用于零序电压式定子匝间保护及定子接地保护 TV 一次断线时 TV 断线判别。它按比较机端两组 TV 同名相间电压的幅值及相位关系的原理构成。

装置的接入电压为两组 TV 的二次三相电压。

6.38.2 逻辑框图

电压平衡式 TV 断线判别的逻辑框图如图 6-38-1 所示。

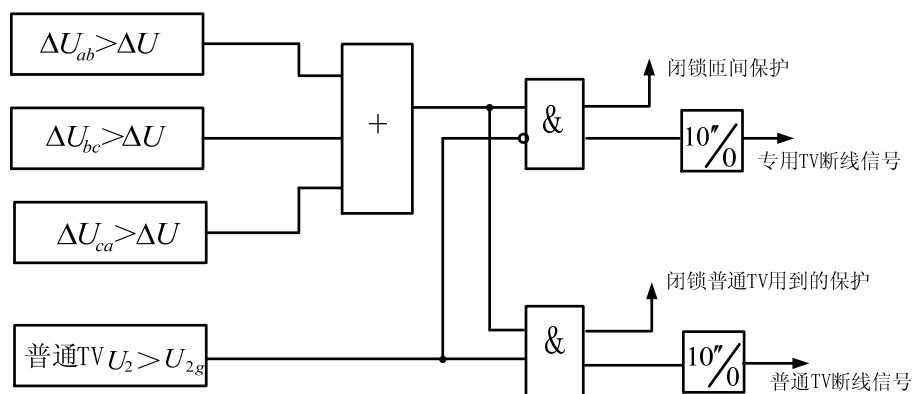


图 6-38-1 电压平衡式 TV 断线判别逻辑框图

在图 6-38-1 中 ΔU_{ab} 、 ΔU_{bc} 、 ΔU_{ca} ——分别为两组 TV 同名相间电压差;

ΔU_g 、 U_{2g} ——压差定值、负序电压定值。

由图 6-38-1 可以看出: 当差压 ΔU_{ab} 或 ΔU_{bc} 或 ΔU_{ca} 大于整定值, 而普通 TV 二次无负序电压时, 装置判为专用 TV 一次断线, 去闭锁匝间保护; 而当压差大于整定值, 普通 TV 二次负序电压大于整定值时,

装置判为普通 TV 断线，去闭锁定子接地保护等用到普通 TV 电压的保护。

6.38.3 定值清单及取值建议

表 6-38 电压平衡式 TV 断线判别定值清单

| 名称 | 压差定值 | 负序电压定值 |
|------|------------|----------|
| 代号 | ΔU | U_{2g} |
| 整定范围 | 0.1~100 | 1~30 |
| 单位 | V | V |

(1) 压差定值 ΔU

应按躲过正常工况下两组 TV 之间的最大压差来整定；另外，在专用 TV 一次保险熔断或抖动的暂态过程中，应能可靠动作并将匝间保护闭锁。为此

$$\Delta U = 10V$$

是合理的。

(2) 负序电压定值 U_{2g}

按躲过正常运行时普通 TV 二次出现的最大负序电压来整定。可取 5V~6V（相电压、线间负序电压 8.66~10V）。

6.39 非电量保护

对于数字式保护装置，非电量保护通常也称开入量保护，或开关量保护。该类保护主要有：各类变压器瓦斯保护、压力保护、温度保护、冷却器全停保护，以及发电机断水、热工等。

6.39.1 保护的构成原理及逻辑框图

非电量保护构成原理分两种，一是直接驱动开关量直跳继电器出口，简称直跳非电量保护，如重瓦斯、压力释放等；另一种是由保护 CPU 判别非电量接点的状态，再经其它判据判别或软件延时后由保护 CPU 去驱动出口继电器出口，简称软件跳非电量保护，如冷却器全停、断水、热工等。

直跳非电量保护逻辑框图见图 6-39-1。非电量 K1 驱动中间转换继电器 ZK1，ZK1 的一付接点（ZK1-A）接启动开关量保护直跳继电器，按动作要求去出口；ZK1 的另一付接点（ZK1-B）由保护 CPU 读入，由保护 CPU 进行事件记录、信号出口及通讯上传等。

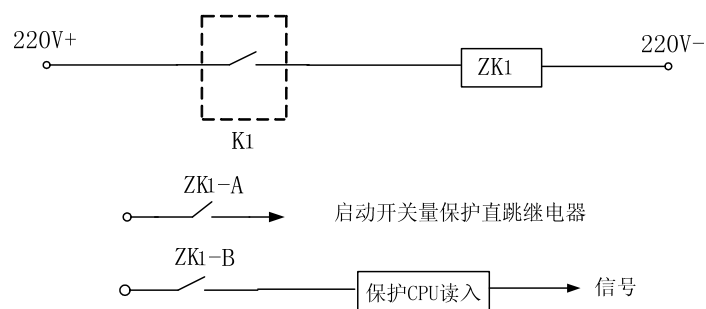


图 6-39-1 直跳非电量保护逻辑框图

软件跳非电量保护逻辑框图见图 6-39-2。非电量 K1 驱动中间转换继电器 ZK1，ZK1 的接点（ZK1-A）即被保护 CPU 读入，按配置要求，可由保护 CPU 延时出口，或结合其它判据后延时出口，或只发信。

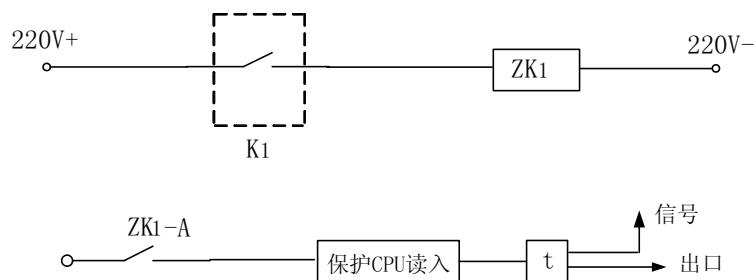


图 6-39-2 软件跳非电量保护逻辑框图

6. 39. 2 变压器冷却器全停保护

在 DGT801 系列型装置，可根据用户的要求提供不同逻辑及延时的冷却器全停保护。我们推荐采用图 6-39-3 所示的冷却器全停保护的逻辑回路。

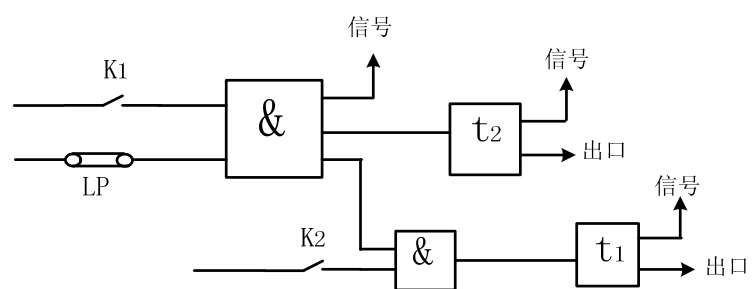


图 6-39-3 冷却器全停保护逻辑框图

在图 6-39-3 中 K_1 ——变压器冷却器全停接点；
LP——冷却器全停保护投入压板（变压器各侧开关合闸时投入）；
 K_2 ——变压器温度继电器接点。

变压器投运行之后（已带负荷），由运行人员投入压板 LP。在运行中，若出现冷却器全停故障，立即

发出“冷却器全停”信号，并经长延时 t_2 作用于信号和出口。若在冷却器全停后主变温度很高，则温度接点 K_2 闭合，则经较短的延时 t_1 作用于信号和出口。时间 t_1 及 t_2 的整定，应按变压器厂家说明书的要求进行。

通常

$t_2=20\sim30$ 分钟， $t_1=3\sim5$ 分钟。

6.39.3 工程应用

用户应提供引入开关量的类型（是常开接点还是常闭接点）及性质（即作为启动保护用还是作为闭锁保护用），若无说明，将按以下原则默认：开关量打开时，保护出口条件不满足（保护不动作）。