

**NSC 554U**

**数字式发电机保护装置**

**技术说明书**

**V4.00**

**南京南自四创电气有限公司**

**2022 年 7 月**

\* 本公司保留对此说明书修改的权利，请注意最新版本资料



# 安全声明

## 1. 说明

安全声明与相关的装置文件构成了安全操作、调试与测试的完整信息。在对装置作任何操作之前，使用人员必须熟悉本安全声明的内容和装置铭牌的额定参数。

## 2. 健康和安全

装置的正常和安全运行，依赖于恰当的运输、搬运和正确的贮存、安装和调试，以及细心的操作、维护和维修。因此，只有合格人员才可操作或在装置上工作。合格人员是指：

——熟悉装置的安装、调试和运行，以及所接入的系统的人员；

——能够按照认可的安全工程惯例执行操作，并经授权可对装置进行带电、掉电、隔离、接地和挂牌操作的人员；

——经过安全设备使用培训的人员；

——经过急救培训的人员。

装置的安装、调试和运行由装置文件提供了说明。但手册不能涵盖所有想得到的情况或所有的细节。在出现问题或特殊情况时，未经正确授权不得采取行动。

## 3. 设备的安装、调试和维护



- a) 严格遵照执行国家及电力行业相关安全规程。工作在高电压环境下，应严肃认真对待，以避免人身伤害或设备损坏；
- b) 在操作中不应触摸电路，可能会有致命的电压、电流；
- c) 在拆卸开装置面板后，应避免触及电路，装置包含电子电路，如果遭受静电，可能会受到损坏。电子电路也可能含有致命的危险电压；
- d) 不管运行条件如何，必须将装置与保护地相连。这也适用于一些特殊的场合，如在台桌上测试演示及离线配置。不经恰当接地操作装置，可能会损坏装置，也可能会发生事故引起伤害；
- e) 在正常运行期间，严禁断开或连接与端子相连的导线或连接件，可能会有致命的危险电压、电流，也可能会中断设备的运行，损坏端子及测量电路；
- f) 严禁不短接电流互感器的二次绕组就断开其二次回路的连接。运行的电流互感器在二次

绕组开路时，会产生危险高电压，可能会损坏互感器，也可能引起人身伤害；

- g) 在装置带电或者与带电回路相连接时，严禁拆卸前面板，可能会有致命的电压、电流。



- a) 在运输装置的模件时，应使用经过验证的防静电袋。在对模件进行操作或处理时，应使用导电腕环套与保护地相连，并在适当的防静电表面操作。静电放电（ESD）可能会引起模件损坏；
- b) 不得将装置与带电导线相连，这可能会使装置内部电路受到损坏；
- c) 在安装调试装置过程中，如果碰触装置或其连线要小心，以免受到电击。



- a) 装置应运行于其规定的电气和环境限值之内；
- b) 装置上电前，应明确连线与正确示图相一致；
- c) 装置上电使用前请仔细阅读说明书，参照说明书对装置进行操作、定值整定和测试。如有随机资料，相关部分以资料为准；
- d) 改变当前保护定值组将不可避免地要改变装置的运行，在作改变前应谨慎，并按规程作校验；
- e) 装置提供了告警触点，这些触点应接入到能进行告警的系统中；
- f) 装置操作密码为：8888。

# 版本声明

- a) 本使用说明书适用于以下型号装置：
- NSC554U 系列数字式发电机保护装置
- b) 本使用说明书适用于以上各装置的标准版本及工程更改版本，除非存在以下情况：
- 附加更改说明；
  - 使用说明书更新，版本升级。

10			
9			
8			
7			
6			
5			
4			
3			
2	V4.00	修订版本	2022.7
1	V2.18	初始版本	2018.3
序号	说明书版本号	修改摘要	修改日期



# 目 录

1 装置简介 .....	3
2 装置硬件构成 .....	5
2.1 交流输入模件 (AC) .....	5
2.2 主处理模件 (CPU) .....	5
2.3 人机对话模件 (MMI) .....	6
2.4 输出及信号模件 (TRIP) .....	7
2.5 电源模件 (POWER) .....	7
2.6 操作回路模件 (CZHL) .....	7
3 技术指标 .....	8
3.1 运行环境 .....	8
3.2 额定参数 .....	8
3.3 装置技术参数 .....	8
4 绝缘性能 .....	9
4.1 绝缘电阻 .....	9
4.2 介质强度 .....	9
4.3 冲击电压 .....	9
4.4 耐湿热性能 .....	9
4.5 电磁兼容性能 .....	9
4.6 机械性能 .....	10
5 保护原理 .....	11
5.1 发电机纵差保护 .....	11
5.2 发电机定子接地保护 .....	14
5.3 发电机过电压保护 .....	16
5.4 发电机静稳失磁保护 .....	17
5.5 发电机定时限负序过流保护 (转子表层过负荷保护) .....	21
5.6 发电机过负荷保护 .....	22
5.7 发电机叠加直流式转子一点接地保护 .....	23
5.8 发电机谐波序电压式转子两点接地保护 .....	23
5.9 发电机频率异常保护 .....	24
5.10 发电机逆功率保护 .....	25

5.11 发电机复合过流（记忆过流）保护 .....	26
5.12 非电量保护（发电机热工保护、灭磁联跳保护、LCB 温度高保护） .....	28
6 定值及整定说明 .....	29
7 附图 .....	32

## 1 装置简介

NSC 554U 数字式发电机保护装置专为小型中型汽轮发电机、水轮发电机、燃气轮发电机等发电机机组设计，且能满足电厂自动化系统的要求。

### 1) 装置特点

1. 采用国际最流行的高速处理器，主频为 166 MHz，内置资源丰富，外围电路设计简单，保证产品的制造质量及其稳定性。充足的硬件资源，32MB 字节 Flash Memory 存储器，256MB 字节 SDRAM。
2. 最多 10 路用户可自定义名称的开入量接口。
3. 保护元件的出口方式可通过跳闸矩阵进行整定，方便用户选择要动作的继电器。所有继电器出口接点可选择为跳闸接点（自动返回）或信号接点（复归后返回）。
4. 自带操作回路，可自适应 0.5A~5A 开关跳合闸电流。
5. GPS 对时采用硬接点分脉冲对时方式以及 B 码对时方式（订货时备注）。
6. 差动保护具有防止设备启动或区外故障时 TA 饱和导致差动保护误动的判据。
7. 有效、可靠的 PT 断线判据，有效防止电机低电压元件误动作。
8. 100M 以太网通信接口，支持 IEC60870-5-103 规约。
9. 9 条故障录波，每条录波包含 1.9 秒的采样点和幅值录波，采样点录波最大包含 14 路模拟量（间隔为 1mS），幅值录波最大包含 40 个模拟量幅值和 32 个开关量（间隔为 5mS）。
10. 采用全图形化编程技术以及稳定、可靠的保护继电器库，提高程序的可靠性及正确性。
11. 整机静态功耗低（约 6W），液晶模块采用新工艺，寿命大为提高。
12. 高抗干扰性能，通过 10 项电磁兼容检测认证，快速瞬变、静电放电、浪涌抗干扰性能均达到最高等级(IV级)标准。
13. 工作环境温度范围：-25℃~+55℃（液晶无模糊、迟钝现象）。

2) 完备的保护功能配置

表 1 本系列产品的型号及功能配置表

功能	NSC 554U
发电机差动保护	√
发电机过电压保护	√
发电机失磁保护	√
发电机复合电压过流保护	√
发电机频率保护	√
发电机转子一点接地保护	√
发电机转子两点接地保护	√
发电机定子接地保护	√
发电机逆功率保护	√
发电机非电量保护	√
TA、TV 断线保护	√
遥信	√
GPS 对时	√
防误闭锁	√
远方管理	√

## 2 装置硬件构成

为了在一套硬件系统上完成上述多种功能，同时考虑该装置的灵活性和适应性，我们对该装置进行了模块化设计。该装置由以下一些模块组成：

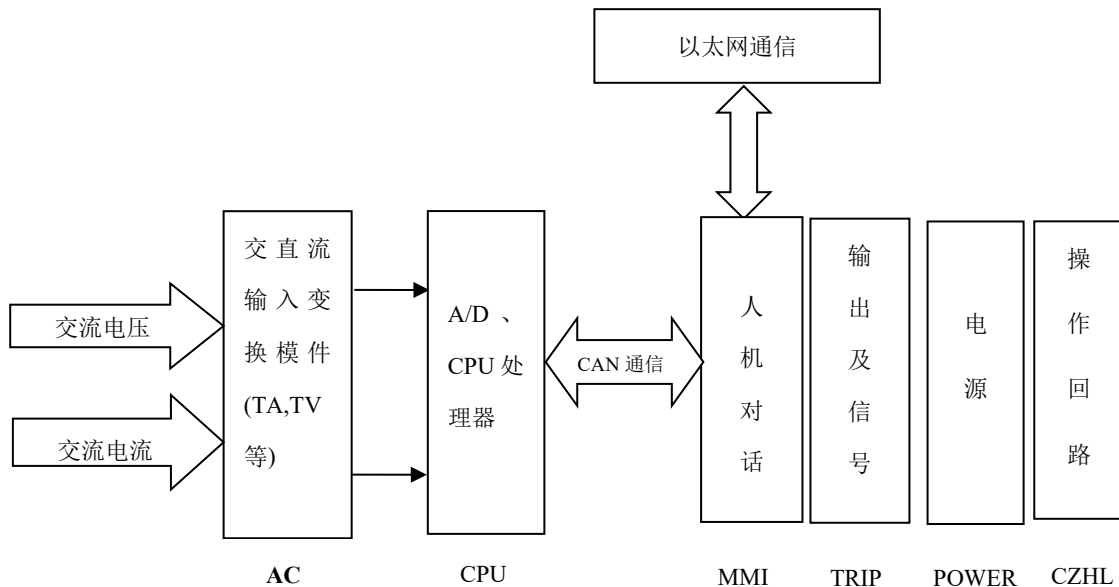


图 2-1 NSC 554U 发电机保护装置硬件简图

### 2.1 交流输入模块（AC）

交流插件包括电压和电流输入部分，不同型号的装置其电压和电流输入元件的数目不同。

电压输入元件由电压变换器构成，额定输入均为 100V。

电流输入原件有以下规格：

- a) 保护电流变换器：额定输入电流为 5A 或 1A，默认 5A，如用 1A，需在订货时说明；
- b) 测量电流变换器：额定输入电流为 5A 或 1A，默认 5A，如用 1A，需在订货时说明。

### 2.2 主处理模块（CPU）

来自于交、直流输入模块变换后的各模拟量经低通滤波、带通滤波有源滤波器，可有效滤出通带内的信号，满足了不同频率信号的滤波要求，同时对基波量的衰减不到 1%，且各通道模拟量的衰减率及相移皆能达到很好的一致性。

主处理模块（CPU）由 A/D 转换、状态量输入、状态量输出（用于跳合闸脉冲输出、告警信号输出、闭锁继电器的开放及其它信号输出）、微处理器 CPU、RAM、ROM、FLASH RAM、EEPROM 等构成。高性能的微处理器 CPU（32 位），大容量的 ROM（1M 字节）、RAM（1M 字节）及 FLASH RAM（32M 字节），使得该 CPU 模块具有极强的数据处理及记录能力，可以实现各种复杂的故障处理方案和记录大量的故障数据。C 语言编制的程序，可使程序具有很强的可靠性、可移植性和可维护。

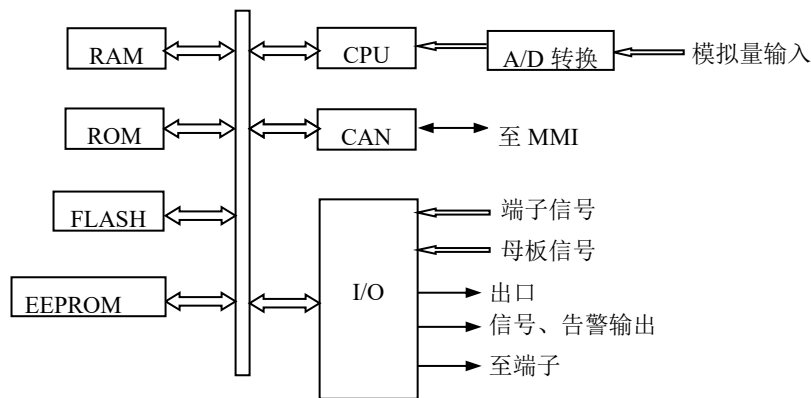


图 2-2 CPU 模块原理示意图

各种与 CPU 有关的器件集中于—块插件上，各输入、输出状态量皆经光耦隔离。当本模块有器件出现异常，主处理器驱动闭锁继电器，切断状态量输出光耦输出侧的工作电源。当主处理器工作异常，辅助处理器驱动上述闭锁继电器。闭锁继电器的需掉电方能复归。双处理器相互监视，确保了装置工作的可靠性。

CPU 模块的端子主要用于接入该 CPU 所需的压板及专用输入、输出信号、位置信号等。

模/数转换 (A/D) 采用 16 位高精度、高稳定性、高速度、多通道并行转换器件，精确工作电流可达  $0.04I_n$ ，精确工作电压达 0.2V，提高测量精度及速度。各模拟量经低通滤波，可有效滤除高次谐波，而对基波量的衰减不到 1%，且各通道模拟量的衰减率及相移皆能达到很好的一致性。

### 2.3 人机对话模块 (MMI)

人机对话模块 (MMI) 安装于装置整面板后。该模块包括：微处理器 (32 位)，大容量 ROM (1M 字节)、RAM (1M 字节)、FLASH RAM (32M 字节)，EEPROM，状态量输入、输出，通信控制器件，时钟，大屏幕液晶显示器 (240×128)，全屏幕操作键盘，信号指示灯等。

本模块主要用于人机界面管理。主要功能为：键盘操作；管理液晶显示；打印；信号灯指示；与调试计算机、变电站监控系统或远方安全自动化装置通信；GPS 对时 (分脉冲对时) 以及与主 CPU 交换信息。

与各 CPU 的通信采用 CAN 网，速率为 100Kbps，突破了装置内部通信的瓶颈，提高装置内部信息传送的速度。

当本装置接入厂、站自动化系统时，以太网接口通信规约采用 IEC60870-5-103 规约。

人机对话模块 (MMI) 电原理示意图见图 2-3

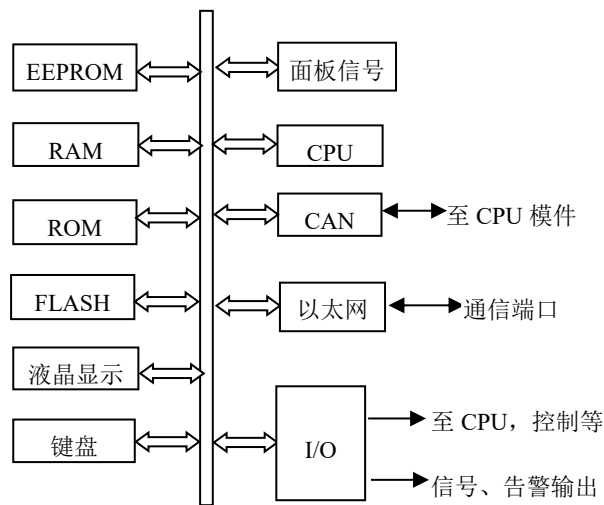


图 2-3 MMI 模件电原理示意图

## 2.4 输出及信号模件 (TRIP)

本模件接口 CPU 模件发送来的命令，提供装置动作及告警信号，这些信号可以送至面板上的信号灯，也可送至中央信号装置。

## 2.5 电源模件 (POWER)

本模件用来将变电站或发电厂内直流电源转换为本装置工作所需的电源。本模件输出一路+5V，用于 CPU 的工作电源；两路 24V 电压。各路电源相互独立，不共地。

POWER 模件原理图如下：

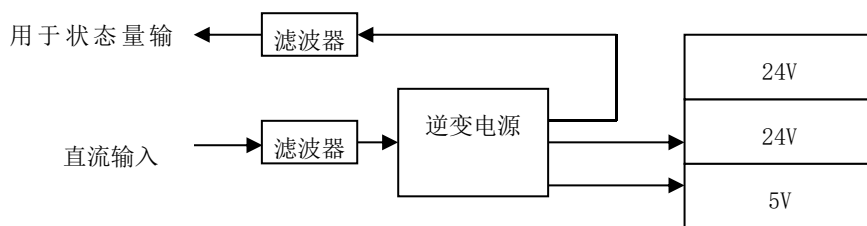


图 2-4 电源模件原理示意图

本装置在抗干扰能力上有充分考虑，故本装置组屏时，交、直流输入的抗干扰模件可以省略。

## 2.6 操作回路模件 (CZHL)

本装置配备一套完整的操作回路，以实现断路器的操作功能。

本装置的操作回路设计中还考虑了弃用装置内部防跳回路而改用断路器自身防跳回路的方式，以满足部分用户的需要，订货时需注明是否取消防跳。

此外，CZHL 模件可选装为交流模式，即操作回路控制电源为 AC220V。在选装交流操作回路时，所有开入均默认使用 AC220V 电源，订货时需注明。

### 3 技术指标

#### 3.1 运行环境

a) 工作温度：-25°C~+55°C。

存储温度：-40°C~+70°C，在极限值下不施加激励量，装置不出现不可逆转的变化，温度恢复后，装置应能正常工作。

b) 相对湿度：5%~95%（产品内部既不应凝露，也不应结冰）

c) 大气压力：66~110kPa（相对海拔高度 2km 以下）

#### 3.2 额定参数

1) 额定直流电压： 220V/110V（订货注明）

2) 额定交流数据：

a) 额定电压值： 100V 或 57.74V 可选择

b) 额定频率： 50Hz

3) 功率消耗：

a) 直流回路： 正常工作时：不大于 8W  
动作时： 不大于 12W

b) 交流电压回路： 每相不大于 0.5VA

4) 状态量电平：

CPU 模块中输入状态量电平 DC 220V:154V~300V DC 110V:77V~300V

DIO 模块中输入状态量电平 DC 220V:154V~300V DC 110V:77V~300V DC 24:20V~30V

#### 3.3 装置技术参数

输入回路：每点 24V d.c. 2.4mA；

输出接点容量：30W（ $\tau=5\text{ms}$ ），220V d.c.或 0.5A d.c.。

出口时间：<20ms

装置交流电压回路在额定参数时每相 $\leq 0.2\text{VA}$

装置交流电流回路在额定参数时每相 $\leq 0.3\text{VA}$

电压、电流、功率：0.5 级

相位角测量误差 $\leq 1^\circ$

阻抗测量误差 $\leq 5\%$

## 4 绝缘性能

### 4.1 绝缘电阻

装置的带电部分和非带电部分及外壳之间以及电气上无联系的各电路之间用开路电压 500V 的兆欧表测量其绝缘电阻值，正常试验大气条件下，各等级的各回路绝缘电阻不小于 100MΩ，符合 GB 14598.3-2006 标准要求。

### 4.2 介质强度

在正常试验大气条件下，装置能承受频率为 50Hz，信号输入端子对地电压为 500V、其他回路对地交流电压为 2000V（直流电压 2800V），历时 1 分钟的工频耐压试验而无击穿闪络及元件损坏现象。试验过程中，任一被试回路施加电压时其余回路等电位互联接地，符合 GB 14598.27-2008 标准要求。

### 4.3 冲击电压

在正常试验大气条件下，装置的电源输入回路、交流输入回路、输出触点回路对地，以及回路之间，能承受 1.2/50μs 的标准雷电波的短时冲击电压试验，开路试验电压 5kV，符合 GB 14598.3-2006 标准要求。

### 4.4 耐湿热性能

符合 GB/T 2423.4 标准 高温+55℃，低温+25℃，相对湿度 95%，试验时间（12h+12h）的两个循环。

### 4.5 电磁兼容性能

#### 4.5.1 静电放电抗干扰度

装置应能承受 GB/T 14598.26-2015 中规定的静电放电抗干扰 B 级试验。

#### 4.5.2 辐射电磁场抗干扰度

装置应能承受 GB/T 14598.26-2015 中规定的辐射电磁场抗干扰度 A 级试验。

#### 4.5.3 电快速瞬变/脉冲群抗扰度

装置应能承受 GB/T 14598.26-2015 中规定的快速瞬变抗扰度 B 级试验。

#### 4.5.4 浪涌（冲击）抗扰度

装置应能承受 GB/T 14598.26-2015 中规定的浪涌（冲击）抗扰度 B 级试验。

#### 4.5.5 射频场感应的传导骚扰抗扰度

能承受 GB/T 14598.26-2015 中规定的射频场感应的传导骚扰抗扰度 A 级试验。

#### 4.5.6 工频磁场抗扰度

能承受 GB/T 14598.26-2015 中规定的工频磁场抗扰度 A 级试验。

#### 4.5.7 脉冲磁场抗扰度

能承受 GB/T 17626.9-2011 中规定的脉冲磁场抗扰度V级试验。

#### 4.5.8 阻尼振荡磁场抗扰度

能承受 GB/T 17626.10-1998 中规定的阻尼振荡磁场抗扰度V级试验。

#### 4.5.9 1MHz 脉冲群抗扰度

能承受 GB/T 14598.26-2015 中规定的 1MHz 和 100kHz 脉冲群抗扰度 B 级（共模 2.5kV、差模 1kV）试验，施加干扰期间，装置不误动或拒动现象。

#### 4.5.10 电磁发射限值试验

能符合 GB/T 14598.26-2015 中规定的电磁发射限制值。

### 4.6 机械性能

#### 4.6.1 振动

装置能承受 GB/T 11287-2000 中 3.2.1 规定的严酷等级为 1 级的振动响应试验，3.2.2 规定的严酷等级为 1 级的振动耐久试验。

#### 4.6.2 冲击

装置应能承受 GB/T 14537-1993 中 4.2.2 规定的严酷等级为 1 级的振动耐久试验。

#### 4.6.3 碰撞

装置应能承受 GB/T 14537-1993 中 4.3 规定的严酷等级为 1 级的振动耐久试验。

#### 4.6.3 碰撞

装置能承受 GB7261 第 18 章规定的严酷等级为 I 级的冲击耐久能力试验。

## 5 保护原理

### 5.1 发电机纵差保护

发电机差动可采用单相差动方式。单相差动方式：任一相差动保护动作即出口跳闸。这种方式一般另外配有 TA 断线检测功能。在 TA 断线时瞬时闭锁差动保护，且延时发 TA 断线信号。当保护制动电流大于拐点电流值，解除 TA 断线闭锁，即整定 TA 断线不闭锁差动。

保护配有差流越限告警功能，可以选择差动保护是否经二次谐波制动（订货时注明）。

比率制动原理是传统保护原理在数字保护上的改进。它由二部分组成：无制动部分和比率制动部分。它具有较高的灵敏度和抗 TA 饱和的能力。

其动作方程是：

$$\begin{cases} |\dot{I}_N + \dot{I}_T| \geq K_S (|\dot{I}_N - \dot{I}_T| / 2 - I_g) + I_q \\ |\dot{I}_N + \dot{I}_T| \geq I_q \end{cases}$$

其中：  $I_g$ ：——曲线的拐点电流

$I_q$ ：——曲线的启动电流

$K_s$ ：——曲线的斜率

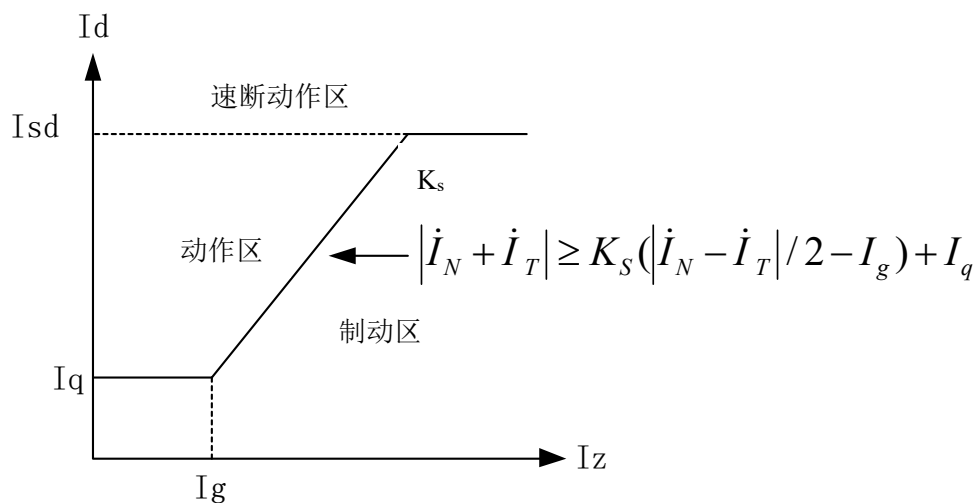


图 5-1 比率制动特性曲线

#### 5.1.1 输入模拟量

- 1) 发电机机端电流  $I_{AT}$ 、 $I_{BT}$ 、 $I_{CT}$
- 2) 发电机中性点电流  $I_{AN}$ 、 $I_{BN}$ 、 $I_{CN}$

正方向：以流入发电机为参考正方向

5.1.2 保护的逻辑图如下

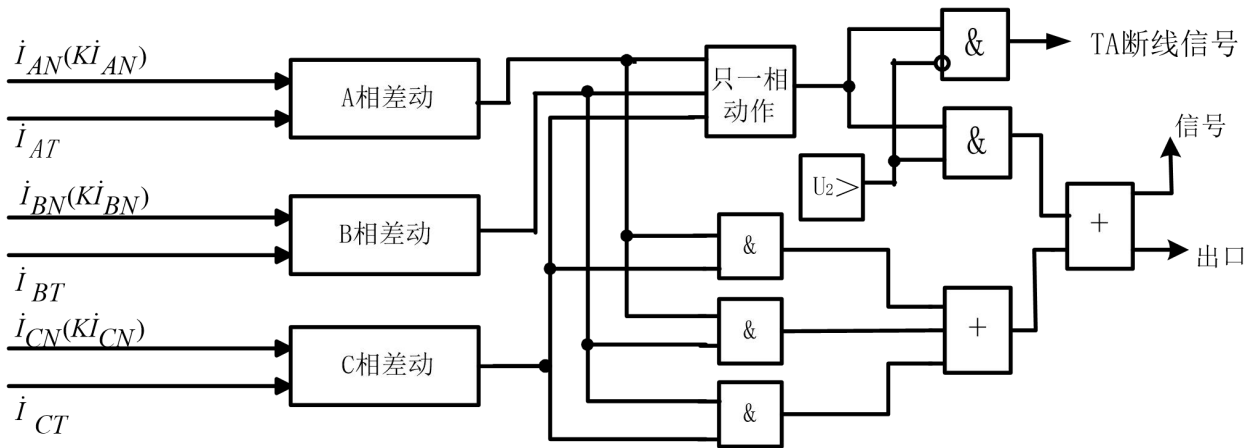


图 5-2 循环闭锁出口方式发电机纵差保护逻辑框图

5.1.3 TA 断线判别

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。

5.1.4 定值清单及整定原则

3) 定值清单

定 值 清 单			
序号	定值名称	单位	整定范围和说明
1	速断定值	A	详见整定原则 及设置建议
2	差动定值	A	
3	比例差动拐点定值	A	
4	差动比例制动系数		
5	解除断线闭锁 Uf2	V	
6	差流越限定值	A	
7	差流越限延时定值	S	
控 制 字			
序号	置 1	置 0	
1	速断保护投入	速断保护退出	
2	CT 断线检测投入	CT 断线检测退出	
3	CT 断线不闭锁差动	CT 断线闭锁差动	

#### 4) 整定原则及设置建议

##### (a) 比例制动系数 $K_z$ (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，通常，对发电机差动取  $K_z=0.3\sim 0.5$

##### (b) 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。一般取  $I_q=(0.3\sim 0.4) I_e$

##### (c) 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。一般取  $I_g=(0.5\sim 0.8) I_e$

##### (d) 差动速断电流 $I_s$

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： $I_s=(4\sim 8) I_e$

##### (e) 负序电压 $U_2$

解除循环闭锁的负序电压（二次值，按照线电压计算）。可取： $U_2=(9\sim 12) V$ 。

##### (f) 发电机的额定电流 $I_e$

$I_e$  可按下式计算

$$I_e = \frac{P_e}{\sqrt{3}U_e n_T \cos \varphi}$$

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；

$\cos \varphi$ ：发电机的额定功率因数

##### (g) 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， $K_{sen}$  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。一般按本说明书的建议取值

时， $K_{sen}$  能满足要求。

### 5.1.5 工程应用注意事项

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。

## 5.2 发电机定子接地保护

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。

### 5.2.1 3U<sub>0</sub> 保护构成原理

保护接入 3U<sub>0</sub> 电压，取自发电机机端 TV 开口△绕组两端或取自发电机中性点单相 TV（消弧线圈）的二次。

动作方程  $3U_0 > 3U_{0g}$ ，式中 3U<sub>0</sub> 机端 TV 开口三角电压或中性点 TV（或消弧线圈）二次电压；3U<sub>0g</sub> 动作电压整定值。

### 5.2.2 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 开口三角行绕组时，为确保 TV 一次断线时保护不误动，需引入 TV 断线闭锁。

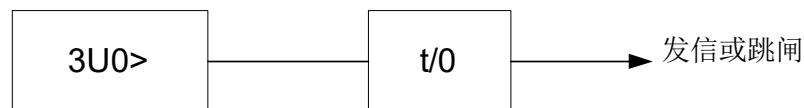


图 5-3 3U<sub>0</sub> 发电机定子接地保护出口逻辑

### 5.2.3 定值清单及整定原则

#### 1) 定值清单

定 值 清 单			
序号	定值名称	单位	整定范围和说明
1	定子接地 3U <sub>0</sub> 定值	V	详见整定原则及设置建议
2	定子 3U <sub>0</sub> 延时	S	
控 制 字			
序号	置 1	置 0	
1	TV 断线闭锁 3U <sub>0</sub>	TV 断线不闭锁 3U <sub>0</sub>	

## 2) 整定原则及设置建议

### (a) 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 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。

当发电机出线为封闭母线时，可取 5~10V。

### (b) 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。

## 5.2.4 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的定子接地保护。

## 5.2.5 保护构成原理

保护接入  $3I_0$  电流，取自发电机机端三相出线上零序电流互感器的二次。

动作方程  $3I_0 > 3I_{0g}$ ，式中  $3I_0$  机端三相出线上零序电流互感器的二次电流； $3I_{0g}$  动作电压整定值。

## 5.2.6 逻辑框图

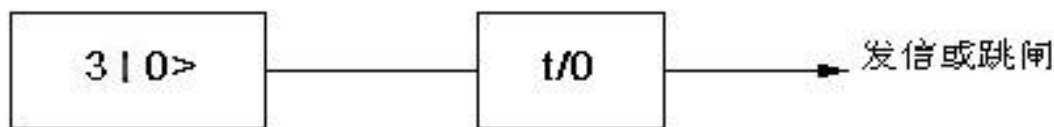


图 5-4  $3I_0$  发电机定子接地保护出口逻辑

## 5.2.7 定值清单及整定原则

### 3) 定值清单

定 值 清 单			
序号	定值名称	单位	整定范围和说明
1	定子接地 $3I_0$ 定值	A	详见整定原则 及设置建议
2	定子 $3I_0$ 延时	S	
控 制 字			
序号	置 1	置 0	
1	$3I_0$ 定子接地投入	$3I_0$ 定子接地退出	

### 4) 整定原则及设置建议

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。

保护的動作延时可取 6~9 秒。

### 5.3 发电机过电压保护

#### 5.3.1 保护原理及逻辑框图

保护反映发电机机定子电压。其输入电压为机端 TV 二次相间电压（例如  $U_{CA}$ ），动作经延时切除发电机。其构成逻辑框图如下所示：

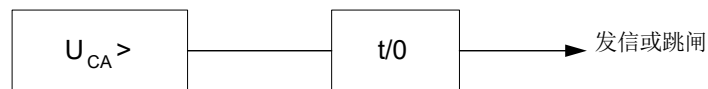


图 5-5 发电机过电压保护出口逻辑

#### 5.3.2 定值清单及整定原则

##### 1) 定值清单

定 值 清 单			
序号	定值名称	单位	整定范围和说明
1	过电压定值	V	详见整定原则 及设置建议
2	过电压延时定值	S	

##### 2) 整定原则及设置建议

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。

##### (a) 过电压定值

- 对于汽轮发电机

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

- 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

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

(b) 动作延时  $t$  可取  $(0.3 \sim 0.5) S$

#### 5.4 发电机静稳失磁保护

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圆进入异步阻抗圆内。

##### 5.4.1 保护原理

阻抗型失磁保护，通常由阻抗判据（ $Z_{g<}$ ）、转子低电压判据（ $V_{fd<}$ ）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、转子直流电压。

##### 1) 异步边界阻抗圆判据

失磁发电机的机端阻抗最终轨迹一定进入右图所示的小圆中，该圆称为异步边界阻抗圆，图中：

$$X_a = -\frac{X'_d * \frac{U_{gn}^2 * n_a}{S_{gn} * n_v}}{2}$$

$$X_b = -X_d * \frac{U_{gn}^2 * n_a}{S_{gn} * n_v}$$

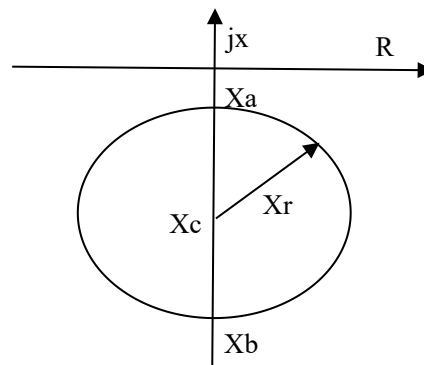


图 5-6 阻抗圆

式中， $X_d$ ， $X'_d$  为发电机暂态电抗和同步电抗标么值； $U_{gn}$ ， $S_{gn}$  为发电机额定电压和额定视在功率；

$n_a$ ， $n_v$  为电流互感器和电压互感器变比。因此，异步边界阻抗圆圆心定值为  $\frac{X_a + X_b}{2}$ ，半径定值为

$$\frac{X_a - X_b}{2}。$$

##### 2) 转子低电压判据

由于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：

$$V_{fd} < V_{fdl}$$

$$V_{fd} < K_{fd}(P - P_t)$$

$$K_{fd} = 0.7 \frac{V_{fde}}{S_n}$$

式中， $V_{fd}$  转子电压计算值；

$P$  发电机的有功功率计算值；

$S_n$  发电机二次额定视在功率

$V_{fdl}$ 、 $K_{fd}$ 、 $P_t$  保护整定值，见定值清单。

转子低电压动作特性如下：

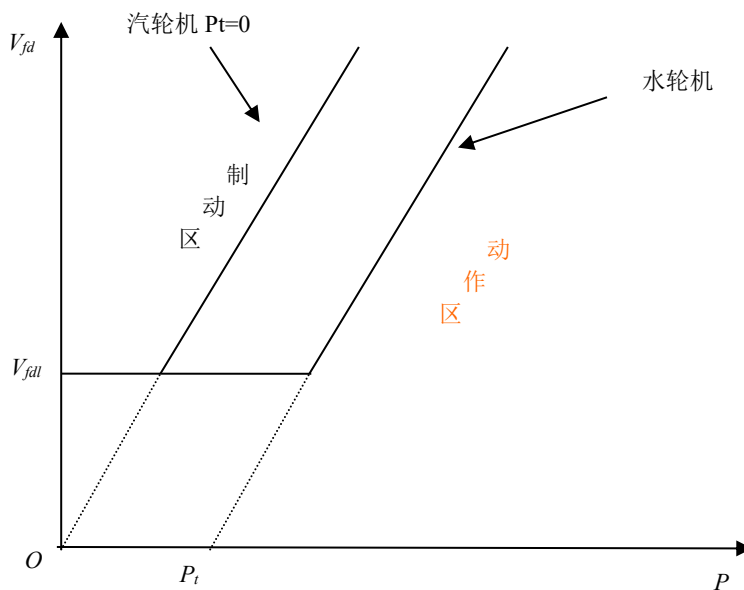


图 5-7 转子低电压动作特性

### 5.4.2 逻辑框图

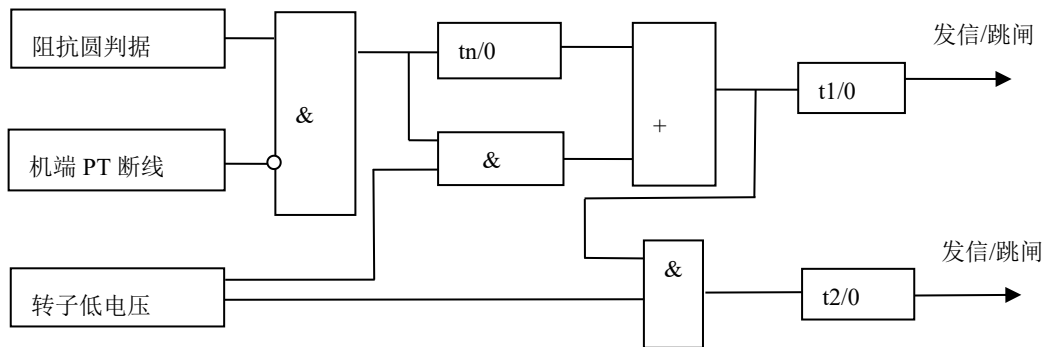


图 5-8 发电机失磁保护基本逻辑框图

注：tn 是程序内部延时，固定取 1.5s

#### 1) 机端 PT 断线判据

元素 1：三相无压 ( $U_a < 8V \&\& U_b < 8V \&\& U_c < 8V$ )

元素 2：任一相有流 ( $I_a > 0.25A \parallel I_a > 0.25A \parallel I_a > 0.25A$ )

元素 3：负序电流

元素 4：正序电流

元素 5：负序电压

元素 6：正序电压

三相断线：三相无压且任一相有流。

一相或两项断线：( $\text{有负序电压} > 10V$ )&&(正序电压  $> 0.8 \times$  负序电压值)&&(负序电流  $< 0.25A$ )&&(正序电流  $> 0.25A$ )

不管是几相断线，保护装置都报机端 PT 断线，并点相应信号灯。

### 5.4.3 定值清单及整定原则

#### 1) 定值清单

定 值 清 单			
序号	定值名称	单位	整定范围和说明
1	阻抗启动电流定值	A	详见整定原则 及设置建议
2	阻抗圆心-Xc	Ω	
3	阻抗半径 Rc	Ω	
4	转子低电压 Vfd	V	
5	转子低电压系数 Kfd		
6	反应功率 Pf	MW	
7	失磁延时 t1 定值	S	
8	失磁延时 t2 定值	S	

#### 2) 整定原则及设置建议

##### (a) 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）。

##### (b) 阻抗圆圆心 Xc

$$X_c = \frac{X_a + X_b}{2}$$

##### (c) 阻抗圆半径 Xr

$$X_r = \frac{X_a - X_b}{2}$$

式中  $X_a$ ， $X_b$  见阻抗判据里的说明。

##### (d) 转子低电压系数 Kfd

$$K_{fd} = 0.7 \frac{V_{fde}}{S_n}$$

(e) 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。

## 5.5 发电机定时限负序过流保护 (转子表层过负荷保护)

### 5.5.1 保护原理及逻辑框图

保护接入发电机三相电流 (TA 二次值)。当负序电流大于整定值时, 负序电流保护动作, 经延时切除发电机。

电流取自发电机中性点(或机端)TA。

保护的逻辑框图如下:

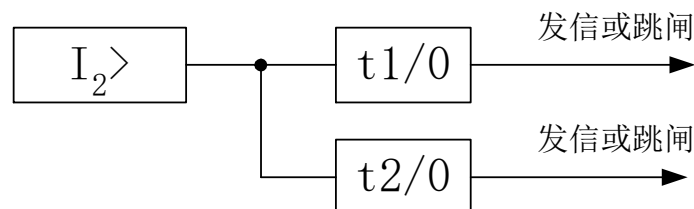


图 5-9 发电机负序过流保护出口逻辑

### 5.5.2 定值清单及整定原则

#### 1) 定值清单

定 值 清 单			
序号	定值名称	单位	整定范围和说明
1	负序过流定值	A	详见整定原则 及设置建议
2	负序过流延时 t1	S	
3	负序过流延时 t2	S	

#### 2) 整定原则及设置建议

定时限负序电流整定值  $I_{2g}$  的计算。按躲过发电机长期连续运行允许的负序电流计算, 即

$$I_{2g} = K_{rel} \frac{I_{2.\infty}^*}{K_{re}} I_{g.n}$$

式中  $K_{rel}$  可靠系数，一般取  $K_{rel} = 1.05$

$K_{re}$  返回系数，（微机保护一般取  $K_{re} = 0.95$ ）

$I_{g.n}$  发电机额定二次电流

动作时间：负序过流动作延时应与相邻设备不对称短路后备保护相配合。

## 5.6 发电机过负荷保护

### 5.6.1 保护原理及逻辑框图

保护反映发电机定子电流的大小，电流取自发电机中性点(或机端)TA 二次的某一相(如 B 相)电流，或者为三相电流。

出口方式：可发信或跳闸(订货时需注明)，逻辑框图如下：

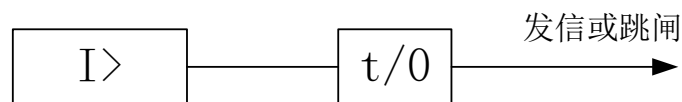


图 5-10 发电机过负荷保护出口逻辑

### 5.6.2 定值清单及整定原则

#### 1) 定值清单

定 值 清 单			
序号	定值名称	单位	整定范围和说明
1	过负荷电流定值	A	详见整定原则 及设置建议
2	过负荷延时 T	S	

#### 2) 整定原则及设置建议

(a) 过负荷电流整定值  $I_g$  按躲过发电机的额定电流来整定，即

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

式中  $K_{rel}$  可靠系数，一般取  $K_{rel} = 1.05$

$I_e$  发电机额定电流 (TA 二次值)

通常  $I_g$  取 (1.05~1.1)  $I_e$

(b) 动作延时  $t$  : 通常  $t$  取 6~9 秒。

## 5.7 发电机叠加直流式转子一点接地保护

### 5.7.1 保护原理及逻辑框图

采用新型的叠加直流方法, 叠加源电压为 50V, 内阻大于 50kΩ。利用微机智能化测量克服了传统保护中绕组正负极灵敏度不均匀的缺点, 能准确计算出转子对地的绝缘电阻值, 范围可达 200 kΩ。转子分布电容对测量无影响。电机起动过程中转子无电压时保护并不失去作用。

保护引入转子负极与大轴接地线, 可以发信或跳闸 (订货时需注明)。

逻辑框图如下:

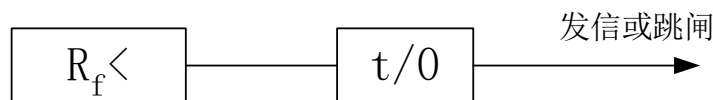


图 5-11 发电机转子一点接地保护出口逻辑

### 5.7.2 定值清单及整定原则

#### 1) 定值清单

定 值 清 单			
序号	定值名称	单位	整定范围和说明
1	转子一点接地 $R_f$	KΩ	详见整定原则及 设置建议
2	转子一点接地延时	S	

#### 2) 整定原则及设置建议

(a) 接地电阻  $R_f$ : 当转子对地绝缘电阻大幅度降低时, 发出信号。 $R_f$  取 (10~20) K 是适宜的。

(b) 动作时间  $t$ :  $t$  建议取 9 秒。

## 5.8 发电机谐波序电压式转子两点接地保护

### 5.8.1 保护原理及逻辑框图

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。

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下:

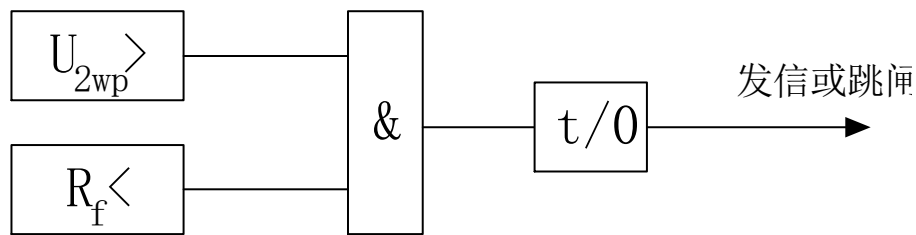


图 5—12 发电机转子两点接地保护出口逻辑

## 5.8.2 定值清单及整定原则

### 1) 定值清单

定 值 清 单			
序号	定值名称	单位	整定范围和说明
1	转子两点接地 $U_{2wg}$	V	详见整定原则及 设置建议
2	转子两点接地延时	S	

### 2) 整定原则及设置建议

(a) 二次谐波电压动作值可按下式整定

$$U_{2wg} = K_{rel} U_{2w2H\delta}$$

式中  $K_{rel}$  可靠系数，取 8~10；

$U_{2w2H\delta}$  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。

(b) 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。

## 5.9 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。

### 5.9.1 保护原理及逻辑框图

保护接入机端 TV（或系统端 TV），反应发电机低频或过频，配置一段时限，过频保护需判有流。逻辑框图如下：

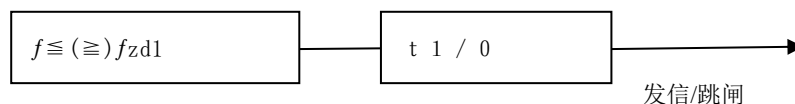


图 5—13 频率保护逻辑图

## 5.9.2 定值清单及整定原则

### 1) 定值清单

定 值 清 单			
序号	定值名称	单位	整定范围和说明
1	低电压闭锁频率	V	详见整定原则及 设置建议
2	低频定值	Hz	
3	频率滑差闭锁定值	Hz/s	
4	频率保护延时定值	S	

### 2) 整定原则及设置建议

目前，电力系统中的装机容量越来越大，各系统之间的联系越来越紧密。长期低频或者过频运行的可能性几乎为零。因此，当频率异常保护作用于切除发电机时，其频率及出口时间应与低频减载或者高周切机装置配合。

频率的取值及出口时间，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，根据实际需要选择过频保护或者低频保护。

## 5.10 发电机逆功率保护

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。

### 5.10.1 保护原理及逻辑框图

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。出口方式：可发信或跳闸

逻辑框图如下：

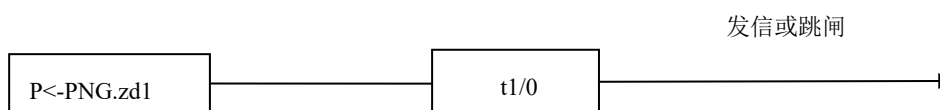


图 5—14 逆功率保护逻辑图

### 5.10.2 定值清单及整定原则

#### 1) 定值清单

定 值 清 单			
序号	定值名称	单位	整定范围和说明
1	逆功率保护-P 定值	MW	详见整定原则及 设置建议
2	逆功率延时定值	S	
控 制 字			
序号	置 1	置 0	
1	TV 断线闭锁逆功率	TV 断线不闭锁逆功率	

#### 2) 整定原则及设置建议

##### (a) 功率动作整定值

应保证汽轮机主汽门关闭后逆功率保护能可靠动作。通常

$$P_{NG.zd} = -(1\% \sim 5\%)P_e, \quad (P_e \text{ 发电机二次额定功率})$$

##### (b) 动作延时定值

逆功率保护出口延时，应按汽轮机叶片运行过热时间的条件来整定。

### 5.11 发电机复合过流（记忆过流）保护

发电机复压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。

#### 5.11.1 保护原理及逻辑框图

发电机复压过流保护的输入量为机端 TV 二次电压及发电机 TA 二次三相电流。

$$\text{公式: } \begin{cases} U_{ac} < U_{zd} \\ U_2 > U_{2g} \\ I_{a(b,c)} > I_g \end{cases}$$

逻辑框图如下：

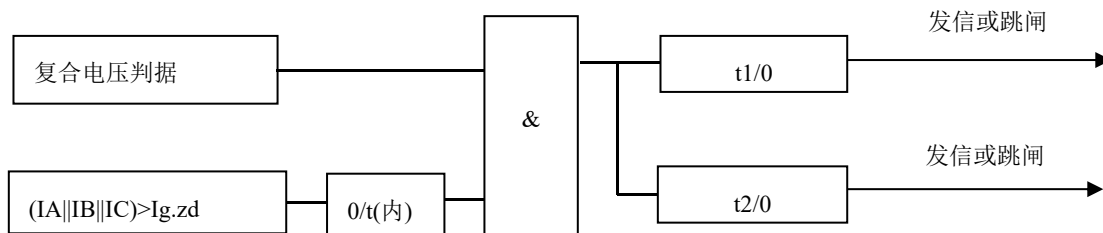


图 5-15 发电机复合电压过流保护逻辑图

### 5.11.2 定值清单及整定原则

#### 1) 定值清单

定 值 清 单			
序号	定值名称	单位	整定范围和说明
1	低电压定值	V	详见整定原则及 设置建议
2	负序电压定值	V	
3	过流 1 定值	A	
4	复压过流延时 t1 定值	S	
5	过流 2 定值	A	
6	复压过流延时 t2 定值	S	
控 制 字			
序号	置 1	置 0	
1	复合电压投入	复合电压退出	
2	TV 断线闭锁复压	PT 断线不闭锁复压	

#### 2) 整定原则及设置建议

##### (a) 过流定值 $I_g$

动作电流  $I_g$  应按躲过正常运行时发电机的额定电流来整定。即

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

式中：  $K_{rel}$  可靠系数，取 1.2；

$I_e$  发电机额定电流（TA 二次值）

##### (b) 低电压定值 $U_{ZD}$

低电压定值  $U_{ZD}$ ，按躲过发电机正常运行时可能出现的最低电压整定。通常

$$U_{ZD} = (0.7 \sim 0.75)U_e \quad (U_e \text{ 发电机额定电压，TV 二次值})。$$

##### (c) 负序电压定值 $U_{2g}$

躲过正常运行时发电机机端最大负序电压，通常  $U_{2g}$  取发电机额定电压的 8%~10%。

##### (d) 动作延时定值

保护的動作延時，應與相鄰元件後備保護的動作時間相配合整定。

### 5.12 非電量保護（發電機熱工保護、滅磁聯跳保護、LCB 溫度高保護）

本裝置的非電量保護，瞬時出口不經過 CPU 直接驅動出口；但經 CPU 發信。

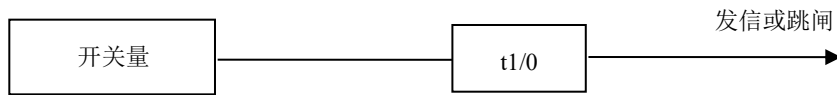


圖 5-16 非電量保護邏輯

## 6 定值及整定说明

### 1) NSC 554U 数字式发电机保护装置整定值清单

序号	定值名称	整定范围	单位	备注
1	控制字一	0000~FFFF	无	参见控制字说明
2	控制字二	0000~FFFF	无	参见控制字说明
3	速断定值	0.00~99.99	A	
4	差动定值	0.00~99.99	A	
5	比例差动拐点	0.00~99.99	A	
6	差动比例制动系数	0.00~10.00		
7	解除断线闭锁 Uf2	0.00~999.90	V	
8	差流越限定值	0.00~99.99	A	
9	差流越限延时	0.00~99.99	S	
10	差动出口方式	0000~00FF		
11	过电压定值	0.00~999.90	V	
12	过电压延时定值	0.00~99.99	S	
13	过电压保护出口方式	0000~00FF		
14	转子一点接地 Rf	0.00~999.90	KΩ	
15	转子一点接地延时	0.00~99.99	S	
16	转子两点接地 U2w	0.00~999.90	V	
17	转子两点接地延时	0.00~99.99	S	
18	转子两点接地出口方式	0000~00FF		
19	定子接地 3Uo	0.00~999.90	V	
20	定子 3Uo 延时	0.00~99.99	S	
21	定子 3Uo 出口方式	0000~00FF		
22	定子接地 3Io	0.00~99.99	A	
23	定子 3Io 延时	0.00~99.99	S	
24	定子 3Io 出口方式	0000~00FF		
25	阻抗启动电流定值	0.00~99.99	A	
26	阻抗圆圆心 Rc	0.00~99.99	Ω	
27	阻抗圆半径 Rc	0.00~99.99	Ω	
28	转子低电压 Vfd	0.00~99.99	V	
29	转子低电压系数 Kd	0.00~999.90		
30	反应功率 Pf	0.00~99.99	MW	
31	SC 延时 t1	0.00~99.99	S	
32	SC 延时 t2	0.00~99.99	S	
33	失磁 t1 出口方式	0000~00FF		
34	失磁 t2 出口方式	0000~00FF		
35	低电压定值	0.00~999.90	V	
36	负序电压定值	0.00~999.90	V	

37	过流 1 定值	0.00~99.99	A	
38	复压过流延时 t1	0.00~99.99	S	
39	过流 2 定值	0.00~99.99	A	
40	复压过流延时 t2	0.00~99.99	S	
41	复压 t1 出口方式	0000~00FF		
42	复压 t2 出口方式	0000~00FF		
43	逆功率保护-P 定值	0.00~99.99	MW	
44	逆功率延时	0.00~99.99	S	
45	逆功率出口方式	0000~00FF		
46	低电压闭锁频率	0.00~999.90	V	
47	低频定值	0.00~55.00	Hz	
48	频率滑差闭锁定值	0.00~99.99	Hz	
49	低频保护延时定值	0.00~99.99	S	
50	低频出口方式	0000~00FF		
51	过频定值	0.00~55.00	Hz	
52	过频保护延时	0.00~99.99	Hz	
53	过频出口方式	0000~00FF		
54	过负荷电流定值	0.00~99.99	A	
55	过负荷延时 T	0.00~99.99	S	
56	热工保护延时定值	0.00~99.99	S	
57	热工出口方式	0000~00FF		
58	灭磁联跳延时定值	0.00~99.99	S	
59	灭磁联跳出口方式	0000~00FF		
60	励磁变温度高延时定值	0.00~99.99	S	
61	电流比例系数	0.00~10.00	无	一次电流/(二次电流*1000)
62	电压比例系数	0.00~10.00	无	一次电压/(二次电压*1000)

控制字说明：

位	置 1 时的含义	置 0 时的含义
15	UI 求和自检投入	UI 求和自检退出
14	投入 LCB 温度高	退出 LCB 温度高
13	投入灭磁联跳	退出灭磁联跳
12	投入热工保护	退出热工保护
11	机组功率正向输出	机组功率反向输出
10	发电机过负荷投入	发电机过负荷退出
9	TV 断线闭锁复压	TV 断线不闭锁复压
8	断线闭锁失磁阻抗	断线开放失磁阻抗
7	定子 3U0 保护投入	定子 3U0 保护退出
6	TV 断线闭锁逆功率	TV 断线开放逆功率
5	3I0 定子接地投入	3I0 定子接地退出
4	复合电压投入	复合电压退出
3	TV 断线闭锁 3U <sub>0</sub>	TV 断线不闭锁 3U <sub>0</sub>
2	CT 断线不闭锁差动	CT 断线不闭锁差动
1	备用 1	备用 1
0	CT 额定电流为 5A	CT 额定电流为 1A

2) NSC 554U 数字发电机保护装置软压板清单：

压板名称	对应功能
差动保护	差动保护功能投退
过压压板	过压保护功能投退
失磁保护	失磁保护功能投退
复压过流	复压过流保护功能投退
频率保护	频率保护功能投退
定子接地	定子接地功能投退
逆功率	逆功率保护功能投退
一点接地	一点接地保护功能投退
两点接地	两点接地保护功能投退
非电量压板	非电量保护功能投退

7 附图

图 1: NSC554U 发电机保护装置背板端子图



图 2: NSC554U 发电机保护装置开口尺寸图

