

ICS 29.240

# Q/GDW

## 国家电网有限公司企业标准

Q/GDW 11952—2018

---

### 大型调相机变压器组继电保护整定计算 导则

Guide of calculating settings of relay protection for large condenser and transformer

2020-04-08发布

2020-04-08实施

---

国家电网有限公司 发布



## 目 次

前 言 .....	I
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	1
4 总 则 .....	1
5 调相机保护的整定计算 .....	2
6 变压器保护的整定计算 .....	24
7 励磁变保护的整定计算 .....	29
8 转子一点接地保护的整定计算 .....	31
附录A (资料性附录) 调相机保护典型二次接线 .....	34
附录 B (资料性附录) 整定计算所需资料 .....	35
附录C (规范性附录) 提资资料清单 .....	36
附录 D (规范性附录) 现场实测定值清单 .....	42
编制说明 .....	43

## 前 言

新一代大型同步调相机具有暂动态性能好、强励能力突出等特点，可以满足电网对动态无功支撑的特殊需求，进一步提升电网的安全稳定性。为规范大型调相机变压器组继电保护的整定计算原则和方法，提高调相机变压器继电保护装置的可靠性，保障电气设备的安全及维持电力系统的稳定运行，特制定本标准。

本标准由国家电网有限公司国家电力调度控制中心提出并解释。

本标准由国家电网有限公司科技部归口。

本标准起草单位：国网江苏省电力有限公司、国家电网公司华东分部、国家电网公司华北分部、国家电网公司华中分部、国家电网公司西北分部分部，中国电科院、南京南瑞继保电气有限公司

本标准主要起草人：张志、蒋琛、王业、柳焕章、李天华、孙集伟、王晓阳、刘宇、崔玉、吴奕、王英英、张健康、杨慧敏、桂强、刘丹、翟学锋、范立新、李辰龙、杨宏宇、杜云龙、徐宁、季遥遥、庄民峰、易新、曹海欧、熊炜、刘亚南、单华、陈俊、王光、郭自刚

本标准首次发布

本标准在执行过程中的意见或建议反馈至国家电网有限公司科技部。

# 大型调相机变压器组继电保护整定计算导则

## 1 范围

本标准规定了大容量(300Mvar及以上)同步调相机变压器组继电保护的整定计算原则和方法。

本标准适用于220kV及以上大容量调相机变压器组继电保护装置的设计、研发、调试和运行维护。小容量、低电压等级调相机变压器组继电保护装置整定计算可参照执行。

## 2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注明日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 14285—2006 继电保护和安全自动装置技术规程

DL/T 684—2012 大型发电机变压器继电保护整定计算导则

DL/T 1309 大型发电机组涉网保护技术规范

Q/GDW 11767—2017 调相机变压器组保护技术规范

## 3 术语和定义

DL/T 1309和Q/GDW11767—2017 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**调相机启机保护** condenser start-up protection

调相机在静止变频器变频启动过程中反应定子绕组短路故障的保护。

### 3.2

**调相机低压解列保护** low voltage disconnection protection

调相机所并列系统高压侧失电再恢复过程中防止产生异步冲击电流的保护。

## 4 总则

4.1 本标准基于Q/GDW11767—2017 规定的调相机变压器组保护装置功能配置整定。

4.2 调相机变压器组保护包括调相机保护、变压器保护、励磁变保护以及转子一点接地保护，保护二次回路接线参见附录A。其中调相机保护包含调相机完全纵差保护、调相机定子匝间保护、调相机复压过流保护、零序电压定子接地保护(含基波和三次谐波式)、注入式定子接地保护、定子过负荷保护、负序过负荷保护、励磁绕组过负荷保护、失磁保护、低压解列保护、过电压保护、过励磁保护、调相机启机保护、调相机误上电保护；变压器保护包括变压器差动保护、主变高压侧复压过流保护、主变高压侧(中性点)零序过流保护、过励磁保护、断路器断口闪络保护、断路器非全相保护；励磁变保护包括励磁变差动保护、励磁变过流保护；转子一点接地保护双重化独立配置，包括“乒乓式”转子一点接地、“注入式”转子一点接地保护。

- 4.3 调相机变压器组整定计算所需资料参见附录B，短路电流按照DL/T684-2012中3.7原则计算。
- 4.4 设计院、调相机厂、变压器厂、保护厂家、工程组织方应根据附录C要求提供正式盖章版清单，提资材料应充分考虑设备裕度。
- 4.5 调相机变压器组保护定值分为固定定值、实测定值和开放定值。固定定值与系统配合无关，由厂家在装置出厂时固化；实测定值需保护厂家到现场根据调相机实际运行情况实测，运维单位负责核对其正确性，实测定值清单见附录D；开放定值涉及一次设备参数或需与其他保护配合，需设备管理单位按照GB/T14285—2006规定以及本标准要求进行整定。
- 4.6 调相机变压器组保护控制字由设备管理单位根据运行需要进行整定。
- 4.7 调相机变压器保护、转子一点接地保护跳闸矩阵应由设计院提供，设备运维单位应根据现场工程实际设定。
- 4.8 除特殊说明外，本标准列出的计算公式，无论用有名值或标么值进行计算，其计算结果应以二次侧有名值的形式给出。

## 5 调相机保护的整定计算

### 5.1 调相机完全纵差动保护

#### 5.1.1 调相机比率制动式完全纵差保护

##### 5.1.1.1 基本原理

调相机完全纵差保护反应调相机及其引出线的相间短路故障，如式(1)所示。

$$\begin{cases} I_{op} = \frac{1}{n_a} |I_1 - I_{II}| \\ I_{res} = \frac{1}{n_a} \frac{|I_1 + I_{II}|}{2} \end{cases} \quad (1)$$

式中：

$I_p$ ——动作电流；

$n_a$ ——电流互感器变比

$I$ ——从调相机中性点N流入调相机的中性点电流；

$I$ ——流出调相机的机端电流；

$I$ ——制动电流

制动特性用动作方程来描述时，动作区的表示式参见式(2)。

$$\begin{cases} I_{op} \geq I_s & (I_{res} \leq I \text{ 时}) \\ I_{op} \geq I_s + S(I_{res} - I_t) & (I_{res} > I \text{ 时}) \end{cases} \quad (2)$$

式中：

$I$ ——动作电流；

$I_s$ ——纵差启动电流；

$S$ ——比率制动特性斜率；

$I_{es}$ ——制动电流；

$I_4$ ——拐点电流。

### 5.1.1.2 整定计算

#### 5.1.1.2.1 调相机二次额定电流

调相机机端一、二次额定电流计算，如式(3)所示。

$$\begin{cases} I_{GN} = \frac{Q_N}{\sqrt{3}U_N} \\ I_{gn} = \frac{I_{GN}}{n_a} \end{cases} \quad (3)$$

式中：

$I_{av}$ ——调相机的一次额定电流；

$Q$ ——调相机的额定功率，Mvar；

$U_x$ ——调相机的额定相间电压，kV；

$I_m$ ——调相机的二次额定电流；

$n_a$ ——电流互感器变比。

#### 5.1.1.2.2 纵差启动电流

按躲过正常调相机额定负载时的最大不平衡电流计算，如式(4)所示， $K$ 取2.0时， $I_1$ 应大于0.24Ig。该定值固定取0.3I。在正常工况下若二次回路测出不平衡电流较大，则应查明原因。

$$I_5 \geq K_1(K + \Delta m) I_{gn} \quad (4)$$

式中：

$I_2$ ——纵差启动电流；

$K$ ——可靠系数，取1.5~2.0；

$K_a$ ——CT综合误差，取0.1；

$\Delta m$ ——装置通道调整误差引起的不平衡电流系数，取0.02。

### 5.1.1.2.3 拐点电流

拐点电流 $I$ 与设计原理相关，应由保护厂家设定，在装置内部固化。

### 5.1.1.2.4 制动特性斜率

制动特性斜率 $S$ 与设计原理相关，应由保护厂家设定，在装置内部固化。

### 5.1.1.2.5 灵敏度校验

按上述原则整定的比率制动特性，当调相机机端两相金属性短路时，差动保护的灵敏系数满足 $K_n \geq 2.0$ 的要求，可不进行灵敏度校验。

### 5.1.1.2.6 差动速断动作电流

按躲过机组非同期合闸产生的最大不平衡电流整定，对大容量调相机，该定值固定取47m。

### 5.1.1.2.7 调相机差流越限定值

按躲过正常调相机额定负载时的最大不平衡电流整定，该定值固定取0.11

### 5.1.1.2.8 控制字

调相机差动速断、调相机比率差动、调相机CT断线闭锁比率差动、调相机工频变化量差动应投入。

## 5.1.2 调相机变斜率完全纵差保护

### 5.1.2.1 基本原理

调相机变斜率完全纵差保护的基本工作原理与比率制动式完全纵差保护相同，制动特性的动作区可用式(5)表示。

$$\begin{cases} I_{op} \geq I_s + (S_1 + S_{\Delta} \frac{I_{res}}{I_{gn}}) I_{res} & (I_{res} \leq nI_{gn} \text{时}) \\ I_{op} \geq I_s + (S_1 + nS_{\Delta}) nI_{gn} + S_2 (I_{res} - nI_{gn}) & (I_{res} > nI_{gn} \text{时}) \end{cases} \quad (5)$$

式中：

$I_{op}$ ——动作电流；

$I$ ——制动电流；

$I_s$ ——最小动作电流；

$S_1$ ——起始斜率；

$S_2$ ——最大斜率；

$n$  ——常数，具体值参见保护厂家技术说明书；

$I_{2n}$ ——调相机的二次额定电流；

SA——比率制动系数增量， $S_{\Delta} = \frac{S_2 - S_1}{2n}$ 。

### 5.1.2.2 整定计算

#### 5.1.2.2.1 比率差动起始斜率

比率差动起始斜率 $S_1$ 与设计原理相关，应由保护厂家设定，在装置内部固化。

#### 5.1.2.2.2 纵差启动电流

按躲过正常调相机额定负载时的最大不平衡电流整定，计算过程参见式(4)，该定值固定取0.31。

对于正常工作情况下回路不平衡电流较大的情况，应查明原因。

#### 5.1.2.2.3 比率差动最大斜率

比率差动最大斜率 $S_2$ 与设计原理相关，应由保护厂家设定，在装置内部固化。

#### 5.1.2.2.4 灵敏度校验

按上述计算设定的整定值， $K_{sen}$ 总能满足要求，可不进行灵敏度校验。

#### 5.1.2.2.5 差动速断动作电流

按躲过机组非同期合闸产生的最大不平衡电流整定，对大容量调相机，该定值固定取41。

#### 5.1.2.2.6 调相机差流越限定值

按躲过正常调相机额定负载时的最大不平衡电流整定，该定值固定取0.11。

#### 5.1.2.2.7 控制字

调相机差动速断、调相机比率差动、调相机CT断线闭锁比率差动、调相机工频变化量差动应投入。

## 5.2 调相机定子匝间保护

### 5.2.1 基本原理

调相机定子绕组同分支匝间、同相不同分支间或不同相间短路时，会出现纵向（机端对中性点）零序电压，该电压由专用电压互感器（互感器一次中性点与调相机中性点相连，不接地）的开口三角绕组取得，为防止外部短路时误动作，可增设负序方向闭锁元件。

## 5.2.2 整定计算

### 5.2.2.1 纵向零压定值

纵向零压为实测定值，按躲过调相机正常运行时最大不平衡电压整定，如式(6)所示。若对应专用PT开口三角电压二次额定值为100V，初始值可取3V，实际值由现场根据调相机运行期间的现场实测值进行重新整定(并网状态或者满负荷情况下)，一般不小于1.5V。

$$U_{oop} = K_{re} U_{mb.ma} \quad (6)$$

式中：

$K_{re}$  ——取2.0~2.5；

$U_{mb.mx}$  ——调相机正常运行时基波最大不平衡电压(可通过保护装置读取)或调相机正常运行时最大不平衡电压(可通过电压互感器二次侧绕组测出，但此时含有基波零序电压和三次谐波电压)。

### 5.2.2.2 纵向零压延时

按躲过专用PT一次侧断线的判定时间整定，该定值固定取0.2s。

### 5.2.2.3 控制字

纵向零压匝间保护、纵向零压回路异常监视应投入，负序变化量方向匝间保护可不投入。

## 5.3 调相机复压过流保护

### 5.3.1 基本原理

当调相机发生区内或区外的相间短路故障，机端电流超过门槛且出现复合电压(低电压、负序电压)时，作为调相机变压器内部故障的后备保护。

### 5.3.2 过流保护整定计算

#### 5.3.2.1 动作电流定值

按调相机额定负荷下可靠返回的条件整定，如式(7)所示，当 $K_1$ 取1.3、 $K_2$ 取0.95时， $I_{op}$ 为1.371，该定值固定取1.4I。

$$I_{op} = \frac{K_{rel} I_{gn}}{K_r n_a} \quad (7)$$

式中：

$K_1$  ——可靠系数，取1.3~1.5；

$I_m$  ——调相机的二次额定电流；

$K_1$ ——返回系数，取0.9~0.95；

$n_4$ ——电流互感器变比。

### 5.3.2.2 动作时限

复压过流保护动作时间为开放定值，与变压器后备保护动作时间配合。

### 5.3.2.3 电流记忆

当调相机为自并励磁方式时，电流记忆功能应投入，记忆时间应长于动作时限；该记忆时间应由保护厂家设定，在装置内部固化。

### 5.3.2.4 灵敏系数校验

按主变压器高压侧母线两相短路的条件校验，要求灵敏系数 $K \geq 1.3$ ，计算过程参见式(8)。

$$K_{\text{sen}} = \frac{I_{\text{k.min}}^{(2)}}{I_{\text{op}} n_a} \quad (8)$$

式中：

$I_{\text{k}}$ ——变压器高压侧母线金属性两相短路时，流过保护的最小短路电流；

$I$ ——动作电流；

$n_a$ ——电流互感器变比

### 5.3.2.5 控制字

调相机过流保护、调相机过流经复压闭锁、电流记忆功能、调相机 PT 断线退出复压过流应投入。

## 5.3.3 复合电压元件整定计算

### 5.3.3.1 低电压定值

取机端线电压，按躲过调相机失磁时最低机端电压整定，计算过程参见式(9)，该定值固定取0.7 $U_N$ 。

$$U_{\text{op}} = \frac{(0.6 \sim 0.7) U_N}{n_v} \quad (9)$$

式中：

$U_N$ ——调相机的一次额定线电压；

$n_v$ ——电压互感器变比。

### 5.3.3.2 低电压灵敏系数

按变压器高压侧母线三相短路的条件校验，要求灵敏系数 $K \geq 1.2$ ，计算过程参见式(10)。

$$K_{\text{sen}} = \frac{U_{\text{op}} n_v}{U_k} \quad (10)$$

式中：

$U$ ——机端线电压；

$n_v$ ——电压互感器变比；

$U_k$ ——主变高压侧出口三相短路时机端线电压。

### 5.3.3.3 负序电压定值

接机端相电压，按躲过调相机正常运行时的不平衡电压整定，计算过程参见式(11)，当二次额定电压为57.7V时，该定值固定取4V。

$$U_{\text{op.2}} = \frac{(0.06 \sim 0.08)}{n_v} U \quad (11)$$

式中：

$U$ ——调相机的额定相电压；

$n_v$ ——电压互感器变比。

### 5.3.3.4 负序电压灵敏系数

按主变压器高压侧母线两相短路的条件校验，要求灵敏系数 $K_{\text{cn}} \geq 1.5$ ，计算过程参见式(12)。

$$K_{\text{sen}} = \frac{U_{2.\text{min}}}{U_{\text{op.2}} n_v} \quad (12)$$

式中：

$U_{2.\text{mi}}$ ——主变高压侧母线两相短路时，保护安装处的最小负序电压；

$U_{\text{m}_2}$ ——机端负序电压；

$n_v$ ——电压互感器变比。

## 5.4 零序电压定子接地保护

### 5.4.1 基波零序电压定子接地保护

#### 5.4.1.1 基本原理

调相机正常运行时，定子绕组对地的基波零序电压基本为零，通过测量调相机的基波零序电压，可以反映定子接地故障。对于高阻抗接地的调相机，当出现金属性接地故障时，基波零序电压与接地故障

位置近似成正比，接地故障位置越靠近机端，基波零序电压就越大。

#### 5.4.1.2 整定计算

##### 5.4.1.2.1 基波零序电压高定值

高定值段的动作电压应可靠躲过主变高压侧单相接地时的传递过电压，一般可取 $(15\% \sim 20\%) U_m$ ，该定值固定取 $20\% U_m$ ， $U_m$ 为机端单相金属性接地时中性点或机端的零序电压（二次值）。

##### 5.4.1.2.2 基波零序电压高定值延时

定子单相接地保护动作电压延时应与系统接地保护配合，若动作电压已躲过主变高压侧耦合到机端的零序电压，在可能的情况下延时应尽量取短，一般可取 $0.3 \sim 1.0s$ ，该定值固定取 $0.5s$ 。

##### 5.4.1.2.3 基波零序电压低定值

按躲过正常运行时的最大不平衡基波零序电压整定，如式(13)所示，一般可取 $U_{oop} = (5 \sim 10)\% U_{on}$ ，该定值固定取 $8\% U_m$ ， $U_m$ 应具有高压侧系统接地故障传递过电压防误动措施。

$$U_{oop} = K_e U_{omax} \quad (13)$$

式中：

$K$  —— 可靠系数，可取 $1.2 \sim 1.3$ ；

$U_{omax}$  —— 调相机并网后机端或中性点实测的最大不平衡基波零序电压；

##### 5.4.1.2.4 基波零序电压低定值延时

具有高压侧系统接地故障传递过电压防误动措施的保护装置，定子单相接地保护动作电压延时可取 $0.3 \sim 1.0s$ ；动作电压若低于主变高压侧耦合到机端的零序电压，延时应与高压侧接地保护配合。该定值固定取 $0.8s$ 。

##### 5.4.1.2.5 主变高零压闭锁基波

取主变高压侧电压互感器，考虑灵敏度配合，该定值固定取 $30V$ 。

##### 5.4.1.2.6 控制字

基波零序电压高定值段、接地零压回路异常监视应投入，基波零序电压低定值段跳闸宜投入、基波零序电压低定值段告警宜不投。

#### 5.4.2 三次谐波电压定子接地保护

##### 5.4.2.1 基本原理

对于 $100Mvar$ 及以上的调相机，为保障单相接地保护无动作死区（100%动作区），一般采用基波

零序过电压保护与三次谐波电压保护共同组成100%单相接地保护。

三次谐波电压单相接地保护原理，如式(14)所示：

$$\left| \frac{U_{3t}}{U_{3n}} \right| > \alpha_0 \quad (14)$$

式中：

$U_{3t}$ ——机端三次谐波电压；

$U_{3n}$ ——中性点三次谐波电压；

$\alpha_0$ ——最大三次谐波电压比值，需在调相机并网后进行现场实测。

### 5.4.2.2 整定计算

#### 5.4.2.2.1 三次谐波电压比

三次谐波电压比  $\alpha$  为现场实测定值，按  $\alpha = (1.2 \sim 1.5) \alpha_0$  整定，一般动作于告警。 $\alpha$  初值可设置为

1.5, 实际值由现场根据调相机并网后的  $\alpha_0$  实测值进行重新整定。

#### 5.4.2.2.2 三次谐波接地延时

该定值固定取3s。

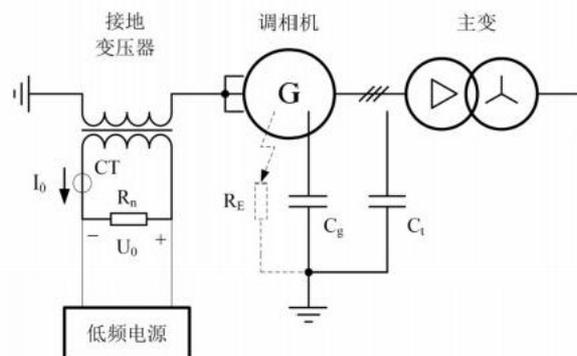
#### 5.4.2.2.3 控制字

三次谐波电压比告警应投入，三次谐波电压比跳闸宜不投。

## 5.5 注入式定子接地保护

### 5.5.1 基本原理

注入式定子接地保护原理图参见图1。保护装置通过测量  $U_0$  和  $I_0$ ，计算接地过渡电阻  $R_E$ ，从而实现100%的定子接地保护。



$R_g$ ——故障点的接地过渡电阻；

$C_8$ ——调相机定子绕组对地总电容；

$C_1$ ——调相机定子绕组外部连接设备对地总电容；

$R_4$ ——接地变压器负载电阻；

$U_0$ ——负载电阻两端电压；

$I_0$ ——电流互感器 CT 测量的电流。

图 1 外加20Hz 电源式定子接地保护原理接线图

## 5.5.2 整定计算

### 5.5.2.1 定子接地电阻

采用外加交流电源式100%定子绕组单相接地保护应可靠地反映接地过渡电阻值，接地电阻定值可取1~5k $\Omega$ ，分为高定值段和低定值段。

定子接地电阻为现场实测定值，可在调相机并网前静止状态下(所有安装工作已完成，定子绕组已通水)模拟中性点位置经过渡电阻的接地故障，由现场根据实测结果进行整定。

### 5.5.2.2 定子接地电阻延时

高定值段延时可取1~5s，动作于告警，该定值固定取5s；低定值段延时可取0.3~1.0s，动作于停机，该定值固定取0.5s。

### 5.5.2.3 安全电流

安全电流与机组冷却方式等设备情况有关，按照 DL/T684—2012 规定额定容量300MW 及以上发电机组，故障电流允许值为1A（一次值），当超过该定值并且小于定子接地电阻定值才出口跳闸。

由于一次电流需经变送器送到调相机变压器组保护装置且变送器变比不统一，该定值(二次值)应由现场整定，一次值宜为1A。

### 5.5.2.4 接地零序电流

接地零序电流判据反应的是流过调相机中性点接地线上的电流，作为电阻判据的后备，其动作值按保护距调相机机端80%~90%范围的定子绕组接地故障的原则整定。

动作电流计算过程，如式(15)所示。

$$I_{0.op} > \left( \frac{\alpha U_{Rn}}{R_n} \right) / n_a \quad (15)$$

式中：

$\alpha$ ——定子接地点至调相机中性点距离百分比，可取10%~20%；

$U_{gn}$ ——调相机额定电压时，机端发生金属性接地故障，负载电阻R。上的电压；

$R_0$ ——调相机中性点接地变压器二次侧负载电阻；

$n_4$ ——电流互感器变比，

接地零序电流为现场实测定值，式(15)中 $\alpha$ 宜取15%，其他参数由现场在调相机并网前根据实测结果进行整定。

#### 5.5.2.5 接地零序电流跳闸延时

接地零序电流判据动作时限一般可取0.3~1.0s，该定值固定取0.5s。

#### 5.5.2.6 其他保护定值

电压回路监视、电流回路监视、电阻折算系数、相角补偿值、电抗补偿值、电阻补偿值、并联电阻补偿值为现场实测定值，由现场在调相机并网前根据实测结果进行整定。

变高零压闭锁注入式、机端零压闭锁注入式、注入式定子接地CT二次值为保护厂家内部判断逻辑，应由保护厂家设定，在装置内部固化。

#### 5.5.2.7 控制字

定子接地电阻告警段、定子接地电阻跳闸段、定子接地零序电流应投入。注入式定子试验状态在调相机投入正常运行时应不投用。

### 5.6 调相机过励磁保护

#### 5.6.1 基本原理

调相机过励磁运行时，会造成铁心发热，漏磁增加，电流波形畸变，严重损害调相机安全。通过检测机端电压和频率的倍数以实现调相机过励磁保护功能。当调相机与主变压器之间有断路器时，应分别为调相机和变压器配置过励磁保护。

过励磁倍数如式(16)所示。

$$N = \frac{B}{B_n} = \frac{U/U_N}{f/f_N} = \frac{U_*}{f_*} \quad (16)$$

式中：

$U$ 、 $f$ ——运行电压及频率；

$U_x$ 、 $f_x$ ——调相机额定电压及频率；

$U_*$ 、 $f_*$ ——电压和频率的标幺值；

$B$ 、 $B_n$ ——磁通量及额定磁通量。

#### 5.6.2 整定计算

##### 5.6.2.1 定时限过励磁保护

###### 5.6.2.1.1 过励磁倍数

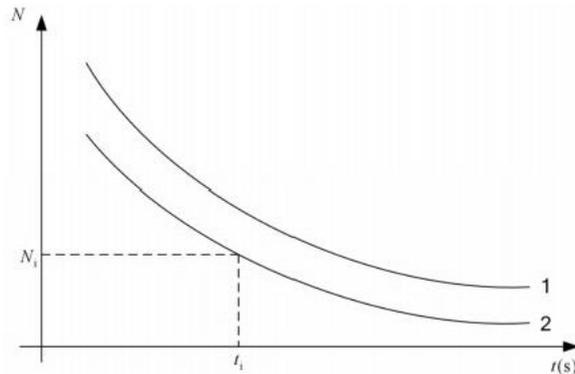
过励磁倍数为开放定值，设一段定值，动作于告警。按照躲过励磁调节器的动作定值整定，宜取1.07。

#### 5.6.2.1.2 过励磁时间

过励磁时间为开放定值，设一段时限。按照躲过调相机强励时间整定，宜取20s。

#### 5.6.2.2 反时限过励磁保护

反时限过励磁保护按调相机制造厂家提供的反时限过励磁特性曲线(参数)整定，如图2。



说明：

曲线1——主机厂家提供的调相机允许过励磁能力曲线；

曲线2——反时限过励磁保护动作整定曲线。

**图2 反时限过励磁保护动作整定曲线**

过励磁反时限动作曲线2一般不易用一个数学表达式来精确表达，而是用分段式内插法来确定 $N(t)$ 的关系，拟合曲线2。一般在曲线2上设定7~10个分点 $(N_i, t_i), i=1, 2, 3, \dots$ 。原则是曲率大处，分点设的密一些。设分点顺序要求如式(17) (18)所示。

$$N > N_i, t_i < t < t_{i+1} \quad (17)$$

$$\text{或 } N_i < N < N_{i+1}, t > t_i \quad (18)$$

反时限过励磁保护为开放定值，由于各厂家调相机过励磁曲线差异较大，根据实际过励磁曲线整定并考虑一定的裕度。

#### 5.6.2.3 控制字

过励磁保护应投入。

### 5.7 调相机过电压保护

#### 5.7.1 基本原理

通过检测机端电压，防止调相机机端过电压对定子绕组绝缘造成破坏。调相机制造厂提供的允许过电压能力、定子绕组绝缘应满足整定要求。

## 5.7.2 整定计算

### 5.7.2.1 调相机过电压 I 段

#### 5.7.2.1.1 过电压 I 段定值

按照调相机定子过电压承受能力整定，该定值固定取 $1.3U_n$ ， $U_h$  为调相机的二次额定线电压。

#### 5.7.2.1.2 过电压 I 段延时

与交流滤波器过电压保护延时配合，该定值固定取 $0.6s$ 。

#### 5.7.2.1.3 控制字

调相机过电压保护 I 段应投入。

### 5.7.2.2 调相机过电压 II 段

#### 5.7.2.2.1 过电压 II 段定值

按照调相机定子过电压承受能力整定，动作于告警。该定值固定取 $1.09U_n$ ， $U_n$  为调相机二次额定线电压。

#### 5.7.2.2.2 过电压 II 段定值延时

应与系统无功补偿(交流滤波器、低容、低抗等)控制配合，该定值固定取 $18s$ 。

#### 5.7.2.2.3 控制字

调相机过电压保护 II 段应投入。

## 5.8 调相机失磁保护

### 5.8.1 基本原理

失磁保护反应调相机励磁系统异常或者失磁故障。失磁保护 I 段主要反应调相机部分失磁，防止系统母线低电压时调相机进相运行；失磁保护 II 段主要反应调相机全失磁。

### 5.8.2 整定计算

#### 5.8.2.1 失磁保护 I 段

##### 5.8.2.1.1 逆无功功率 I 段百分比

按躲过调相机部分失磁运行工况下无功整定，计算过程参见式(19)，该定值固定取额定容量的 $11\%$ 。

$$O=100\times K_m\times Q/Q \quad (19)$$

式中：

$K_e$ ——可靠系数，取 $1.1\sim 1.2$ ；

$Q$ ——调相机部分失磁进相运行时反向无功；

$Q$ ——调相机额定无功功率。

#### 5.8.2.1.2 母线低电压

防止由调相机低励失磁故障引发无功储备不足的系统电压崩溃，造成大面积停电，母线三相同同时低电压计算过程参见式(20)，该定值固定取 $0.9U_{Hmin}$ 。

$$U_{op3ph}=(0.85\sim 0.95)U_{Hmin} \quad (20)$$

式中：

$U_{Hmin}$ ——高压母线最低正常运行电压。

#### 5.8.2.1.3 机端低电压

为确保调相机部分失磁时保护可靠动作，母线低电压判据与机端低电压判据任一条件满足，失磁保护I段均能正确动作，该定值固定取 $0.9U_x$ 。

#### 5.8.2.1.4 失磁保护I段延时

防止系统电压波动导致失磁保护I段误动，该定值固定取 $1s$ 。

#### 5.8.2.1.5 控制字

失磁保护I段根据实际情况并经专业评估后选择是否投入。

#### 5.8.2.1.6 特殊说明

调相机原则上不参与系统无功调节，若调相机参与无功调节，应考虑失磁I段定值可靠性。当正常运行且调相机深度进相时，若调相机机端电压低于额定电压95%，失磁I段宜退出。

### 5.8.2.2 失磁保护II段

#### 5.8.2.2.1 逆无功功率II段百分比

按躲过调相机深度进相运行工况下无功整定，计算过程参见式(21)。逆无功功率II段百分比为开放定值，需在并网状态下通过全失磁试验验证调相机最大深度进相能力，以确保该定值可靠性及灵敏性。

$$Q=100\times K\times Q1Q \quad (21)$$

式中：

$K_e$ ——可靠系数，一般取 $1.1\sim 1.2$ ；

$Q_1$ ——调相机额定深度进相运行时反向无功，一般为额定容量的50%；

$Q_c$ ——调相机额定无功功率。

#### 5.8.2.2.2 励磁低电压定值

励磁低电压动作值按躲调相机额定深度进相运行工况下转子电压条件整定，计算过程参见式(22)。励磁低电压为现场实测定值，初始值可根据厂家提供的额定进相深度励磁电压整定，实际值根据调相机并网状态下深度进相试验进行重新整定。

$$U_{aop} = K_1 \times U_p \quad (22)$$

式中：

$K$ ——可靠系数，一般取0.8~0.9；

$U$ ，——调相机最大深度进相时的转子电压。

#### 5.8.2.2.3 母线高电压定值

调相机全失磁时对调相机本体无危害，为提升系统无功保障能力，增加母线高电压闭锁条件，该定值固定取1.1 $U_e$ ，母线电压高于1.1 $U_e$ 时失磁保护只告警不跳闸，母线电压低于1.1 $U_e$ 开放跳闸。

#### 5.8.2.2.4 失磁保护Ⅰ段延时

防止系统电压波动导致失磁保护ⅠⅡ段误动，该定值固定取2s。

#### 5.8.2.2.5 控制字

失磁保护Ⅱ段应投入。

### 5.9 调相机定子过负荷保护

#### 5.9.1 基本原理

反应调相机定子绕组的平均发热状况。定子过负荷保护由定时限和反时限组成，定时限设一段。反时限特性曲线由三部分即下限段、反时限段和上限段组成。

下限段设电流启动值，当电流大于启动电流时，保护开始热积累，当电流小于启动电流且原先已有热量积累时，则开始散热过程。

#### 5.9.2 整定计算

##### 5.9.2.1 定子定时限过负荷

###### 5.9.2.1.1 定子定时限过负荷告警定值

定子定时限过负荷告警为开放定值，按调相机长期允许的负荷电流下能可靠返回的条件整定计算过程参见式(23)。

$$I_{op} = \frac{K_{rel} I_{GN}}{K_r n_a} \quad (23)$$

式中:

K——可靠系数,可取1.05;

$I_{av}$ ——调相机的一次额定电流;

$K_1$ ——返回系数,可取0.9~0.97;

$n_a$ ——电流互感器变比

#### 5.9.2.1.2 定子定时限过负荷告警延时

保护延时按躲过调相机强励时间整定,该定值固定取20s。

#### 5.9.2.2 定子反时限过负荷

##### 5.9.2.2.1 基本原理

反时限过负荷保护的動作特性,即过电流倍数与相应的允许持续时间的关系,由制造厂家提供的定子绕组允许的过负荷能力确定。

定子过负荷保护反时限的動作判据计算过程参见式(24)。

$$\left. \begin{array}{l} I_{\max} > I_{12} \\ \left[ \left( I_{\max} / I_{gn} \right)^2 - \alpha_1^2 \right] \cdot t > K_1 \end{array} \right\} \quad (24)$$

式中:

$I_{mx}$ ——调相机最大相的电流值;

$I_2$ ——调相机定子反时限启动电流定值;

$I$ ——调相机的二次额定电流;

$\alpha_1$ ——定子绕组发热同时的散热系数(标么值);

$t$ ——保护延时元件,即允许的定子过负荷时间;

$K_1$ ——调相机定子绕组热容量常数。

##### 5.9.2.2.2 定子反时限启动电流

定子反时限启动电流为开放定值,根据调相机厂家提供的过负荷曲线,按照调相机长期允许的定子过负荷能可靠返回的条件整定,为保障可靠动作允许一定的保护死区。

##### 5.9.2.2.3 定子绕组散热系数

由调相机厂家提供的定子绕组允许的过负荷能力确定,散热系数一般可取1.02~1.05,该定值固定取1.02。

##### 5.9.2.2.4 定子绕组热容量系数

定子绕组热容量系数为开放定值，由调相机厂家提供的定子绕组允许的过负荷曲线确定，过负荷能力(即热容量系数)应超过调相机最大定子强励能力即3.5倍额定定子电流以及强励时间15s的要求，同时应考虑0.5s的调相机整组动作时间。

#### 5.9.2.2.5 定子反时限上限时间

根据定子绕组热容量确定，该定值固定取0.5s。

#### 5.9.2.3 控制字

定子过负荷保护应投入。

### 5.10 调相机负序过负荷保护

#### 5.10.1 基本原理

调相机负序过负荷保护，即转子表层过负荷，用于保护调相机转子以防表面过热，反应定子绕组的负序电流大小。保护由定时限和反时限两部分组成，定时限段告警，反时限特性曲线由三部分组成，即下限段、反时限段和上限段。负序电流大于下限启动值时启动反时限，反时限热积累值大于热积累定值时，保护动作。若负序电流小于下限启动值时，则对原先已积累的热量开始散热。

#### 5.10.2 整定计算

##### 5.10.2.1 负序定时限过负荷

###### 5.10.2.1.1 定时限过负荷告警电流定值

定时限过负荷告警电流为开放定值，保护的動作电流按调相机长期允许的负序电流 $I_2$ 。下能可靠返回的条件整定，计算过程参见式(25)。

$$I_{2.op} = \frac{K_{rel} I_{2\infty} I_{GN}}{K_1 n_a} \quad (25)$$

式中：

$K$ ——可靠系数，可取1.1；

$I_{20}$ ——调相机长期允许的负序电流，标么值；

$I_{GN}$ ——调相机的一次额定电流；

$K_1$ ——返回系数，可取0.9~0.95；

$n_a$ ——电流互感器变比，

###### 5.10.2.1.2 定时限过负荷告警延时

按躲过后备保护的最大延时整定，该定值固定取5s。

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：

<https://d.book118.com/548006022052006061>