

ICS 29.160.20

K 20

备案号: 33088-2011

**DL**

# 中华人民共和国电力行业标准

DL/T 294.1 — 2011

---

## 发电机灭磁及转子过电压保护 装置技术条件 第1部分: 磁场断路器

Specification for equipment of de-excitation and  
over voltage protection for generators  
Part 1: Field circuit breaker

2011-07-28 发布

2011-11-01 实施

---

国家能源局 发布





## 目 次

前言 .....	II
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	1
4 基本技术要求 .....	3
5 试验方法 .....	5
6 检验规则 .....	6
7 技术文件 .....	7
8 包装、运输和贮存 .....	7

## 前 言

本标准对励磁系统磁场断路器术语和定义进行了规范；对用于大容量发电机组的磁场断路器有关参数和性能进行了限定；对磁场断路器的性能特性给出了统一的试验方法。本标准在设计人员选择发电机灭磁用磁场断路器提供了一定的依据，对于每台磁场断路器必须配备的标志内容及需要附上的使用说明书内容都做了详细说明，还对磁场断路器的检验、包装和运输提出了相应要求。

本标准是《发电机灭磁及转子过电压保护装置技术条件》的第1部分。

本标准由中国电力企业联合会提出。

本标准由电力行业水电站自动化标准化技术委员会归口。

本标准起草单位：国网电力科学研究院、国电南瑞科技股份有限公司。

本标准起草人：许和平、彭辉、宣自平、许其品。

本标准在执行过程中的意见或建议反馈至中国电力企业联合会标准化管理中心（北京市白广路二条一号，100761）。

# 发电机灭磁及转子过电压保护装置技术条件

## 第 1 部分 磁场断路器

### 1 范围

本标准规定了大中型同步发电机（简称发电机）灭磁及转子过电压保护装置中的磁场断路器使用的术语和定义、基本技术要求、试验方法、检验规则、技术文件、包装、运输和贮存等规定。

本标准适用于单机容量为 10MW 及以上发电机灭磁及转子过电压保护装置的磁场断路器使用与订货要求。

### 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。

DL/T 489 大中型水轮发电机静止整流励磁系统及装置试验规程

ANSI C37.100 DEFINITIONS FOR POWER SWITCHGEAR

IEEE C37.18 Standard Enclosed Field Discharge Circuit Breakers for Rotating Electric Machinery

IEEE C37.14 Low-Voltage DC Power Circuit Breakers Used in Enclosures

IEEE 421.1 IEEE Standard Definitions for Excitation Systems for Synchronous Machines

IEEE 421.2 Guide for Identification, Testing, and Evaluation of the Dynamic Performance of Excitation Control Systems

### 3 术语和定义

本标准中，名词定义或者在这些文件中引用到的 ANSI 标准的定义，不包含这个名词全部正规的意义。它只适用在本标准中处理的项目用。对于其他的定义可参考 ANSI C37.100 电力开关装置的定义、ANSI/IEEE C37.18-1979 (R2003) 用于旋转电机的封闭式磁场放电断路器标准和定义、IEEE Std 421.1 同步发电机励磁系统的定义和 IEEE Std 421.2 励磁系统控制系统动态性能的鉴定、试验和评价指南。

下列术语和定义适用于本标准。

#### 3.1

**磁场断路器 field circuit breaker**

一种断路器，有给发电机、电动机、同步调相机或旋转励磁机的磁场电流接通和切断的主触头，还有在断路器主触头断开前，用放电电阻器将磁场短路的放电触头。这个放电触头还能随主触头闭合，使放电电阻与磁场断开，对于直流发电机，这个放电触头可以在主触头接通之前断开。放电触头不是必须的，可以使用跨接器（代替放电触头，在灭磁或过压过程中将灭磁或过压保护电阻接入的开关或晶闸管等）代替放电触头。

#### 3.2

**额定电压 ( $U_N$ ) rated voltage**

在规定使用条件下，保证磁场断路器能够长期连续工作的最大电压值。

#### 3.3

**额定电流 ( $I_N$ ) rated current**

在规定的条件下，保证磁场断路器主触头满足表 1 的温升限制长期连续工作的电流值。

表1 温升的限制

绝 缘 等 级	高于外壳周围空气温度的温升限制 ℃	总的温度限制 ℃
A 级绝缘	65	105
E 级绝缘	80	120
B 级绝缘	90	130
F 级绝缘	115	155
H 级绝缘	140	180
断路器触头, 导电结点和其他部件	85	125
连接端子	55	95

注: 连接端子温度是基于低压电力断路器用金属封闭母线的连接。假如用电缆连接, 必须给出电缆绝缘允许的温度限制和需要采取适当的测量方法。

## 3.4

**额定绝缘电压 ( $U_j$ ) rated isolation voltage**

在规定的条件下, 保证磁场断路器动合主触头在分断状态下主触头之间、主触头对地、主触头对弧触头和放电触头间不致引起绝缘击穿的电压。

## 3.5

**最大分断电流 ( $I_{max}$ ) maxium breaking current**

在规定的最大分断弧压条件下, 磁场断路器在分断时所能承受的最大电流 (在实际灭磁系统设计过程中, 应该根据磁场断路器厂家提供的参数结合实际运用场合所需要分断的最大电流以及对应该电流需要提供的最大弧压进行修正)。

## 3.6

**临界分断电流 ( $I_{min}$ ) minium breaking current**

在规定的条件下, 磁场断路器在分断时能够建立起稳定弧压时的最小工作电流。

## 3.7

**最大弧压 ( $U_{kmax}$ ) maxium breaking voltage**

在规定的条件下, 磁场断路器主弧触头在遮断最大分断电流  $I_{max}$  时断口上所产生的最大直流电压分量。这个电压包括由于电机电枢中的电流感应产生的电压 (在实际灭磁系统设计过程中, 应该根据磁场断路器厂家提供的参数结合实际运用场合所需要分断的最大电流以及灭磁电阻在该电流下的残压进行修正)。

## 3.8

**额定短时电流 rated transient current**

磁场断路器的主触头和放电触头的短时电流额定值, 是指这些触头在规定的时间内流过给定直流电流时, 无论是对磁场断路器主触头温升或者对磁场断路器分断性能, 都不产生不利的影响。此试验应能证明开关短时经受电流的能力。

## 3.9

**主触头的额定 1/2s 短时电流 main contact rated transient current for 0.5s**

磁场断路器的主触头的额定 1/2s 短时电流是断路器主触头允许在 1/2s 时间内流过的最大直流电流。

## 3.10

**放电触头的额定 15s 短时电流 discharge contact rated transient current for 15s**

放电触头的额定 15s 短时电流是磁场放电触头在 15s 时间内允许流过的直流平均电流, 触头温升应

满足表 1 要求。

### 3.11

放电触头的额定 1/2s 短时电流 **discharge contact rated transient current for 0.5s**

放电触头的额定 1/2s 短时电流，是在 1/2s 时间内放电触头允许流过的最大直流电流。

### 3.12

短路分断电流 **cut-off current**

磁场断路器的短路分断电流是指在磁场断路器输出侧发生短路时，磁场断路器能够分断的最大电流值。

## 4 基本技术要求

### 4.1 使用条件

符合这个标准的磁场断路器，应该能在包括所有标准额定值下正常运行。

- a) 海拔高度不超过 2000m（超过 2000m，有关参数指标应按表 2 进行修正）；
- b) 环境最高温度不高于 40℃；
- c) 环境最低温度不低于 -5℃；
- d) 安装点最湿月的月平均最大相对湿度不超过 90%，同时该月的月平均最低温度不超过 25℃，要求由于温度变化产品表面没有凝露；
- e) 安装点应无爆炸危险的介质，无腐蚀金属和破坏绝缘的气体，无水淋日晒，且保持周围清洁，振动频率在 10Hz~150Hz 时，振动加速度不大于 5m/s<sup>2</sup>；
- f) 磁场断路器应垂直安装在柜体内的支架上。

无论何种使用条件，如果偏离本节中的上述规定，用户与制造商要协商，在型式试验中列出需要另外注意的某些条件。当使用条件不符合上述情况，用户有特殊要求时，由用户与供货方商定。

表 2 高度修正因数

海拔高度 m	额定修正系数	
	持续电流	电 压
2000	1.00	1.00
2600	0.99	0.95
3900	0.96	0.80

### 4.2 性能

#### 4.2.1 电气性能

##### 4.2.1.1 绝缘要求

##### 4.2.1.1.1 温度限制

温度限制是磁场断路器的基本额定值，它取决于所用的绝缘材料、所用的通流部件和弹簧等部件的性能。见表 1。

##### 4.2.1.1.2 温升限制

上述磁场断路器的各种部件高于磁场断路器试验外壳周围空气温度的可观测温升，要符合这个标准，不应超出表 1 的值。这个表仅适用于所有采用表面镀银的、银质的、银合金或者相当的触头。此外，还包括所有活动的或固定的导电结点，包括连接端子，它们可以是采用表面镀银和机械夹卡的、铜焊的、银焊的或者固定的钢性机动点的表面采用除了银之外的相应材料处理的。

##### 4.2.1.1.3 绝缘材料的等级

见表 1。为了规定温度限制的目的，绝缘材料分为如下等级。

E 级绝缘：诸如棉纱、丝绸和没有浸渍的纸质材料或材料的组合，其他材料或材料的组合。根据经验或者可接受的试验，证明它们可以在 90℃ 运行，也包括在这个等级里。

A 级绝缘：诸如棉纱、丝绸和经过适当浸渍的或者外涂的，或者用绝缘液体诸如油浸过的纸的材料或材料的组合，根据经验或者经过可接受的试验，证明能够运行在 105℃ 的其他材料或者材料的组合。也包括在这个等级里。

B 级绝缘：诸如云母、玻璃纤维、石棉等，用适当的材料粘结的材料或材料的组合。不必是无机的其他材料或者材料的组合，根据经验或者可接受的试验，证明它们能够可以运行在 130℃，也包括在这个等级里。

F 级绝缘：诸如云母、玻璃纤维、石棉等，用适当的材料粘结的材料或材料的组合。不必是无机的其他材料或者材料的组合，根据经验或者可接受的试验，证明它们能够运行在 155℃，也包括在这个等级里。

H 级绝缘：诸如硅树脂合成橡胶、云母、玻璃纤维、石棉等，用适当材料诸如适当的硅树脂粘结的材料或材料的组合，其他材料或材料的组合，根据经验或者可接受的试验，证明它们能够运行在 180℃，也包括在这个等级里。

4.2.1.2 绝缘耐压

介电性能试验电压值见表 3。

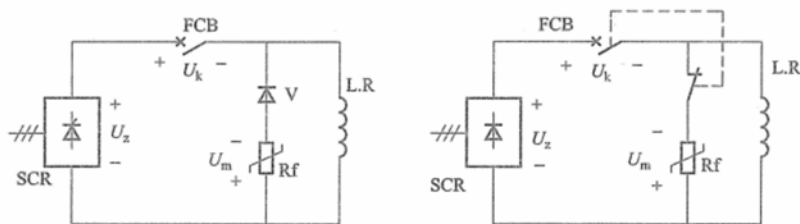
表 3 介电性能试验电压值

试 验 电 路	主 电 路		控 制 电 路
试验电压（有效值） V	$U_N < 500$	$10 U_N$	2000
	$U_N \geq 500$	$2 U_N + 4000$	
注： $U_N$ 为发电机的额定励磁电压。			

4.2.1.3 电气分断能力

磁场断路器的最大弧压，是磁场断路器的主触头能够分断故障时的发电机转子电流最大值时所产生的最大弧压。磁场断路器的最大分断电流就是要求主触头分断发电机的电枢故障时的发电机转子电流的直流分量。磁场断路器的短路分断电流是指磁场断路器在输出侧短路时，磁场断路器的最大分断电流。

当采用图 1 所示的电路时，磁场断路器的最大分断电压应该满足式（1）的要求。



- SCR—三相晶闸管整流桥；
- FCB—单断口磁场断路器；
- L.R—发电机转子绕组；
- V—二极管；
- Rf—非线性灭磁电阻；
- $U_z$ —晶闸管整流桥输出电压；
- $U_k$ —磁场断路器开关电压（开关弧压）；
- $U_m$ —非线性灭磁电阻电压（灭磁电压）

图 1 两种典型的灭磁主回路图



$$U_{kmax} > U_{mmax} + U_{zmax} \quad (1)$$

式中:

- $U_{kmax}$  —— 磁场断路器的最大分断弧压;  
 $U_{mmax}$  —— 灭磁电阻两端的最大电压;  
 $U_{zmax}$  —— 晶闸管整流桥输出的最大电压。

#### 4.2.1.4 电气寿命

磁场断路器的电气寿命不小于 30 年。

#### 4.2.2 机械性能

##### 4.2.2.1 动作性能

- 磁场断路器在操作电源电压为 (80%~110%)  $U_e$  之间, 能可靠吸合; 在 (60%~75%)  $U_e$  之间, 能可靠断开。
- 磁场断路器在动合弧触头断开时, 其放电的动断触头应先闭合 (如有放电触头时)。
- 磁场断路器在动合弧触头关合时, 其放电的动断触头应后断开 (如有放电触头时)。
- 在使用多断口开关时, 不同断口间的同步性应在 3ms 以内。

注:  $U_e$  为磁场断路器的额定操作电压。

##### 4.2.2.2 机械寿命

磁场断路器的机械寿命不低于 10 000 次, 第一次维护前, 使用次数不少于 2000 次。

##### 4.2.2.3 辅助接点

磁场断路器的辅助触点宜在 6 对以上。

### 5 试验方法

#### 5.1 温升试验

根据 4.2.1.1 和 4.2.1.2 的要求, 进行现场实测温升试验。

#### 5.2 耐压/介电性能试验

按 DL/T 489—2006 的 5.1 内容的方法和要求进行。试验电压施加部位至少包括:

- 磁场断路器断开位置, 试验电压加在动触头与静触头之间;
- 磁场断路器闭合位置, 主电路与接地的底架 (或外壳) 之间;
- 磁场断路器闭合位置, 放电触头之间、不同极性的电极之间以及带电部件与接地金属部件之间;
- 控制电路与接地的底架 (或外壳) 之间。

#### 5.3 动作特性试验

主电路不通电, 按本标准 4 所规定的操作条件下验证。

5.3.1 磁场断路器应可靠闭合和断开 20 次, 如有后备分闸的备用脱扣应可靠断开各 10 次。

5.3.2 测量磁场断路器的固有闭合时间和固有分断时间。

5.3.3 磁场断路器断开时, 测定动合主、弧触头与动断触头的开、闭顺序。

#### 5.4 机械寿命试验

磁场断路器按正常位置安装后, 主电路不通电, 在额定控制电源电压下进行闭合和断开循环操作, 操作频率为 60 次/h, 每次通电时间为 0.2s, 试验 10 000 次, 其中如有后备分闸的备用脱扣断开次数为 200 次。试验期间不得有任何部件发生机械故障, 以致影响断路器的正常工作, 试验后零、部件应无破坏性损伤。

#### 5.5 电寿命试验

磁场断路器主电路在额定工作电压、额定工作电流及试验电路的电感不小于 0.9mH ( $I_e=800A$ ,  $I_e=1600A$ ) 或 0.2mH ( $I_e>1600A$ ) 的条件下, 以操作频率为 30 次/h 分别试验 500 次或 250 次。

#### 5.6 分断性能试验

在磁场断路器的主 (弧) 触头上做分断试验, 可在实际的励磁系统上或有适当容量整流器的试验室

中进行。磁场断路器的分断试验应该是在没有灭磁电阻的情况下进行的。

当分断试验是在试验室进行时,要提供试验的接线图及试验设备或器件的参数:用来改变电流数值的电阻器参数;用来提供与磁场放电断路器所接入的励磁电路等效的电感及电阻值。其他设备还包括:控制磁场直流电压的设备,用于保护试验电路备用的断路器和准确记录电流和电压波形的录波仪。用来确定分断性能的试验电路参数应如下述:

恢复电压,在分断后 8ms,应能建立不小于 95%规定分断性能的直流电压值,并且保持不小于 50ms。

证明分断额定电流的数值,应该是将断路器短路或省略时的最大值(试验电路的  $E/R$ )。

注:用于这些分断试验的试验电源的电感量应该不小于表 4 数值。

表 4 磁场断路器分断性能试验用电源的电感量与持续电流关系的规定

励磁系统持续电流额定值 A	电感值 mH
600	1.5
1600	0.9
4000~12 000	0.2

同步性试验,参见 DL/T 489。

### 5.7 导电性试验(参见 DL/T 489)

### 5.8 分断能力比对试验(选做)

由于在一般试验条件下无法模拟断路器在实际使用时的故障分断试验。因此可以采用比对的方法进行磁场断路器的性能验证。如在相同的条件下进行几个磁场断路器的分断能力比对。试验方法可以是:在有条件的实验室按照图 1 的接线,通过选择不同试验的参数[如水电 777MW 混流式机组,其参数大约为:转子电感 1.0H,电阻 0.1 $\Omega$  (75 $^{\circ}$ C)。额定励磁电流 4500A,额定励磁电压 480V,灭磁电阻容量 16MJ。火电机组 1000MW 参数大约为:转子电感 0.65H,电阻 0.075 $\Omega$  (75 $^{\circ}$ C)。额定励磁电流 6000A,额定励磁电压 450V,灭磁电阻容量 10MJ]进行试验。励磁电流根据试验室条件可设计在额定励磁电流的一定倍数上,原则上应大于 1 倍。励磁电压也可按此设定。试验分别测量磁场断路器断口电压和主、放电触头电流。无试验条件可在现场发电机上进行比对试验。

## 6 检验规则

磁场断路器的检验和试验分型式试验、定期试验和出厂检验三种。

### 6.1 型式试验

磁场断路器的型式试验在下列情况下进行:当磁场断路器的样机试制完成后;当磁场断路器转厂重复试制完成后;当磁场断路器的材料或工艺有改变,而这种改变可能影响其性能时,则应对型式试验的全部或部分试验项目重新进行。

#### 6.1.1 型式试验规则

用作型式试验的磁场断路器,必须是主要工艺装备齐全的正式试制样机,每个试验项目 1 台~2 台,承受试验的样机所有试验项目都能通过,才能认为磁场断路器的型式试验合格;否则必须分析原因,采取技术措施,甚至改进设计、工艺、工装等,重新进行试验,直到型式试验项目全部合格为止。

#### 6.1.2 型式试验项目

- 动作性能试验;
- 温升试验;
- 短时电流试验:主触头 1/2s 短时电流试验、放电触头 1/2s 和 15s 短时电流试验;
- 绝缘介电性能试验;

- e) 临界、额定及极限分断性能试验;
- f) 动断触头的接通性能试验;
- g) 机械寿命试验;
- h) 电寿命试验。

## 6.2 定期试验

对正式投入生产的磁场断路器, 应进行定期试验, 定期试验为每 8 年 1 次。

### 6.2.1 定期试验规则

用作定期试验的磁场断路器, 必须从出厂检验合格的成批产品中任意抽取, 每个试验项目 1 台~2 台, 试验项目见 6.1.2 规定。承受试验的样机所有试验项目都能通过, 才能认为磁场断路器的定期试验合格。如有一项不合格, 则允许对该项目按原抽样数量加倍复试, 若复试中全部合格, 则可以认为定期试验通过, 如仍出现一项不合格, 则定期试验不合格。

### 6.2.2 定期试验项目 (与 6.1.2 相同)

## 6.3 出厂检验

每台产品必须按常规试验进行出厂检验。

### 6.3.1 常规试验规则

常规试验是磁场断路器生产过程的后续工序, 必须对每台产品进行试验。

### 6.3.2 常规试验项目

- 6.3.2.1 动作性能试验见 5.3 条。
- 6.3.2.2 操作和二次接线检查试验。
- 6.3.2.3 工频耐压试验见 5.2 条。
- 6.3.2.4 磁场断路器与灭磁电阻的配合换流试验 (选做)。

## 7 技术文件

### 7.1 标志

7.1.1 每台磁场断路器应在适当明显位置固定具有下列内容的技术数据标牌:

- a) 制造厂名;
- b) 产品名称;
- c) 产品型号;
- d) 制造日期;
- e) 额定工作电压、额定工作电流、额定控制电源电压等技术数据。

7.1.2 磁场断路器要有明显的标识表示其分、合闸位置。

### 7.2 使用说明书

产品使用说明书应包含如下内容:

- a) 产品名称、产品标准编号、商标等;
- b) 产品结构、原理、性能、用途、规格、型号以及安装和调整、维护、保养等。

## 8 包装、运输和贮存

### 8.1 包装

磁场断路器的包装应利用其安装孔用螺钉紧固在包装木箱底部的木方上, 以保证产品在运输时不受到损坏。包装箱要有防水、防潮措施; 箱内还应附有产品备件、产品合格证、使用说明书、测试记录及装箱清单。每台断路器包装箱的外表, 应有明显、耐久的文字及标志, 其内容包括:

- a) 制造厂厂名;
- b) 收货单位、地址;

- c) 产品型号及名称;
- d) 毛重、净重;
- e) 包装箱尺寸: 长×宽×高;
- f) 标有“向上”、“防潮”、“易碎”等字样或标志。

## 8.2 运输

在运输及装卸过程中, 应按包装箱上的标志及有关规则进行。

## 8.3 贮存

磁场断路器应放置在环境温度为 $-25^{\circ}\text{C}\sim 40^{\circ}\text{C}$ , 空气相对湿度不大于80%, 无酸、碱、盐及腐蚀性、爆炸性气体且不受灰尘、雨雪侵害的环境中。

---







中 华 人 民 共 和 国  
电 力 行 业 标 准  
发电机灭磁及转子过电压保护  
装 置 技 术 条 件  
第 1 部分：磁场断路器  
DL/T 294.1—2011

\*

中国电力出版社出版、发行  
(北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)  
北京博图彩色印刷有限公司印刷

\*

2011 年 10 月第一版 2011 年 10 月北京第一次印刷  
880 毫米×1230 毫米 16 开本 0.75 印张 18 千字  
印数 0001—3000 册

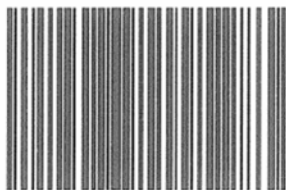
\*

统一书号 155123·687 定价 9.00 元

敬 告 读 者

本书封面贴有防伪标签，加热后中心图案消失  
本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究



155123.687

上架建议：规程规范/  
电力工程/火力发电