

GB/T 3859.1-1993

GB/T 3859.1-1993

GB/T 3859.1-1993

-



DH2000



WP4000



DP800

中华人民共和国国家标准

半导体变流器
基本要求的规定

GB/T 3859.1—93

代替 GB 3859—83

Semiconductor convertors
—Specification of basic requirements

要求的规定》。

1 主题内容与适用范围

1.1 主题内容

本标准规定了半导体电力变流器的有关定义、类型、参数、基本性能和试验要求。

1.2 适用范围

这里给出的仅是在本标准中使用的或主要的术语及其定义。有关电力电子技术方面的其它术语和定义,可参见 GB 2900.32、GB 2900.33 和 GB/T 3859.2。

3.1.1 一般术语

3.1.1.1 半导体器体 semiconductor device

基本特性由半导体内载流子的流动所决定的一种器件。

3.1.1.2 电力半导体二极管 power semiconductor diode

在电力变流器中使用的、具有不对称电压/电流特性的二端半导体器件。

3.1.1.3 晶闸管 thyristor

一种包括三个或更多个结,能从断态转入通态的双稳态半导体器件。

特别被广泛用于表示反向阻断三极晶闸管。

3.1.1.4 反向阻断三极晶闸管 reverse blocking triode thyristor

负阳极电压下不能导通,而呈现反向阻断特性的三端晶闸管。

3.1.1.5 反向导通三极晶闸管 reverse conducting triode thyristor

负阳极电压下不阻断,而在与正向通态电压大小相当的电压下能导通大的反向电流的三端晶闸管。

3.1.1.6 双向晶闸管 bidirectional triode thyristor

以改变。

3.1.1.17 可逆变器 reversible convertor

功率流动方向可逆的变流器。

3.1.1.18 单变流器 single convertor

连接于直流系统的可逆变器,其直流电流只能沿一个方向流动。

3.1.1.19 双变流器 double convertor

连接于直流系统,由两个变流器组成的可逆变器,每组分别通过一个方向的电流

3.1.1.20 (双变流器的)变流组 convertor section (of double convertor)

双变流器中,两个变流器串联,该部分的直流电流且沿同一方向流动

变流器联结的一种,其交流电路每相端子的电流是单方向的。

3.1.2.15 双拍联结 double-way connection

变流联结的一种,其交流电路每相端子的电流是双方向的。

3.1.2.16 均一联结 uniform connection

所有主臂均相同,都为可控或都为不可控的一种联结。

3.1.2.17 非均一联结 non-uniform connection

主臂兼有可控和不可控的一种联结。

3.1.2.18 串联联结 series connection

电联结的一种,由两个或更多变流联结所组成的一种电联结,它们的直流电压相互叠加。

注:由非同时换相的换相组所组成的串联联结也可称为串级联结。

3.1.2.19 (直流侧的)运行象限 quadrants of operation (on d. c. side)

由直流电压极性和电流方向来定义的电压电流平面的各象限。

3.1.2.20 换相 commutation

电流由一个臂向另一个臂顺序转移的过程 此时两个臂同时导电 直流电流不发生中断(见图1)

3.1.2.21 直接换相 direct commutation

两主臂之间不经过任何辅助臂过渡的一种自换相方式。

3.1.2.22 间接换相 indirect commutation

借助一个或多个辅助臂的连续换相,实现由一个主臂到另一个主臂或反回到原臂的一系列换相过程。

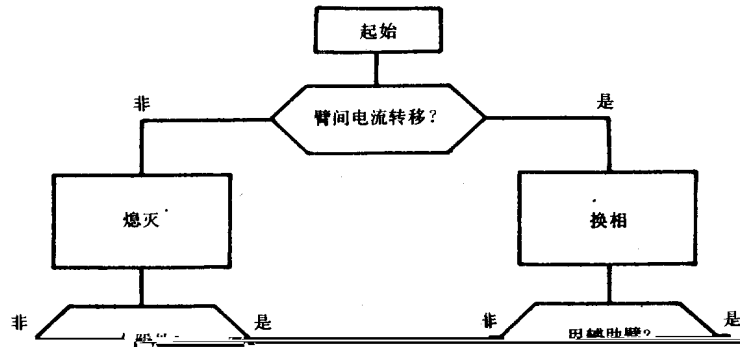
3.1.2.23 外部换相 external commutation

由变流器或电子开关之外的电源提供换相电压的一种换相方式。

3.1.2.24 电网换相 line commutation

由电网提供换相电压的一种外部换相方式。

3.1.2.25 负载换相 load commutation



依靠阀器件本身的作用而实现熄灭的一种熄灭方式。

3.1.2.39 外部熄灭 external quenching

依靠阀器件之外的作用而实现熄灭的一种熄灭方式。

3.1.2.40 熄灭角 γ extinction angle

臂由流下降至零的瞬间与要求该臂开始承受断态电压瞬间之间的时间,用由角度表示(见图2)

3.1.2.41 脉波数 p pulse number

在一个基本周期内,不在同一时刻发生的,由一个主臂到另一个主臂对称进行的直接或间接的换相次数或熄灭次数。

3.1.2.42 触发延迟角 α trigger delay angle

3.1.2.44 固有延迟角 α_0 inherent delay angle

某些电路(例如 12 脉波联结)在一定运行条件下,即使无相位控制也会出现的那种延迟角。

3.1.2.45 裕度角 γ (commutation) margin angle

在电网、机械或负载换相逆变器中,其换相终止瞬间与换相电压下降过零点之间的时间间隔,以电角度表示(见图 2)。

3.1.2.46 平衡温度 equilibrium temperature

在规定的负载及冷却条件下,变流器部件所达到的稳定温度。

注:不同部件的稳定温度一般是不同的,建立热稳定所需要的时间也不一样,且与热时间常数成正比。

3.1.2.47 冷却媒质 cooling medium

从设备或热交换器中把热量带走的液体(例如水)或气体(例如空气)。

3.1.2.48 热转移媒质 heat transfer agent

在设备中把热量从热源转移到热交换器的液体(例如水)或气体(例如空气)。再由冷却媒质将热量从热交换器带走。

3.1.2.49 直接冷却 direct cooling

冷却媒质与冷却部件直接接触而不使用任何热转移媒质的一种冷却方法。

3.1.2.50 间接冷却 indirect cooling

借助热转移媒质将冷却部件的热量转移到冷却媒质的一种冷却方法。

3.1.2.51 自然循环(对流)冷却 natural circulation (convection) cooling

利用单位体积的质量(密度)随温度而变化,使冷却流体(冷却媒质或热转移媒质)产生循环的一种冷却方法。

3.1.2.52 强迫循环(强迫冷却) forced circulation (forced cooling)

利用压缩机、风机或泵使冷却媒质或热转移媒质产生循环的一种冷却方法。

3.1.2.53 混合循环(冷却) mixed circulation (cooling)

交替使用自然和强迫循环使冷却媒质或热转移媒质产生循环的一种冷却方法。

3.1.2.54 环境温度 ambient air temperature

环境温度是指在与任一相邻设备间隔距离的中间位置,但距机柜不超过 300 mm,其高度对应于设备高度的一半处所测得的温度,测量时应避免直接来自设备的热辐射。

3.1.2.55 空气和气体冷却的冷却媒质温度 cooling medium temperature for air and gas cooling

在设备之外距进口 50 mm 处所测得冷却媒质的温度。

注:为了估算辐射热量的大小,环境温度按 3.1.2.54 所定义的温度。

3.1.2.56 液体冷却的冷却媒质温度 cooling medium temperature for liquid cooling

液体入口前的 100 mm 处所测得的导管内冷却媒质的温度。

3.1.2.57 热转移媒质的温度 temperature of heat transfer agent

由供货者规定的位置所测得的热转移媒质的温度。

3.1.3 额定值、特性、参数的术语

3.1.3.1 额定值 rated value

制造单位所规定的电气参数和热、机械及环境数据,借以说明电力半导体器件、堆、装置或设备可以良好工作的运行条件。

注:① 变流器的额定值一般对应于由源系统的标称值,两者的值都应在允许规定变动范围之内。

3.1.3.3 额定网侧电压 U_{LN} rated voltage on the line side

与变压器额定分接(如有)对应的,变流器网侧线电压所规定的方均根值。

3.1.3.4 (变压器的)额定阀侧电压 U_{VN} rated voltage on the valve side (of the transformer)

变压器处于额定分接及额定网侧电压,下同一换相组阀侧绕组中相继换相的两端子之间的空载方均根电压。对没有变压器的变流器(直接连接式变流器),其额定阀侧电压与额定网侧电压相同。

3.1.3.5 额定网侧电流 I_{LN} rated current on the line side

变流器在额定工作状态(额定工况)下的网侧最大方均根电流。该值应考虑到额定负载电流和所有其它工作条件在规定范围(例如网侧电压与频率的偏差范围)内的最不利组合情况。

注:① 在由额定直流电流计算该额定值时,对于多相设备,假定变流电路单元的电流为矩形波;而对于单相设备,其计算依据应在相关文件中予以说明。

② 额定网侧电流应将变流器辅助电路的电流,以及直流电流的纹波和环流(如有)的影响考虑在内。

3.1.3.6 额定阀侧电流 I_{VN} rated current on the valve side

变流器在额定工况条件下的阀侧最大方均根电流。该值应考虑到额定负载电流与所有其它工作条件在规定范围(例如网侧电压与频率的偏差范围)内的最不利组合情况。

注:对多相设备,假定变流电路单元的电流波形为矩形波;对单相设备,其计算依据应在相关文件中予以说明。

3.1.3.7 额定网侧表观功率 S_{LN} rated apparent power on the line side

在额定频率、额定网侧电压和额定网侧电流时,网侧端子上的总表观功率。

3.1.3.8 额定直流电压 U_{dN} rated direct voltage

当变流器的直流电流为额定值时,直流端子间的直流电压应该达到的平均值。

3.1.3.9 额定直流电流 I_{dN} rated direct current

按规定的负载条件和使用条件,制造厂为变流器规定的平均直流电流。

注:在表示其它电流的相对值时,以该值为100%。

3.1.3.10 额定(最大)连续直流电流 I_{amN} rated continuous direct current (maximum value)

变流器在规定的使用条件下,能够连续通过而不致受损的最大直流电流平均值。

注:① 装置的额定连续直流电流基本上总是高于其对应的整个设备的额定直流电流。

② 装置的额定连续直流电流可能受半导体器件以外其它部件(例如冷却系统)的限制。

3.1.3.11 额定直流功率 P_{dN} rated d. c. power

在规定的额定工况和制造厂指定的极限运行条件下,额定直流电压和额定直流电流之积。

注:由于电压和电流纹波的影响,测得的直流功率可能大于所定义的额定直流功率。

3.1.3.12 变流因数 conversion factor

输出直流功率时输入交流基波功率之比(逆变运行时为其倒数)。

3.1.3.13 功率效率 power efficiency

变流器的输出功率对输入功率之比。

注:① 变流因数不考虑直流侧交流分量所产生的功率,而功率效率则将其包括在内。因此,对整流运行而言,变流因数的值较功率效率为小。例如对于单相、两脉波(全波)阻性负载的变流器,变流因数的理论最大值为0.81,而理想功率效率可达1。

② 变流因数只能直接测得;功率效率既可以直接测量,也可以通过测得的内部损耗计算而得到。

③ 当不致引起混淆时,功率效率可简称效率。

3.1.3.14 总功率因数 λ total power factor

基波电压和电流的有功功率对它们的表观功率之比。

$$\cos\varphi_1 = \frac{\text{基波的有功功率}}{\text{基波的表观功率}}$$

3.1.3.16 相对基波含量 ν relative fundamental content; 基波因数(畸变因数) ν fundamental factor(deformation factor)

总功率因数(λ)对位移因数(基波功率因数) $\cos\varphi_1$ 之比。

$$\nu = \frac{\lambda}{\cos\varphi_1}$$

3.1.3.17 相对谐波含量 谐波畸变因数 relative harmonic content harmonic distortion
谐波含量的方均根值对交流量的方均根值之比。

3.1.3.18 理想空载直流电压 U_d ideal no-load direct voltage

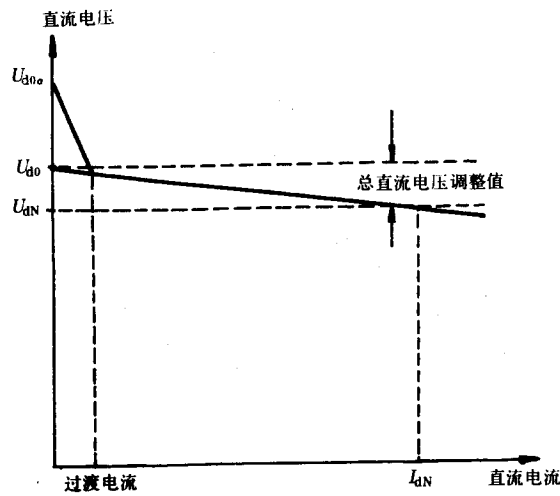


图 3 电压调整值

3.1.3.24 固有直流电压调整值 inherent direct voltage regulation

不计交流系统的阻抗效应及稳压设施(如有)的校正效应时的直流电压调整值。

3.1.3.25 总直流电压调整值 total direct voltage regulation

包括交流系统阻抗效应,但不包括稳压设施(如有)的校正效应时的直流电流时的直流电压调整值。

3.1.3.26 输出电压允差范围 output voltage tolerance band

稳定输出电压的稳态值偏离其标称值或设定值的规定范围。

3.1.3.27 电扰动 electrical disturbance

电量超出规定极限的任何变化。电扰动可能引起变流器性能下降、工作中断或损坏。

3.1.3.28 系统扰动 system borne disturbances

3.1.3.35 短路比 R_{sc} relative short-circuit power

在规定的运行条件和规定的网络结构下,网络指定点处的电源短路容量对变流器网侧的表观功率之比。

3.1.3.36 故障方面的术语

参见 GB/T 2900.33 和 GB/T 3859.2。

3.1.3.37 系统兼容性和射频干扰方面的术语

参见 GB 10236 和相关标准。

3.2 符号及下角标

3.2.1 下角标用的字母及含意

0(零)	空载的
c	换相
C	短路
d	直流电流或电压
f	与频率有关的
h	对应于 h 次谐波分量的
i	理想
L	对应于电网或电源的
m	最大
min	最小
N	额定值或在额定负载下的
p	固有的
R	重复(过电压)
r	阻性的
S	不重复(过电压)
v	阀侧
x	感性的
α	相控值(借助于延迟角)

3.2.2 符号及其含意

d	直流电压调整率(以 U_{di} 为基准的)
d_r	阻性直流电压调整率(以 U_{di} 为基准的)
d_x	感性直流电压调整率(以 U_{di} 为基准的)
d_{x1N}	由变流变压器引起的,以 U_{di} 为基准的感性直流电压调整率
e_{xN}	对应于 I_{LN} 的变流变压器短路电压感性分量的百分值
f_N	额定频率
g	分流 I_{dN} 的换相组数
h	谐波次数
I_d	直流电流(任意指定值)
I_{dN}	额定直流电流
I_{d1N}	额定连续直流电流(最大值)
I_L	(变流器或变压器的)网侧方均根电流
I_{LN}	I_L 的额定值
I_{1LN}	I_{LN} 的基波分量的方均根值

I_{ALN}	I_{LN} 的 h 次谐波的方均根值
I_{vN}	变压器阀侧的额定电流
p	脉波数
P	有功功率
P_{LN}	额定负载下的网侧有功功率
$p \cdot u \cdot$	标么值、标么值的
q	换相数
Q	额定负载下的网侧无功功率
R_{SC}	短路比
s	串联换相组数
S_{com}	在换相臂的交流端子处计算的短路容量
S_C	电源的短路容量
$S_{C \min}$	S_C 的最小值
S_{LN}	网侧额定表观功率
S_{ILN}	依据 I_{ILN} 确定的 S_{LN} 值
S_{iN}	变压器的额定表观功率
u	重叠角(换相角)
U_d	直流电压(任意指定值)
U_{d0}	约定空载直流电压
$U_{d0\alpha}$	有触发延迟角 α 时的 U_{d0} 值
U_{d00}	实际空载直流电压
U_{di}	理想空载直流电压
$U_{di\alpha}$	相控理想空载直流电压
U_{dN}	额定直流电压
U_{xN}	额定直流电流下总感性直流电压调整值
U_{hN}	U_L 的 h 次谐波的方均根值

- λ 总功率因数
 ν 相对基波含量 基波因数(畸变因数)
 φ I_L 的基波分量的位移角

3.2.3 冷却方式的标志符号

参见 GB/T 3859.2

4 产品型式及基本参数

4.1 电力半导体设备的类型

所有电力半导体设备可依据如下特征进行分类。

4.1.1 变换的方式

- a. 交流到直流的变换(整流器);
- b. 直流到交流的变换(逆变器);
- c. 直流到直流的变换(直接或间接直流变流器);
- d. 交流到交流的变换(直接或间接交流变流器);
- e. 开关(周期性和非周期性的电力电子开关)。

4.1.2 变换的对象

根据变流器改变或控制的电力系统的特征参量(一个或几个)进行分类。例如:

- a. 频率、包括零频率(变频器);
- b. 电压(电压控制器);
- c. 相数(变相器);
- d. 无功功率的潮流(半导体无功补偿器);
- e. 负载功率的品质。

4.1.3 主电路阀的关断(换相)方式

在此以正常运行和满载电流为基础。

- a. 外部换相(电网换相变流器,负载换相变流器等);
- b. 自换相(电容自换相变流器、器件换相变流器等)。

4.1.4 直流系统的类型(电流型逆变器、电压型逆变器等)。

4.1.5 半导体阀的类型

根据变流器中使用的半导体阀进行分类,例如:

4.2.1 直流电流额定值等级

电力变流器的直流电流应在下列数值中选取。

1, 2, 5, 10, (15), 20, (30), (40), 50, (80), 100, (125), (160), 200, (250), 315, 400, 500, 630, 800, 1 000, 1 250, 1 600, 2 000, 2 500, 3 150, 4 000, 5 000, 6 300, 8 000, 10 000A……。

注：① 当需采用上列数值之外的等级时，额定值在1 000 A 以上者，可在 R20数系中选取；额定电流在100 A 以下

② 带括号者为非优选值。

③ 本条规定不适用于电力牵引用变流器。

4.2.2 直流电压额定值等级

电力变流器的直流电压额定值应在下列数值中选取：

3, 6, 12, 15, 18, 24, (30), 36, 48, 60, 72, 90, (100), 115/110¹⁾, 125, 160, 200, 230/220¹⁾, 250, (275), 315, 400, 460/440¹⁾, 500, 630, (600), 800, 1 000, 1 250, 1 600, 2 000V……。

5 技术要求

5.1 正常使用的环境条件

5.1.1 环境空气

户内型设备,应备有供应冷却媒质的设施。而如果冷却媒质就是室内的空气,则应备有把热量从室内传至室外的设施,以形成大环境空气循环。这样可把室内的空气作为设备和户外空气的中间热交换器。

对于装于柜内或箱内的装置,由于存在箱壁的热反射,因此应规定较高的环境温度,且其与箱壁的间隙距离,应遵守供货者的设计规范。

空气的污染程度不超过国家环境卫生的有关规定,不含有过量的尘埃,不含有酸、碱、腐蚀性及爆炸性微粒和气氛。

5.1.2 使用时的环境温度

a. 设备在运行时冷却媒质的极限温度为:

	最低	最高
空气	0℃	+40℃
水	+5℃	+35℃
油	-5℃	+30℃

b. 冷却空气的日平均温度不超过30℃,年平均温度不超过25℃。

注:① 当设备的工作环境温度或冷却媒质温度高于上述规定时,应对额定电流作适当修正,见 GB/T 3859.2。

② 间断运行的户外安装设备,用户应在订货时说明。

设备在储存和运输期间环境空气的极限温度为:最低-40℃;最高55℃。

同。为使变流器有更高的经济技术性能和安全运行,供货者在产品设计之前应充分了解变流器工作场所的电气条件,用户有责任在订货时予以说明,对特殊情况,更应详细说明,供需双方应就此取得协议。

下面(5.2.2.1~5.2.2.4)给出的变流器 A、B、C 三个抗扰等级,是指变流器对电气条件的适应程度。A 级表示电气条件较严酷;C 级为良好;而 B 级则是变流器通常使用的一般工业电网。变流器能安全

表 5 电网电压的允许谐波含量

变化项目	变流器抗扰等级			超过规定值范围可能的后果
	A	B	C	
a. 谐波畸变(稳态) (%)	25	10	5	F
b. 个别序次的谐波畸变(稳态)				
奇次(%)	12.5	5	2.5	F
偶次(%)	2	2	2	F
c. 换相缺口(稳态)				
深度(U_{LWM} 的百分值%)	100	40	20	T
面积(百分值 ×电角度)	625	250	125	T

注：① 在一定的直流电流和 R_{sc} 下，缺口面积近似为恒定值。宽度和深度随触发延迟角 α 而变化。

② 如果同一台变流器的次级接有几台变流器，在一个周期内，所有缺口的面积之和应不超过表列一次换相缺口面积的四倍。

b. 重复和不重复瞬态参量

只要可能，应对电网系统的各瞬态特征参量作出规定(更详细的说明见 GB/T 3859.2)，例如：

变流器端子处可能出现的瞬态能量，J；

上升时间(从峰值的0.1~0.9处)， μs ；

峰值 U_{LRM}/U_{LWM} (p. u.)；

峰值 U_{LSM}/U_{LWM} (p. u.)；

峰值50%处的宽度， μs 。

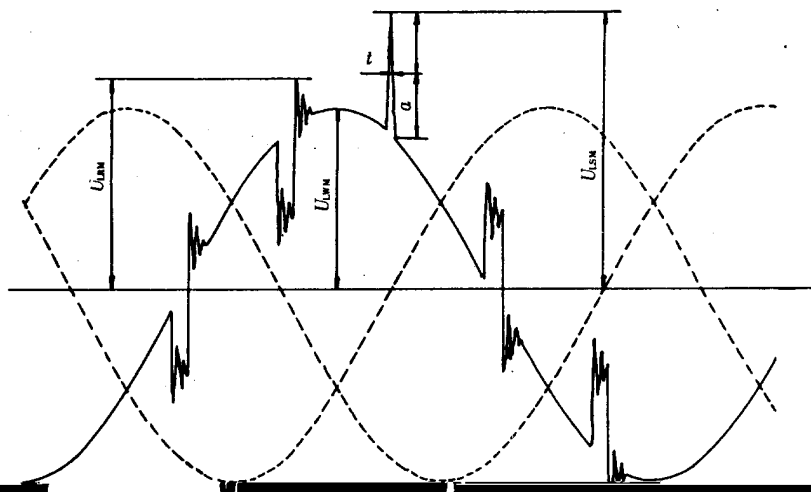


图 4 交流电压波形

5.3 负载条件

产品制造厂应在铭牌和相关技术文件中说明所设计生产的变流器适用于何种类型的负载，以供使

- c. 电动机(M);
- d. 蓄电池充电(B);
- e. 电容性(C):例如储能电池、电容器组、电化装置、逆变器(电压型的)等储能性负载;
- f. 再生性(G):例如需要处理再生能量和保护主电路故障措施的起重卷扬、电机车牵引及其它再生性负载等。

如果用户不能确定实际负载的类型时,应详细说明使用的特点,并与供货者取得协议。

5.4 非正常使用条件

非正常使用条件是指超出正常使用条件范围或规定值之外,可能存在于变流器运行场所的各种使用条件(主要是指环境条件),应由用户和供货者在合同或有关文件中取得协议。典型的非正常使用条件举例如下:

- a. 非正常的机械应力,如冲击和振动;
- b. 可能引起腐蚀或堵塞的冷却水,如海水或硬水;
- c. 周围空气中的外来微粒,如非正常灰尘或粉末;
- d. 含盐空气(例如接近海边),高湿度、滴水、腐蚀性气体;
- e. 暴露于蒸汽或油气中;
- f. 暴露于爆炸性粉末或气体混合物中;
- g. 暴露于放射性辐射中;
- h. 类似于亚热带或热带气候条件的高相对湿度和高的温度;
- i. 温度波动超过5 K/h,相对湿度变化超过5%/h;
- j. 海拔高度超过1 000 m;
- k. 环境温度低于+5℃的水冷设备;
- l. 环境温度低于-5℃的油冷设备;
- m. 上列情况之外其它非正常使用条件或超过正常使用条件所规定的极限条件。

5.5 电联结和计算因数

5.5.1 电联结

表6给出了标准设计变流器的常用电联结型式,为使表格简化,这里只考虑使用最广泛的联结型式,包括带专用变压器和不带变压器两种情况的变流器。对于两脉波和六脉波变流器,不管是否带变压器,在表6中对单相和三相电源,都只考虑桥式联结。对十一脉波和四重六脉波变流器,均需左作星形和三角

表6 标准设计变流器的常用电联结型式	
变流器脉波数	电联结型式
2	桥式
6	桥式
11	桥式
24	桥式
30	桥式
36	桥式
42	桥式
48	桥式
54	桥式
60	桥式
66	桥式
72	桥式
78	桥式
84	桥式
90	桥式
96	桥式
102	桥式
108	桥式
114	桥式
120	桥式
126	桥式
132	桥式
138	桥式
144	桥式
150	桥式
156	桥式
162	桥式
168	桥式
174	桥式
180	桥式
186	桥式
192	桥式
198	桥式
204	桥式
210	桥式
216	桥式
222	桥式
228	桥式
234	桥式
240	桥式
246	桥式
252	桥式
258	桥式
264	桥式
270	桥式
276	桥式
282	桥式
288	桥式
294	桥式
300	桥式
306	桥式
312	桥式
318	桥式
324	桥式
330	桥式
336	桥式
342	桥式
348	桥式
354	桥式
360	桥式
366	桥式
372	桥式
378	桥式
384	桥式
390	桥式
396	桥式
402	桥式
408	桥式
414	桥式
420	桥式
426	桥式
432	桥式
438	桥式
444	桥式
450	桥式
456	桥式
462	桥式
468	桥式
474	桥式
480	桥式
486	桥式
492	桥式
498	桥式
504	桥式
510	桥式
516	桥式
522	桥式
528	桥式
534	桥式
540	桥式
546	桥式
552	桥式
558	桥式
564	桥式
570	桥式
576	桥式
582	桥式
588	桥式
594	桥式
600	桥式
606	桥式
612	桥式
618	桥式
624	桥式
630	桥式
636	桥式
642	桥式
648	桥式
654	桥式
660	桥式
666	桥式
672	桥式
678	桥式
684	桥式
690	桥式
696	桥式
702	桥式
708	桥式
714	桥式
720	桥式
726	桥式
732	桥式
738	桥式
744	桥式
750	桥式
756	桥式
762	桥式
768	桥式
774	桥式
780	桥式
786	桥式
792	桥式
798	桥式
804	桥式
810	桥式
816	桥式
822	桥式
828	桥式
834	桥式
840	桥式
846	桥式
852	桥式
858	桥式
864	桥式
870	桥式
876	桥式
882	桥式
888	桥式
894	桥式
900	桥式
906	桥式
912	桥式
918	桥式
924	桥式
930	桥式
936	桥式
942	桥式
948	桥式
954	桥式
960	桥式
966	桥式
972	桥式
978	桥式
984	桥式
990	桥式
996	桥式
1002	桥式

$$I_L = I_L' \times \frac{U_{v0}}{U_L}$$

5.5.2.3 电压调整率

表6给出了如下比值：

$$\frac{d_{xN}}{e_{xN}}$$

式中： d_{xN} 是额定负载时由变压器换相电抗产生的直流电压调整率，用对 U_{di} 的标么值表示； e_{xN} 是按表6第17栏给出的方法短接次级绕组，且网侧电流达到全套设备额定电流值 I_{LN} 时所测得的变压器阻抗电压的感性分量，用额定交流电压 U_{LN} 的百分数表示。

只有对换相数 $a = 3$ 的联结形式，才可用三相变压器的 e_{xN} 值计算感性直流电压调整率 d_{xN} 。

对于其他带有三相变压器的联结方式， d_{xN} 和 e_{xN} 的比值取决于变压器初级电抗与次级电抗之比。有关这些联结方式如何确定 d_{xN} 的问题参见GB/T 3859.2。

注：假定重叠角 u 小于 $2\pi/p$ ，在此 p 为脉波数。

5.5.2.4 磁路

表6由三相电流供电的各种联结方式的磁路，均假定为三柱式。

5.5.2.5 功率损耗因数

表6给出了变流器运行时和短路试验时的损耗关系。短路试验按表6的第13、14、15栏短接有关端子，并在整台设备达到额定网侧电流 I_{LN} 的条件下进行。

5.6 变流器的额定值

5.6.1 一般说明

半导体器件和装置与通常的电气元件和电磁件(如变压器)不同，其热时间常数小，瞬态电压耐受能力弱，瞬时的电流和电压尖峰就可能造成永久性损坏。因而，预期的负载循环图形和负载类型，对变流器额定值的确定和安全运行都十分重要。也就是说，变流器的额定值对应于特定的负载类型和工作制等

损耗试验时		变压器运行时 绕组的总损耗	测量 e_{xN} 时短接 的端子 e_{xN}
接的端子			
B	C	16	17
14	15		
0-2		$0.5(P_A + P_B)$	1-2
		P_A	1-2
		P_A	1-2-3
2-4-6	1-3-5 2-4-6	$0.035(P_A + P_B) + 0.93 P_C$	1-3-5 和 2-4-6 的平均
2-4-6	1-3-5 2-4-6	$0.035(P_A + P_B) + 0.93 P_C$	1-3-5 和 2-4-6 的平均

变流器给出的是额定短时直流电流,即在规定的条件下及规定的持续时间内变流器能够供给负载的最大直流电流。此外,应给出尖峰直流电流的幅值和持续时间以及两尖峰间的最短空闲时间。

5.6.3.3 叠加尖峰负载的稳定负载类的电流额定值

这种负载类型的额定直流电流是指在规定的条件下,间断施加一种或几种规定电流值和规定持续时间的过载时,变流器能够在长时间内向负载输出的直流电流。同时还应规定施加尖峰负载的最小间隔时间。

5.6.3.4 重复负载类的电流额定值

对这种负载类型来说,其额定直流电流用一个负载循环周期内的方均根值和工作图形(或工作制)来表示(见 GB 3886)。

5.6.3.5 工作制等级(负载等级)

一般来说,在实际应用中,要得到变流器预期的精确负载循环曲线是困难的。因此,对稳定负载类和叠加尖峰负载的稳定负载类的变流器来说,都是使用在规定持续时间内恒定电流值或工作制等级来代表负载循环曲线(如本标准表7、表8)。其他的负载类型,可以按分类标准的规定(例如 GB 3886)。如果没有合适的标准工作制等级可供选择,且没有专门说明时,则可取重复负载循环中工作最重的15 min的方均根值作为额定电流。

表7 标准工作制等级

工作制等级	变流器的额定电流和装置的试验条件 (用 I_{dN} 的标么值表示)
I	1.0 p.u. 连续
II	1.0 p.u. 连续 1.5 p.u. 1 min
	1.0 p.u. 连续

装置的内部损耗,加上电抗器在短路时、构网器、构流器、阳空缓冲电路和消涌电压吸收器的

损耗;

- b. 变压器、饱和电抗器、相间变压器、变压器与晶闸管或二极管装置之间的限流和均流电抗器的损耗,以及按同一合同作为设备的一部分提供的网侧辅助变压器和电抗器的损耗;
- c. 当变压器与变流装置组装在一起作为一个单元交货时,变压器与装置间的主联结产生的损耗;
- d. 永久接入的风机、泵及继电器等辅助部件吸收的功率,另有规定者除外;
- e. 由变流设备的供方提供的串联平波电抗器的损耗;
- f. 双变流器联结电路中环流所产生的损耗;
- g. 触发设备(如有)消耗的功率。

5.7.1.3 不应包括的损耗

确定效率时,不应包括下列损耗。但如有要求,且有关的部件是由变流设备的供货者提供时,应予以单独说明。

- a. 当变压器与装置间的主联结是作为分立单元提供时,该主联结产生的损耗;
- b. 接至短路器、隔离器、断路器及负载的主联结所产生的损耗;
- c. 短路器、隔离器、断路器和5.7.1.2中未曾提及的控制装置的损耗;
- d. 建筑物的加热、通风以及冷却装置的损耗;
- e. 不与变流设备一同供货的串联平波电抗器的损耗;
- f. 系统控制设备(3.1.1.22)的损耗;
- g. 间歇工作的辅助部件的损耗。

5.7.2 功率因数

5.7.2.1 一般说明

由于电网换相变流器的网侧电流中含有谐波分量,所以其功率因数有总功率因数(λ)和基波功率因

$$U_{dr} = \frac{\text{变流器各元件的损耗}}{I_{dN}}$$

$$d_r = \frac{U_{dr}}{U_{di}}$$

式中的“元件”包括变压器绕组、串联电抗器、直流电抗器、二极管、晶闸管、熔断器等。

b. 感性直流电压调整率

假定变流器交流端子的电压为标称值。

$$U_{dx} = 0.5 \times U_{di} \times \frac{S_{1LN}}{S_{com}} \times \frac{I_d}{I_{dN}}$$

$$d_x = \frac{U_{dx}}{U_{di}}$$

式中短路容量 S_{com} 计算如下：

a. 变流器带专用变压器时

$$S_{com} = \frac{1}{\frac{1}{S_c} + \frac{e_{xN}}{S_{tN}}}$$

b. 变流器不带专用变压器时

以电缆及网侧电抗器的电感 L 代替变压器电感,用额定电流下电压调整率计算 S_{com} :

$$S_{com} = \frac{1}{\frac{1}{S_c} + \frac{X_L}{S_{1LN}}}$$

$$X_L = \frac{2 \times \pi \times f_N \times L \times S_{1LN}}{U_{LN}^2}$$

以上计算式中, S_{1LN} 、 S_c 、 S_{com} 、 S_{tN} 应使用相同的单位 (MV·A、kV·A 或 V·A)。

5.7.3.2 总直流电压调整率

总直流电压调整率包括固有直流电压调整率和交流系统阻抗引起的直流电压调整率两部分 ($d = d_p + d_L$), 只有在合同或类似文件提出要求并给出交流系统的短路容量及阻抗比时才予给出。

5.7.3.3 其他变流器对直流电压调整率的影响

当几台变流器由一台变压器供电时,有可能会产生附加的电压调整率,可依据这些变流器的额定值、联结形式及其他特性进行详细计算。

若几台变流器相互独立,且完全相同,可假定它们的触发延迟角 α 也相同,则利用其总的表观功率估算最大附加电压调整值。

5.7.4 网侧电压和电流的谐波

对网侧电压和电流中谐波的要求,只有在合同或有关文件中做出规定时才予以考虑。

5.7.4.1 谐波次数

变流器网侧电压和电流中的特征谐波的次数取决于变流器的脉波数 p :

$$h = Kp \pm 1 \quad K = \text{整数}(1 \cdots n)$$

相应的谐波频率与基波频率的关系为: $f_h = h \times f_1$

这里假定变流器采用三相匀一联结,并假定电源电压、触发延迟角各相对称,而且变压器的星形和三角形绕组由于要求整匝数而产生的电压差异也略去不计。在其他情况下产生的特征谐波和非特征谐波见 GB/T 3859.2。

由于变流器及其供电系统常常配置滤波器和功率因数补偿电容,若电容与电源阻抗及分布参量发生谐振,电压和电流中的谐波分量有可能被放大,需认真考虑。详细资料见 GB 10236和 GB/T 3859.2。

5.7.5 直流侧的谐波

5.7.5.1 谐波频率

在电源电压、触发延迟角等完全对称的条件下,直流电流和电压中谐波的频率为:

$$f_{\text{hdc}} = K \cdot p \cdot f_1 \quad K = \text{整数}(1 \dots n)$$

负序电压会产生 $2f_1$ 电源基波频率的附加谐波,除非采用很大的平波电抗器,这种谐波不易消除。

对直流电压的谐波的要求只有在有关技术文件或合同等作出规定时才予以考虑。详细资料见 GB/T 3859.2。

5.7.5.2 直流输出电流中的交流分量

变流器直流输出一般都含有周期性的交流分量,因而是脉动的。对用于电容器或蓄电池充电的变流器来说,直流电流可能在反电势作用下间断。此时需采用合适的触发系统,当要求保持直流电流连续时,可增设滤波设施。

5.7.6 谐波干扰

5.7.6.1 变流器对电网的干扰

变流器运行时,在从电网吸收有功和无功功率的同时,也向电网注入谐波电流,使电网电压产生畸变。有关变流器对电网干扰的详细规定和说明,见 GB 10236和 GB/T 3859.2。

5.7.6.2 对弱电系统的干扰

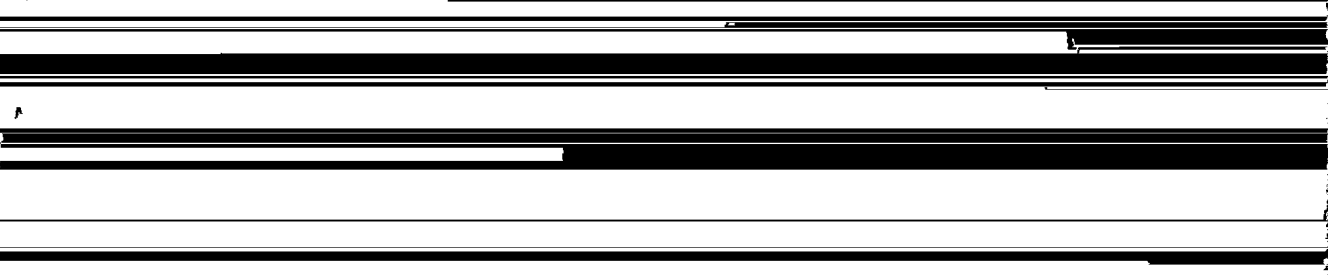
弱电系统受干扰的条件主要有三:

- a. 交流或直流电力系统有可观的干扰电流或电压;
- b. 干扰的电力系统与受干扰的弱电系统之间有足够的耦合;
- c. 受干扰的弱电系统有足够的敏感度。

当变流器的预定安装地点附近会同时出现上述因素中的两种时,就有可能造成对弱电系统的干扰。此时应在订货时提出,通过供需双方协商,应在合同或其它有关文件中明确说明。

当发现已经运行的变流器对弱电系统发生显著干扰时,应就地分析并进行电气测量,以便对强电系统或弱电系统,或者对两者同时采取措施。

5.7.6.3 对电话和通讯网络的干扰



变流器的设计通常适用于工业领域,因而用户在安装和配置电缆线路时,应注意符合供货者提供的说明,以避免对邻近的电话和通讯网络产生干扰。设计者、用户对此有特殊要求时,应在订货时提出。

5.7.7 变流器的抗扰性能和电磁兼容性

5.7.7.1 变流器的受扰类别

变流器受扰类别分为三级,即性能级(F级)、跳闸级(T级)、损坏级(D级)。各级的电干扰规定值不同,超过后产生不同的后果,如表9所示。

表9 变流器受扰类别

受扰类别	符号	超过的可能后果
性能级	F	性能下降

——不能自动重合闸(需要由外力再起动、手动重新操作断路器,更换熔断器等;也可以不借助外力使其恢复工作);

c. 损坏级(D)是指该变流器能承受而不造成永久损坏的所有各种电扰动极限值的组合。

详细资料见 GB 10236。

5.7.7.2 变流器的抗扰等级

变流器的抗扰等级是指所设计变流器适应各种不同环境条件的能力。本标准规定变流器的抗扰等级(5.2)为 A、B、C 三级。变流器应在其铭牌和有关技术文件中说明属于何种等级的变流器,当没有专门说明时,则认为是 B 级。

有关变流器抗扰等级的选择,见 GB/T 3859.2。

5.7.7.3 变流器的电磁兼容性

有关变流器的电磁兼容性参见 GB 10236和 GB/T 3859.2。

5.7.7.4 变流器触发装置的抗扰性能

当需要时,可对变流器触发装置的抗扰性能作出规定,详细资料见 GB/T 3859.2。

5.7.8 故障及保护

5.7.8.1 故障

有关变流器的故障及检测见 GB/T 3859.2。

5.7.8.2 过电流保护

由于变流器自身的特点,设计时除需一般过电流(持续过电流)保护之外,还需考虑专门的故障电流

保护。

故障电流保护包括下列三种类型或它们的合理组合,即:

- 降低电力半导体器件的使用容量;
- 采用限时器件或装置(包括电子式的);
- 采用限流器件或装置(包括电子式的)。

变流器的故障短路有内部短路和外部直接短路两种。前者乃由换相故障、直通、失通和击穿等变流器本身的故障所引起。其短路电流一般由交流电源供馈。但是,在某些情况下,例如当双变流器在反电势下作逆变运行时,其内部电流由交流电网和直流电路同时供馈。此时,其保护措施应作相应考虑。对外部

- 快速开关引起的过电压保护；
- 换相过电压保护；
- 大气过电压保护。

变流器过电压保护装置应能保护变流器免受可能出现的各种浪涌电压之害而安全工作,对于频繁承受非周期浪涌电压的变流器,以及对过电压保护装置有其它特殊要求的变流器,应在合同或有关技术文件中说明。对电压保护装置的具体要求,应在分类标准或产品技术条件中规定。

5.7.9 电流、电压均衡度

当变流器内部有并联或串联使用的电力半导体器件时,必须采取必要的均衡措施,使每个器件都在规定的额定电流和额定电压范围内运行。

5.7.9.1 电流均衡度

电力半导体器件并联时,在各并联支路之间会产生因开通时间的差异而引起电流分配不均,和因正向压降有异或因支路之间存在互感以及处于直流母线不同位置等原因而引起的电流分配不均。因此须对变流器采取必要的均流措施。如对所用器件的参数进行选配,采用串联均流元件(均流电抗器、电阻、均流互感器等),以及采用强脉冲触发等方法解决并联支路之间电流分配不均的问题。

电流均衡度(若有)应在技术条件中给出,并予以保证。

各并联支路稳态电流均衡度 K_I 用下式表示:

$$K_I = \frac{\sum_{i=1}^{n_p} I_i}{n_p \cdot I_{iM}}$$

式中: $\sum I_i$ ——各并联支路器件所分担的电流平均值, A;

I_{iM} ——各并联器件中分担最大电流份额的器件所承担的正向平均电流, A。

根据测量和计算的结果,电流均衡度 K_I 应符合产品设计或有关技术条件的规定。

5.7.9.2 电压均衡度

电力半导体器件串联使用时,器件之间的电压分配可能由于器件反向恢复电荷量和(晶闸管的)开通时间不同而出现瞬态的均衡度很低的问题。此外,还可能由于器件在阻断状态下的伏安特性(漏电流值)不一致而出现稳态的均衡度很低的问题。可针对这两种情况应采取必要的均压措施。如对所用器件进行选配、采用并联均压器件(均压电阻、均压阻容电路)以及采用强脉冲触发等方法解决电压分配不均的问题。

电压均衡度应在技术条件中给出,并予以保证。

串联电路各器件之间的稳态电压均衡度 K_U 用下式表示:

$$K_U = \frac{\sum_{i=1}^{n_s} U_i}{n_s \cdot U_{iM}}$$

式中: $\sum U_i$ ——串联器件承受反向峰值电压的平均值, V;

U_{iM} ——串联器件中分担最大电压份额的器件所承担的正(反)向峰值电压, V。

5.7.10 稳定性能及要求

变流器可以根据要求具有内部的或外部的闭环控制系统或其他用来稳定其输出量(例如:电压、电流、功率等)的装置。

若变流器具有内部的闭环控制系统(其基准值可以由电的、机械的或其它方式引入变流器),则应将

装置的稳态特性是指当稳定值或扰动量的突然变化所引起的瞬态过程消失之后的这种特性。

若变流器具有内部稳定装置,应针对所有扰动量,如网侧电压、交流系统条件、负载条件的变化范围来确定稳态特性。变流器的稳定量的整定范围应在产品技术条件中给出。

若变流器是外部闭环系统的一个部分,稳态特性乃指某些量在指定条件下的输入信号与变流器输出量之间的关系而言。所谓某些量是指可能影响上述关系的各个量(如网侧电压、交流系统条件、负载条件)而言。

无论是具有内部闭环控制系统的变流器或者是作为外部闭环控制系统一个部分的变流器。其稳定误差用下式计算:

$$\text{稳定误差} = \frac{\text{扰动后达到的稳态值} - \text{扰动施加前的稳态值}}{\text{扰动施加前的稳态值}}$$

变流器稳态特性、稳定量的整定范围、稳定误差等,应在分类标准或产品技术条件中规定。

5.7.10.2 动态特性

系统的动态特性用系统对扰动量的阶跃变化的响应(如最大过冲量和瞬态恢复时间等)来表示。也

可以用制造厂和用户之间协商一致的任何方式来表示。

有关动态特性的规定只限于对输出量有显著影响的量的变化,特别是整定值或控制信号的变化,以及负载变化。至于对输出量影响不大的量的变化就不必考虑。若有必要,变流器的动态特性可在分类标准或产品技术条件中规定。

5.7.11 噪声

当有关技术文件没有对变流器的噪声作明确规定时,作为本标准的最低要求,须保证变流器在正常运行时产生的噪声符合以下规定:

- 不需要经常操作、监视或维护的产品应不高于95 dB(A);
- 需要经常操作、监视或维护的产品以及需要与具有这种设备安装在—起的产品,应不高于80 dB(A);
- 产品安装场所要求安静环境者,应不高于65 dB(A)。

5.7.12 部件和辅助设备

变流器中所有部件和辅助设备应符合各自的标准和标准件的要求。主要组成部分的标

出于经济上的原因,本标准提出的试验主要是在制造厂内进行的试验。对于大型成套设备的负载试验,不推荐在制造厂内进行,可依据专门协议在现场安装后进行实际负载试验。作为一个整体正常交货的小型变流器,在出厂前应按规定进行全部试验。

试验应在与实际工作相等效的条件下,或在能保证变流器性能可满足使用要求的条件下进行。

在设备试验时,如果更为方便,也可将装置和设备的一些部件单独地进行试验。堆和装置均应由与合同规定相等效联结的变压器供电。

除非另有协议,交流电源和试验电压应取额定频率,但绝缘试验除外,绝缘试验电压可以为直流或

任何方便频率的交流电压(由供货者在15~100 Hz 之间选择)。

变流器内配套使用的所有元器件,如半导体器件、电子元件、电器元件、堆、变压器、电抗器、风机、泵等,在出厂前应通过出厂试验,若这些元器件已附有按各自技术标准通过出厂试验的合格证,则在组装

后可只进行与变流器有关的功能试验和操作试验。

续表 11

试验	型式试验	出厂试验	选择试验	试验方法
固有电压调整值测量			★	6.4.8
一般性检验	★	★		6.4.19
辅助装置检验	★	★		6.4.11
控制设备性能检验	★	★		6.4.12
保护系统性能检验				6.4.13
a. 持续过电流保护	★	①		
b. 故障短路保护	★			
c. 过电压保护	★			
抗干扰试验			★	6.4.14
射频干扰和传导噪声测量			★	6.4.15
音频噪声测量	★	★ ²⁾		6.4.16
纹波电压和纹波电流测量	★			6.4.17
环境试验			★	6.4.20
稳定性能的试验	★			6.4.18
过电流能力试验	★			6.4.10
其他试验			★	6.4.21

注：1) ①表示对大型设备，经供需双方协商，允许在现场进行试验。

2) 音频噪声的出厂试验仅用于检验有无异常的机械和电磁噪声，不要求测量正常时的噪声值。

6.4 试验方法

这里规定的都是变流器有关试验的最基本要求，更为详细的规定和试验程序应按变流器电气试验方法和产品技术条件的要求进行试验。

6.4.1 绝缘试验

在出厂试验时,若在1 s内足以施加规定的试验电压值,则可不必采用逐级增加试验电压的方法;

h. 如果因为有电磁兼容(EMC)滤波器部件不容易断开而不能施加交流电压时,可以用规定试验电压的峰值作为直流试验电压来进行试验;

i. 试验时接地电阻断开;

j. 试验之后应即施加至少100 V的直流电压测量绝缘电阻,变流器的电压 $U_M/\sqrt{2}$ 值不超过1 000 V时,绝缘电阻值应不小于1 M Ω ;对于 $U_M/\sqrt{2}$ 电压值较高者,绝缘电阻按不小于1 000 Ω /V计算;

k. 用于作绝缘电阻试验的设备,绝缘试验一般在无水的情况下进行,若需要在有水情况下进行绝

缘试验时,试验条件及合格判据应作单独规定;

l. 本标准规定之外的其它绝缘试验,按有关合同文件进行;

m. 如果发生击穿、闪络,或在直流试验时漏电流超过规定值,则试验失败。

6.4.1.2 部件分开安装时的绝缘试验

变流器有关部件不安装在一个柜内,则可以分别进行试验,成套后的变流器仅测量各连接部分的绝缘电阻即可。

6.4.1.3 装在同一机柜内的绝缘试验

a. 变流器各电路应承受对机壳和其他任何电路的绝缘试验,这些电路与所试的电路彼此是独立的。试验电压按所试电路的 U_M 值依据6.4.1.4确定试验电压;

试验电压加在受试电路与外壳之间,在此试验过程中,其他所有电路的端子应连接在一起并与外壳相接;

b. 与项a相比,制造厂对某些电路可以规定较低的绝缘电平,这些电路在进行项a的试验时,可以看作是一个相同的电路,使用上述电路最高的 U_M 作为试验依据。此外,在这些电路进行试验时应与原规定的试验电压相互对照。

6.4.1.4 试验电压

a. 低压变流器的试验电压值按表12规定,这里, U_M 是任意一对端子之间预期的最高峰值电压,如果对地电压高于两端子间的电压(例如变流器串联连接和任何主端子有意接地或因偶发性事件而可能接地时),则使用较高的 U_M 值;

本试验作为出厂试验时,变流器仅在额定输入电压下运行,而型式试验时,则应在额定电压的最大值和最小值下检验设备的功能。对于高压变流器,轻载试验可以在比额定电压低的电压下进行试验。对

于小电流设备(例如5 A 以下),可以不必进行轻载试验。

本试验可以与短路损耗测试(6.4.5)、均衡度测量(6.4.9)和负载试验(6.4.4)结合进行。

试验时所选用的负载应能满足所验证的性能的要求。在试验期间,应检查控制、辅助、保护装置等的性能,应能与主电路协调工作。不同类型的设备,可以用不同的方法来达到试验的目的。

6.4.3 额定电流试验(低压大电流试验)

进行本试验是为了检验设备能否在额定电流下满意运行。

额定电流试验可以与短路损耗测量(6.4.5)、均流试验(6.4.9.2)、温升试验(6.4.6)和负载试验(6.4.4)结合进行。

试验时把直流端子直接或通过电抗器短路,变流器的交流端子连接能足以产生额定连续直流电流的交流电压,试验过程中,控制设备(如有)和辅助设备须单独用额定电压供电。

用适当的协调控制(如有)和施加交流电压,使额定电流流过直流端子并检查运行情况。如在臂中使用并联器件,则应检查电流均衡度。

当进行负载试验(6.4.4)时,本试验可不必重复进行。

6.4.4 负载试验

负载试验是为了检验变流器能否在规定的负载等级和负载类型下正常运行,各部分温升不超过规定值。

试验时所有条件应不低于额定条件。试验可以使用等效负载或实际负载,可以在制造厂内或在现场进行,均由供需双方商定。

对于大型设备,由于经济上的原因,若产品质量能够保证,可以不进行负载试验,需由供需双方商定。

6.4.5 变流装置和变流设备损耗功率的测定

6.4.5.1 一般要求

按照设备铭牌数据可以在测量的基础上进行计算,或者直接测量,如按铭牌数据计算功率损耗可

器的温度,对于油浸式变压器取平均油温,对于空气冷却变压器取绕组的平均温度(见 GB/T 3859.2)。

在所有情况下,均压电阻、阻尼电阻、浪涌吸收器(如有)在工作时产生的损耗应包括在内。

6.4.5.3 试验电路

续表 15

变流器工 作制等级	变压器 冷却介质	变压器 温度等级	用电阻测量的 绕组极限温升 K
		A	45
VI	空气	A	40
		B	55
		H	85
	油	A	50

6.4.7 功率因数测定

一般情况下,不需要测量功率因数,当要求测量时,应测定总功率因数 λ 。

6.4.8 固有电压调整率测量

使变流器电压等于额定值,饱和电抗器(如有)的控制电流、延迟角等调到规定值,在不同的直流电流下测量直流电压和直流电流。

固有直流电压调整率也可以根据轻载试验、额定电流试验取得的数据计算(见 GB/T 3859.2)。

6.4.9 均衡度测量

6.4.9.1 电压均衡度测量

测量电压均衡度的目的是为了检查变流器串联连接的电力半导体器件的瞬态和稳态的电压均衡度是否符合产品技术条件的规定。本试验可与功能试验(6.4.2)或负载试验(6.4.4)结合进行,方法如下:

- a. 测量仪表:示波器,峰值电压表,存贮示波器,智能化仪表等;
- b. 测量方法:直接测量半导体器件上的电压瞬时值;
- c. 测量程序:调整输入电压等于额定值,相控设备应使输出电压处于最不利的相位,负载电流等于规定的满足试验要求的最小值,测量每个半导体器件的正、反向电压;
- d. 电压均衡度计算:

$$K_U = \frac{\sum_{i=1}^{n_s} U_i}{n_s \cdot U_{iM}}$$

式中: $\sum U_i$ —— 串联器件承受的峰值电压的总和, V;

U_{iM} —— 串联器件中分担最大电压份额的器件所承受的峰值电压, V;

n_s —— 串联器件数。

式中： $\sum I_i$ ——流过各并联支路电流平均值的总和，A；
 I_{iM} ——并联器件中分担最大电流份额的元件所承担的电流，A；
 n_p ——并联的器件数。

电流均衡度符合产品标准规定则为合格。

6.4.10 过载能力试验

过载能力试验是负载试验的一部分，应结合在一起进行。

变流器在额定运行情况下，在规定的時間间隔施加规定的短时过电流值，若在现场进行实际负载试验，则应按实际负载要求所规定時間间隔、电流大小并顺序投入运行，变流器均应能正常工作，记录试验

若本试验作为型式试验在工厂内进行，可按5.6.3的要求进行。

6.4.11 辅助装置的检验

变流器辅助装置的检验主要在于对电气元件、泵、风机等辅助装置的性能进行检验。但只要这些元

性能也应检验；

b. 直流侧短路保护检验

在直流侧做人为短路，检验快速熔断器和快速开关等保护器件的正确动作；

c. 交流侧短路保护检验

在电路臂做人为短路，检验交流侧保护器件的正确动作。

6.4.13.2 过电压保护检验

装置过电压(见5.7.8.3)的测量一般可使用高频示波器，其频率响应须在40 MHz以上，有条件时，可与同步开关及峰值电压表配合使用，测量数据以示波器为准。

a. 分合闸引起的浪涌过电压保护措施的检验

本项试验可与功能试验结合进行。测量时将测量仪器接至直流侧正负端子，并在变流器直流侧开路的情况下使变流器网侧开关作分合闸操作，记取过电压峰值，如此至少重复5次，如果变流器在实际运行时不可能开路，则允许在轻载条件下进行试验；

b. 快速开关引起的浪涌过电压保护措施的检验

本试验可与短路保护的检验结合进行，或在额定负载下使快速开关动作，测量其过电压峰值。

以推算事故条件下的过电压；

c. 换相过电压的检验

本项试验可与负载试验及短路保护的检验结合进行，分别测量其正常和事故状态下的数据；

d. 大气过电压保护措施的检验

有关大气过电压保护措施的检验可参照有关标准对大气过电压试验的规定进行。

6.4.14 抗扰试验

变流器的抗干扰试验尽可能依据所规定的电气条件进行，应包括主电源和引(进)线的干扰(见GB/T 3859.2和GB 10236)，试验可按产品技术条件和有关文件的规定进行。

6.4.15 射频干扰和传导噪声试验

若合同或有关文件对射频干扰和传导噪声有要求，则应规定实际使用的负载，并依据相应的标准、

检查亦应记录所使用的电力半导体器件、各种电器零件的型号、规格和合格证记录,均应符合有关标

准或产品技术条件的规定。

若装置中有串并联使用的电力半导体器件,检查其电气性能参数(以表格形式附于产品出厂合格证书)是否齐全。

6.4.19.2 柜体检验

柜体结构的外形尺寸、焊缝、安装孔距、金属零件镀层、紧固零件的安装等均应符合有关标准或技术文件的规定。

6.4.19.3 装配检验

变流器电器元件的安装,在正常使用条件下应不致危害人身的安全。易损件应便于更换和维修。

变流器主电路各电气元件与母线的连接、母线相序排列和漆色、绝缘标志等、二次回路的配线、相

接、接插件、标志和编号等,均应符合有关标准或技术文件的规定。

6.4.19.4 冷却系统的检验

对液冷系统,施加 200 ± 25 kPa 水压,保持30 min,应无渗漏现象。油浸式的油箱,施加 35 ± 5 kPa 的

关于产品标牌的有关规定。

8.1.1 变流设备铭牌的内容

- a. 型号和产品出厂序号；
- b. 输入相数(或用 D.C 标志)；
- c. 额定输入电压(逆变器用额定输入直流电压)；
- d. 额定输入电流(逆变器用额定输入直流电流)；
- e. 额定输入频率(如有)；
- f. 输出相数(或用 D.C 标志)；
- g. 额定输出电压(对整流器/逆变器,用额定直流电压/交流电压)；
- h. 额定输出电流(对整流器/逆变器,用额定直流电流/交流电流)；
- i. 额定输出频率(如有)；
- j. 输出电压范围(若输出电压可调)；
- k. 输出频率范围(若输出频率可调)；
- l. 负载类型(若限定,应标明)；
- m. 工作制等级： —

- n. 抗干扰等级(不标明则为 B 级)；
- o. 主电路联结；
- p. 制造依据(标准号)；
- q. 重量、制造厂名及制造日期。

注：小型设备可以省略 a 中的出厂序号、d、i~l 各项。

8.1.2 变流装置的铭牌内容

- a. 型号和产品出厂序号；
- b. 输入相数(或用直流标志)；
- c. 额定输入电压(逆变器用额定输入直流电压)；
- d. 额定输入电流(逆变器用额定输入直流电流)；
- e. 额定输入频率(如有)；
- f. 输出相数(或用 D.C 标志)；
- g. 额定输出电压(对整流器/逆变器,用额定直流电压/交流电压)；
- h. 额定输出电流(对整流器/逆变器,用额定直流电流/交流电流)；
- i. 额定输出频率(如有)；
- j. 负载类型(若限定,应标明)；
- k. 工作制等级；
- l. 抗干扰等级(不标明则为 B 级)；
- m. 主电路联结形式；
- n. 制造依据(标准号)；
- o. 重量、制造厂及制造日期。

注：① 型号以每台变流变压器为基础，额定电流以每台变流装置为基础；

② 如果变流器、电抗器或其他部件不与变流装置结合成一个整体，而是一个独立的设备，则这些设备应按其技术条件要求单立铭牌；

③ 在足以标明产品特性的前提下，小型变流器的铭牌内容允许适当简化。

8.2 包装

应符合 JB 4276 和 GB/T 13384 的规定。

- a. 装箱清单;
- b. 产品合格证明书;
- c. 产品安装及使用说明书;
- d. 产品成套及备件一览表。

8.3 运输

产品在运输过程,不应有剧烈振动、冲击和倾倒放置。

8.4 储存

产品在储存保管期间,应放在空气流通,温度和湿度符合本标准5.1.3的规定,及无腐蚀性气体的仓库中。

产品在储存保管时,不应淋雨、曝晒,并避免出现凝露和霜冻,以防损伤设备。

附加说明:

本标准由中华人民共和国机械电子工业部提出。

本标准由全国电力电子学标准化技术委员会归口。

本标准由机电部西安电力电子技术研究所负责起草。

本标准主要起草人周观允。