

半导体变流器 变压器和电抗器

代替 GB 3859-83

Semiconductor converters—Transformers and reactors

本标准等效采用 IEC-1-3(1991)《半导体变流器:一般要求和电网换相变流器 第3部分: 变压器和电抗器》。

1 范围

本标准规定的仅是关于变流变压器的特殊性能要求。因而,有关变压器的共性要求应参见 GB 1094 和 JB 2530 以及 IEC 变压器* 标准的规定。

通常情况下,整流变压器在非正弦电流波形下运行。单拍联结时,每个阀侧绕组的电流均含有直流分量,在设计及试验时应以特别注意。某些情况下,外部短路及元件故障有可能产生异常应力,需进行特殊设计。

某些型式的变压器,正常运行时的电压波形不是正弦。此时,其设备的铁损可以通过施加正弦电压来确定,该正弦电压的半周算术平均值和基波频率应与工作时的电压相同。

2 相关标准

GB 1094 电力变压器

GB/T 3859.1 半导体变流器 基本要求的规定

GB/T 3859.2 半导体变流器 应用导则

JB 2530 变流变压器

3 变流变压器额定值

3.1 额定电流值

3.1.1 由公共阀侧绕组供电的单变流器或双变流器

在最高冷却温度不超过其热极限时,变流变压器应能连续承受相应于变流器额定直流电流的电流,及其后承受规定持续时间的过载电流(规定值),(见 GB/T 3859.1 第 5.6.3 条)。

3.1.2 每一晶闸管装置均有独立阀侧绕组的双变流器

在最高冷却温度不超过其热极限时,变流变压器的每个次级绕组应能连续地承受对应于变流器额定直流电流的相应电流,随后,在规定的持续时间内承受规定的过载电流(见 GB/T 3859.1 第 5.6.3 条)。

* IEC76 电力变压器。

当两个阀侧绕组共用一个网侧绕组时,其额定电流的确定与第 3.1.1 条相同。

3.2 冷却媒质的温度极限

温升极限规定见第 5.3 条,当本标准的规定与 JB 2530 有出入时,供需双方可协商解决。

3.2.1 户外空气冷却设备

变流变压器应设计在不超过 40℃ 的环境空气温度下工作,年平均温度不高于 20℃,以及任何 24h 的平均温度不高于 30℃。

3.2.2 户内空气冷却设备

变流变压器应设计在不超过 40℃ 的环境空气温度下工作。

3.2.3 水冷设备

变流变压器应设计在冷却水进口温度不超过 25℃ 的条件下工作。

4 变压器及电抗器的损耗和电压降

4.1 变压器绕组的损耗

正常运行情况下,绕组中产生的损耗包括用直流法测得的绕组电阻的损耗、由涡流以及在绕组和框架部分的杂散磁通所产生的附加损耗(与频率有关)。由于谐波的存在,绕组的实际损耗需在变压器与装置正常运行情况下测量。

因这种测量方法太复杂且不准确,故不予推荐,除非变压器和装置的总损耗合成一次测量。此时,对额定输出不超过 300 kW 的设备,其损耗可以在正常额定负载运行时测量。

在其他所有情况下,绕组损耗是在正弦电流下,由短路测量的结果来计算。这种方法的依据是:假定其重叠角忽略不计(见表 2),绕组所通过的正弦电流与装置运行时在绕组所存在的电流具有相同的方均根值。

由于绕组同装置在正常运行期间的电流方均根值较试验时略微偏小,因而存在一正误差。假定该正误差由运行时由被忽略的(谐波产生)附加杂散损耗所引起的负误差来补偿。

4.2 相间变压器、均流电抗器、串联平波电抗器、互感器以及其他电流调节辅助设备的损耗

4.2.1 平衡电抗器(相间变压器)

厂方应在所提供磁通计算的频率和电压下测量铁芯损耗,而磁通是与变流器在额定电流和电压及规定相位控制下的运行状况相对应,所使用的频率可调节到非常接近于相间变压器的主频率。

绕组损耗可由绕组直流电阻和绕组直流电流的平方的乘积来计算。

4.2.2 均流电抗器

均流电抗器的铁心损耗通常忽略不计。

绕组损耗,既可在变流器损耗测量时作为其一部分进行测量,也可由测得的绕组直流电阻和绕组上电流方均根值的平方的乘积来计算,且基于电流波形为矩形。

4.2.3 串联平波电抗器

其铁心损耗通常忽略不计。

绕组损耗,既可在变流器损耗测量时作为其一部分进行测量,也可由绕组的直流电阻和直流电流的平方的乘积来计算。

4.2.4 互感器及其他电流调节辅助设备

铁心损耗应在相应于变流器在额定电流、额定电网电压以及规定的直流电压下运行时的磁通情况来测量或计算。测量时所使用的频率在最接近互感器铁心磁通的主频率下进行。

功率绕组的损耗是由测得的绕组直流电阻和绕组电流方均根值的平方的乘积来计算,且基于理想的电流波形(忽略杂散电感)下进行。当功率绕组是由粗导线绕制时,则涡流损耗应用计算的方法来确定并累计。

注:这些损耗仅用于效率计算,而在设计时不计算。

4.3 变压器及电抗器的电压降

电压降在损耗测量的基础上计算得出,其计算公式见 GB/T 3859.1 第 5.7.3 条。

5 变流变压器的试验

下面规定的试验仅是变流变压器特殊性能部分的试验,全面的性能试验应按 GB 1094 和 JB 2530 的规定进行,当与本标准规定有差异时,则依据本标准的规定。

5.1 换相电抗的测量以及感性电压降的确定

5.1.1 换相电抗

为了测量换相电抗,变压器网侧端子应短路。在阀侧绕组同一换相组的相邻两相通以额定频率的交流电流,测量出这样馈电方式下端子之间的电压。换相电抗 $2X_t$ 等于由此测量计算所得出阻抗的感抗分量,至少应在每一个换相组的不同相序试验两次,并取这些测量所得的算术平均值。

一个并联或串联连接的换相组装置可由同一个网侧绕组来馈电,并且同时进行换相。这种情况下,作上述试验时,对应于这些换相组的阀侧绕组,相与相应作并联连接。

5.1.2 感性电压调整率

感性电压降可用下列公式,由 X_t 值来计算。

$$d_{x1N} = (\delta q s / 2\pi g) \cdot X_t \cdot (I_{dN} / U_{d10})$$

式中: g ——分流 I_{dN} 的换相组的组数;

q ——换相组组数;

I_{dN} ——额定直流电流;

s ——串联换相组组数;

U_{d10} ——理想空载直流电压;

δ ——每一初级绕组同时换相的换相组数。

同样,感性电压降也可由 5.1.1 所述的试验来获得,试验期间通以电流,其有效值为:

$$(\sqrt{2}/4) \cdot (\delta/g) \cdot I_{dN}$$

这种情况下,输入电压的感性分量以端子间额定电压 U_{v0} 的标么值来表示,即感性电压调整率 d_{x11} 。

表 1 所列各种联结形式的感性电压调整率,可按表 1 第 17 栏所规定的次级短路试验所得的结果来计算,除序号第 3,4,6,9 及 12 的联结形式外,其余联结时建议进行 5.1.1 规定的短路试验 (GB/T 3859.2 第 5.3.4 条)。

假如次级电流太大,不能采用此方法,可采用其他任何构成一个阀侧绕组短路的等效方法。

5.2 短路试验(型式试验及出厂试验)

进行本试验是为了获得变压器绕组的总损耗。

表 1 列出了最常用联结形式试验时适用的短路联结。变压器绕组的电流应为正弦波,其方均根值与在额定直流电流和额定频率下作正常运行时(重叠角忽略不计)存在于网侧导线中的电流相同。

短路试验 A、B、C 三种情况的输入功率应分别测量,并用 P_A 、 P_B 和 P_C 表示,总损耗可按表 1 给出的公式进行计算。

所测得的绕组损耗修正至所规定的极限温度值(表 2)加 20℃。

5.3 温升试验(型式试验)

变压器绕组的温升测量应在连续施加额定负载后进行,该温升不应超出表 2 规定值。

表 1 所给出的值以第 3.2 条所规定的环境温度和冷却媒质温度以及在不超过 1 000 m 的海拔高度下运行为基础,当冷却媒质温度较高时按本标准附录 A 修正。

表 1 变流器电联结和计算因数

联结代号	变流器联结		网侧电因数	网侧电因数	阀侧电因数	$\frac{U_{di}}{U_{v0}}$	$\frac{U_{IM}}{U_{di}}$	$\frac{d_{xN}}{e_{xN}}$	变流器损耗试验时短接的端子			变流器运行时绕组的总损耗	测量 e_{xN} 时短接的端子	
	网侧	阀侧							A	B	C			
1	2	3	4	5 6 7	8°	9	10	11	12	13	14	15	16	17
单变流器单相联结														
1				2 2	2	0.707	0.45	3.14	0.707	0-1	0-2		0.5(PA+PB)	1-2
2				3 3	3	0.577	0.675	2.09	0.866	1-2-3			PA+I²R₂/3	1-2-3
3				6 6	6	0.408	1.35	2.09	1.5	1-3-5	2-4-6		0.75(PA+PB)	1-3-5 和 2-4-6 的平均
4				6 6	6	0.408	1.35	2.09	1.5	1-2	2-3	1-3-5 和 2-4-6 的平均	(PA+2PB+3PC)/6	1-3-5 和 2-4-6 的平均
5				6 3 3/2		0.289	0.675	2.42	0.5	1-3-5	2-4-6		0.5(PA+PB)	1-3-5 和 2-4-6 的平均
6				6 2 2/3		0.236	0.45	3.14	0.75	1-3-5	2-4-6		1.125(PA+PB)/2	1-4 2-5 3-6

表 2 温升极限

变流器工作制等级	变压器冷却媒质	变压器温度等级	用电阻法测量的绕组 极限温升,K
I 和 II	空气	A	60
		B	80
H		125	
	油	A	65
	空气	A	55
B		70	
H		110	
	油	A	65
	空气	A	50
B		65	
H		100	
	油	A	60
	空气	A	45
B		60	
H		90	
	油	A	50
	空气	A	45
B		55	
H		85	
	油	A	50

注：① 温升数值是基于最高环境温度为 40℃，年平均温度不高于 20℃ 和日平均环境温度为 30℃。

② 若用户和供方取得一致，可以采用其他变压器温度等级，此时若在表中找不到温升的数值时，亦可由供需双方商定。

③ 工作制等级见 GB/T 3859.1 第 5.6.3.5 条。

附录 A

环境温度和冷却媒质温度高于规定时变压器的运行

(参考件)

当运行环境空气温度或冷却媒质温度超过正常运行条件的最高规定值时(但最多不超过 15K),为使变压器和电抗器安全运行,其允许的极限温升应相应降低,按下表修正。

冷却媒质温度高于标准值时,温升极限值的降低数

K

变压器和电抗器运行情况	工作制等级			
	I、II	III、IV	V	VI
自然风冷和强迫对流冷却 冷却空气最高温度每超过 1K 时,从 5.3 条所给的极限中扣除 (绝缘等级 A 或 B)	1.0	0.7	0.6	0.5
流体——空气冷却 年平均或日平均冷却空气最高 温度每超过 1K(无论哪一个超 过较大时),从 5.3 条所给的极 限值中扣除(绝缘等级为 A)	1.0	0.8	0.8	0.8
流体——水冷却 年平均或日平均冷却水最高温 度每超过 1K(无论哪一个超 过较大时),从 5.3 条所给的极 限值中扣除(绝缘等级为 A)	1.0	0.8	0.8	0.8

附加说明:

本标准由中华人民共和国机械工业部提出。

本标准由全国电力电子学标准化技术委员会归口。

本标准由机械工业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。