



中国国家标准汇编

127

GB 10236~10293

中国标准出版社

1 9 9 2

(京)新登字 023 号

中国国家标准汇编

127

GB 10236~10293

中国标准出版社总编室 编

*

中国标准出版社出版

(北京复外三里河)

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

版权专有 不得翻印

*

开本 880×1230 1/16 印张 45 插页 9 字数 1436 千字

1993 年 7 月第一版 1993 年 7 月第一次印刷

*

印数 1—	7 500 [精]	定价	38.90 [精]
	1 700 [平]		33.40 [平]

ISBN7-5066-0672-0/TB·262 [精]

ISBN7-5066-0673-9/TB·263 [平]

*

标 目	207—03
	207—04

出版说明

《中国国家标准汇编》是一部大型综合性工具书,自 1983 年起,以精装本、平装本两种装帧形式,分若干分册陆续出版。本汇编在一定程度上反映了我国建国以来标准化事业发展的基本情况和主要成就,是各级标准化管理机构及工矿企事业单位,农林牧副渔系统,科研、设计、教学等部门必不可少的工具书。

本汇编收入公开发行的全部现行国家标准,按国家标准号顺序编排。凡遇到顺序号短缺,除特殊注明外,均为作废标准号或空号。

本分册为第 127 分册,收入了国家标准 GB 10236~10293 的最新版本。由于标准不断修订,读者在使用和保存本汇编时,请注意及时更换修订过的标准。

中国标准出版社除出版《中国国家标准汇编》外,还出版国家标准、行业标准的单行本及各种专业标准汇编,以满足不同读者的需要。

中国标准出版社

1992 年 9 月

目 录

GB 10236—88	半导体电力变流器与电网互相干扰及其防护方法的导则	(1)
GB 10237—88	电力变压器 绝缘水平和绝缘试验 外绝缘的空气间隙	(39)
GB 10238—88	油井水泥	(46)
GB 10239—88	彩色电视广播接收机总技术条件	(75)
GB 10240—88	电声产品声音质量主观评价用节目源编辑制作规范	(122)
GB 10241—88	旋转变压器通用技术条件	(126)
GB 10242—88	录音机用永磁直流电动机通用技术条件	(157)
GB 10243—88	多层印制板用粘结片预浸材料	(175)
GB 10244—88	电视广播接收机用印制板规范	(181)
GB 10245—88	缩微阅读复印机检验片 A3	(189)
GB 10246—88	缩微阅读复印机检验片 A4	(192)
GB 10247—88	粘度测试方法	(197)
GB 10248—88	气体分析 校准用混合气体的制备 静态体积法	(224)
GB 10249—88	电焊机型号编制方法	(236)
GB 10250—88	船舶电气与电子设备的电磁兼容	(246)
GB 10251—88	滚模式软胶囊机	(289)
GB 10252—88	辐射加工用钴-60 辐照装置的辐射防护规定	(299)
GB 10253—88	液态排出流 β 、 γ 放射性活度连续监测设备	(304)
GB 10254—88	辐射防护仪器校准与定度 β 剂量率仪	(321)
GB 10255—88	γ 放射免疫计数器	(329)
GB 10256—88	放射性活度计	(339)
GB 10257—88	核仪器与核辐射探测器质量检验规则	(352)
GB 10258—88	标准核仪器插件用数字总线(NIM/GPIB)	(406)
GB 10259—88	液体闪烁计数系统	(415)
GB 10260—88	碘化钠(铯)闪烁体性能测试方法	(420)
GB 10261—88	核仪器用高、低压直流稳压电源测试方法	(433)
GB 10262—88	小面积镀(涂)层 β 反散射厚度计	(444)
GB 10263.1—88	辐射探测器环境试验基本要求与方法 总则	(453)
GB 10263.2—88	辐射探测器环境试验基本要求与方法 温度试验	(457)
GB 10263.3—88	辐射探测器环境试验基本要求与方法 潮湿试验	(459)
GB 10263.4—88	辐射探测器环境试验基本要求与方法 磁场试验	(461)
GB 10263.5—88	辐射探测器环境试验基本要求与方法 光效应试验	(463)
GB 10263.6—88	辐射探测器环境试验基本要求与方法 辐照试验	(465)
GB 10263.7—88	辐射探测器环境试验基本要求与方法 盐雾试验	(467)
GB 10263.8—88	辐射探测器环境试验基本要求与方法 振动试验	(469)

GB 10263.9—88	辐射探测器环境试验基本要求与方法	冲击试验	(472)
GB 10263.10—88	辐射探测器环境试验基本要求与方法	包装运输试验	(474)
GB 10264—88	个人和环境监测用热释光剂量测量系统		(476)
GB 10265—88	核级可烧结二氧化铀粉末	技术条件	(505)
GB 10266—88	烧结二氧化铀芯块	技术条件	(509)
GB 10267.1—88	金属钙分析方法	氯离子选择性电极法测定氯	(514)
GB 10267.2—88	金属钙分析方法	微量硅的光度法测定	(517)
GB 10267.3—88	金属钙分析方法	原子吸收法直接测定铁、镍、铜、锰、镁	(520)
GB 10267.4—88	金属钙分析方法	8-羟基喹啉-三氯甲烷萃取分光光度法测定铝	(523)
GB 10267.5—88	金属钙分析方法	蒸馏-奈斯勒试剂光度法测定氨	(526)
GB 10267.6—88	金属钙分析方法	萃取分离原子吸收分光光度法测定铁、镍、铜、锰	(529)
GB 10268—88	铀矿石浓缩物		(532)
GB 10269—88	三碳酸铀铈铵		(535)
GB 10270—88	六氟化铀中铀的重量法测定		(537)
GB 10271—88	电子元器件详细规范	3DG162 型高频放大环境额定双极型晶体管 (可供认证用)	(544)
GB 10272—88	电子元器件详细规范	3DG182 型高频放大环境额定双极型晶体管 (可供认证用)	(554)
GB 10273—88	电子元器件详细规范	3DG140 型高频放大环境额定双极型晶体管 (可供认证用)	(565)
GB 10274—88	电子元器件详细规范	4CS119 型硅高频双绝缘栅场效应晶体管	(575)
GB 10275—88	电子元器件详细规范	4CS1191 型硅高频双绝缘栅场效应晶体管	(586)
GB 10276—88	电子元器件详细规范	4CS142 型硅高频双绝缘栅场效应晶体管	(597)
GB 10277—88	电子元器件详细规范	4CS1421 型硅高频双绝缘栅场效应晶体管	(609)
GB 10278—88	电子元器件详细规范	CS4220A 型单栅 N 沟结型场效应晶体管 (可供认证用)	(621)
GB 10279—88	电子元器件详细规范	3DG3130 型高频放大环境额定双极型晶体管	(630)
GB 10280—88	便携式风力灭火器	通用技术条件	(640)
GB 10281—88	便携式风力灭火器	台架试验方法	(644)
GB 10282—88	便携式风力灭火器	使用安全规程	(654)
GB 10283—88	便携式风力灭火器	手感振动测定方法	(656)
GB 10284—88	便携式风力灭火器	耳旁噪声测定方法	(663)
GB 10285—88	油锯	使用安全规程	(665)
GB 10286—88	割灌机	使用安全规程	(667)
GB 10287—88	食品添加剂	松香甘油酯和氢化松香甘油酯	(669)
GB 10288—88	出口羽毛	检验方法	(673)
GB 10289—88	出口水洗羽毛	检验方法	(679)
GB 10290—88	集装箱在铁路上的装卸和拴固		(688)
GB 10291—88	仪器推车基本尺寸系列		(694)
GB 10292—88	通信用半导体整流设备		(696)
GB 10293—88	8448kbit/s 正码速调整二次群数字复用设备	测试方法	(708)

中华人民共和国国家标准

半导体电力变流器与电网 互相干扰及其防护方法导则

GB 10236—88

Guide for evaluation of interference effects
and compatibility technology between semi-
conductor convertors and power supply system

1 主题内容与适用范围

本导则规定了半导体电力变流器与电网兼容问题的处理原则和方法。

本导则是 GB 3859 在半导体变流器与电网相互干扰及其防护方法方面的补充。

本导则适用于电网换相半导体变流器,其它类型的半导体变流器亦应参照使用。

本导则不涉及音频和射频干扰问题。

2 引用标准

GB 2900.33 电工名词术语 变流器

GB 3859 半导体电力变流器

SD 126 电力系统谐波管理暂行规定

3 术语

本导则所用的有关术语,部分直接引自 GB 3859,部分则是本导则所涉及的而在本专业的有关标准中尚未给出明确定义的术语。某些术语可能有更广义的含义,但此处所给出的定义,一般只反映本导则应用时的特定含义。

3.1 电气扰动

偏离电气量(频率、交流电压方均根值、交流电压不对称度、交流电压波形等)规定值的变化。

3.2 电气设备或系统的抗扰等级

电气设备或系统承受电气扰动的能力。任何扰动只要不高于规定的等级,电气设备或系统就能正常运行。

3.3 电气设备或系统受扰的类别

扰动超过规定极限值后,对运行所产生的影响程度,一般可分为三种情况,即 F 类(影响性能)、T 类(中断运行)、D 类(损坏)。

3.4 电气设备与电网的兼容性

如果系统中所有电气设备的抗扰等级都高于所在电网的扰动等级,则称电气设备与电网兼容。

3.5 兼容裕度

在一定运行条件下,对某一规定类型的扰动而言,电气设备的抗扰电平与施加于其上的扰动电平之比。

3.6 短路比

中华人民共和国机械电子工业部 1988-12-12 批准

1990-01-01 实施

在规定的运行条件及网络结构下,电网中某规定点的短路容量与变流器网侧表观功率之比。

3.7 谐波

非正弦周期波形中所含的频率为其基波频率整数倍的正弦分量。

3.8 特征谐波(变流器的)

变流器在理想三相对称条件下运行时所产生的那些谐波。对于 P 脉波的变流器,其特征谐波次数为 $KP \pm 1$,其中 $K = 1, 2, 3, \dots$ 。

3.9 非特征谐波(变流器的)

变流器产生的特征谐波以外的那些谐波。

非特征谐波可能因交流电压的不对称、延迟角不对称等原因而产生。

3.10 h 次谐波因数(h 次正弦波形畸变率)

第 h 次谐波的方均根值对基波的方均根值之比。

3.11 总谐波因数(总正弦波形畸变率)

所有各次谐波的方均根值对基波方均根值之比。计算总电压谐波因数的公式:

$$THD_u = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^n U_h^2}}{U_1} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中: THD_u —— 总电压谐波因数;

h —— 谐波次数;

U_h —— 第 h 次谐波电压的方均根值, V;

U_1 —— 基波电压的方均根值, V;

n —— 所含最高次谐波的次数。

计算总电流谐波因数的公式:

$$THD_i = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^n I_h^2}}{I_1} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中: THD_i —— 总电流谐波因数;

I_h —— 第 h 次电流的方均根值, A;

I_1 —— 基波电流的方均根值, A。

3.12 换相缺口

在电网换相变流器的换相期间,由于换相而引起的电网电压波形的突变(陷落)。

3.13 电压闪变

电网电压波动的频率和幅度使接在同一母线上的白炽灯亮度产生人眼明显感到忽明忽暗的变化,这种电压变化即称为电压闪变。

3.14 滤波器

一种用来减少流入电力系统某一部分的谐波电流,或降低加到电力系统某一点上谐波电压的电力设备。

3.15 并联滤波器

与所要保护的装置或系统并联的一种滤波器,它对要限制注入的谐波电流呈现低阻抗,从而限制谐波电流注入被保护的设施。

并联滤波器通常由电容、电感、电阻构成,确定其参数时,应使它在某些特定频率或频带下呈现低的阻抗。例如:单调谐、双调谐、高通等滤波器。

4 变流器对电网的干扰

4.1 网侧的电流谐波和电压谐波

变流器等非线性电力设备接在电网中使用时,它们从电网吸收有功电流和无功电流的同时,也向电网注入谐波电流,而谐波电流在电网阻抗上产生的谐波压降,使电网各点电压产生畸变,干扰了电网中其它设备的良好运行。谐波对电网的干扰程度通常用电压和电流的谐波因数来衡量。

当电网中的电力电容器(如补偿电容器、滤波器中的电容器)与变流器共存时,电容与系统间可能发生并联谐振,从而放大谐波。关于并联谐振问题见本导则第7.4条。

4.1.1 变流器产生的谐波电流

4.1.1.1 谐波电流幅值

在理想情况下,假定电网换相变流器的直流电流平直,其电压脉波数为 P ,则网侧电流中只含有 $h = KP \pm 1$ 次的特征谐波(式中 K 为正整数)。第 h 次谐波的理论幅值为 $I_h = I_1/h$ (式中 I_1 为基波的幅值)。

实际上由于各种非理想因素(电网电压不对称,触发延迟角不对称等)的存在,不可避免的产生非特征次数的谐波。

由于换相重叠现象、直流电流脉动等,实际的谐波值将与理论值有所不同。大量统计表明,六脉波及其以上的变流器所产生的谐波电流对基波电流之比的典型值如表1所列:

表 1

脉波数 P	谐波次数 h (相对于基波电流的标么值)							
	5	7	11	13	17	19	23	25
6	0.175	0.110	0.045	0.029	0.015	0.010	0.009	0.008
12	0.026	0.016	0.045	0.029	0.002	0.001	0.009	0.008
18	0.026	0.016	0.007	0.004	0.015	0.010	0.001	0.001
24	0.026	0.016	0.007	0.004	0.002	0.001	0.009	0.008

其中 h 次特征谐波也可用式(3)和式(4)进行估算:

$$I_h = I_{1L}/(h - 5/h)^{1.2} \quad 5 \leq h \leq 31 \quad \dots\dots\dots(3)$$

其中:

$$I_{1L} = S_{1L}/U_{LN} \times \sqrt{3} \quad \dots\dots\dots(4)$$

式中: I_{1L} ——网侧基波电流,A;

S_{1L} ——变流器网侧表观功率,VA;

U_{LN} ——网侧线电压,V。

若变流器运行时的延迟角 α 、重叠角 u (或感性直流电压调整率 d_x)已知,则谐波电流可由式(5)计算:

$$I_h = \frac{I_{1L}[a^2 + b^2 - 2ab\cos(2\alpha + u)]^{1/2}}{d} \quad \dots\dots\dots(5)$$

式中: $a = \frac{1}{h-1}\sin[(h-1)u/2]$;

$b = \frac{1}{h+1}\sin[(h+1)u/2]$;

$d = h[\cos\alpha - \cos(\alpha + u)]$ 或 $d = 2hd_x$ 或直接从图1查得。

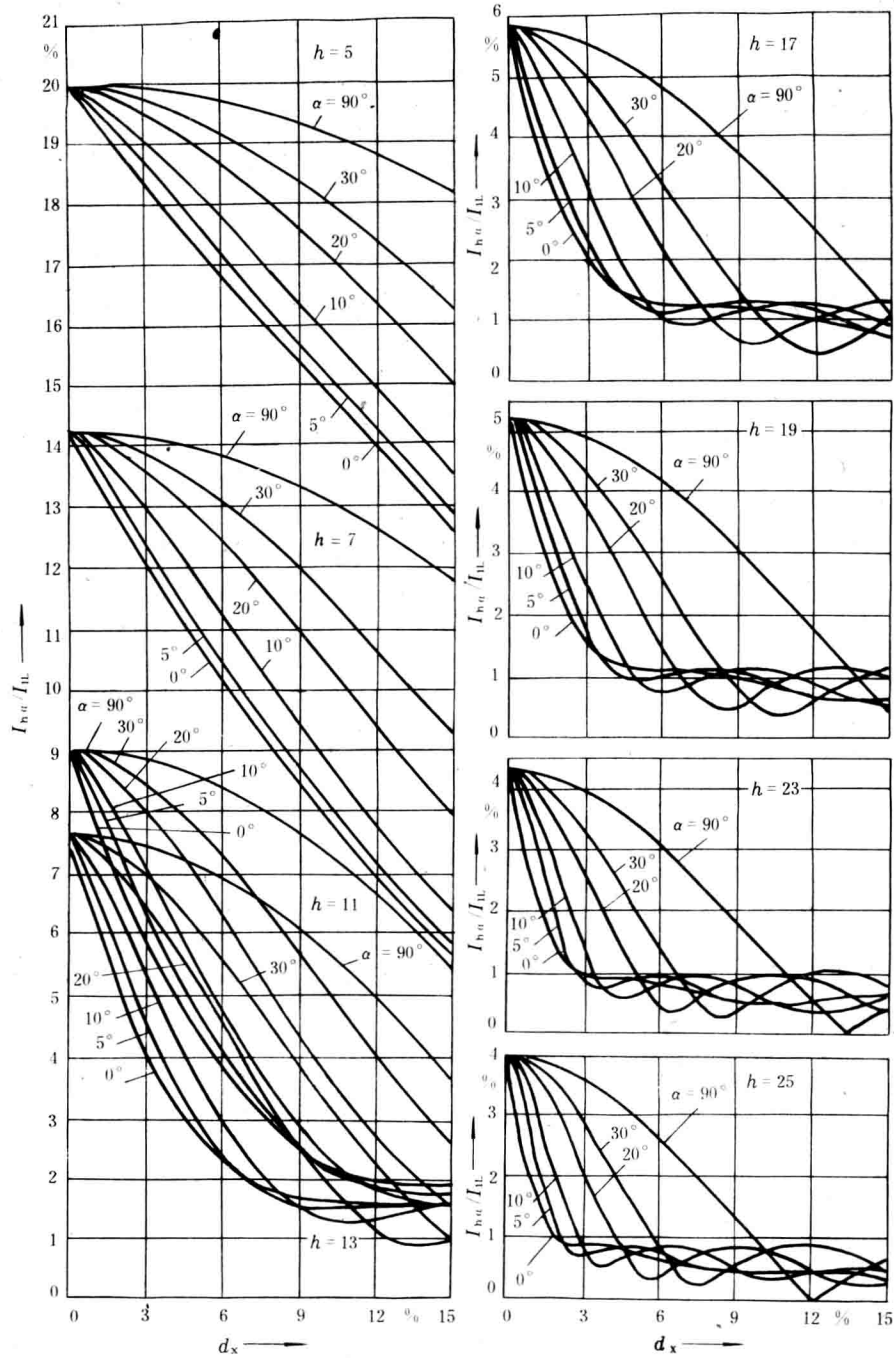


图 1

- 注：① 逆变工作状态时，用裕度角 γ 代替延迟角。
 ② 本图计算中假定直流平波电感 $L_d = \infty$ 。
 ③ I_{h0}/I_{1L} 为延迟角 α 下 h 次谐波电流与理想基波电流之比。
 ④ d_x 为固有直流电压调整率的感抗分量。

当直流电流的脉动分量增大时,网侧电流中的5次谐波可能比计算值增大20%~50%,其他次数的谐波将略有减小。

脉波数较高的变流器所产生的非特征谐波,一般为六脉波变流器特征谐波的10%~15%。

4.1.1.2 谐波电流的相位移

假定网侧电流为梯形波, $h = KP \pm 1$ 次谐波电流的相位移角由式(6)计算:

$$\phi_h = (KP \pm 1)\phi_1 + KP\theta \quad \dots\dots\dots (6)$$

式中: ϕ_h —— h 次谐波电流的相位移角;

K —— 正整数;

P —— 脉波数;

θ —— 变压器的移相角;

ϕ_1 —— 基波的位移角。

注: 在谐波次数较高时,相角计算的误差很大。一般说,13次以上谐波的相角计算已失去实际意义。

4.1.2 谐波计算

4.1.2.1 谐波等值电路

在谐波分析计算中,通常将变流器等效为若干个不同频率的独立的谐波电流源。这些谐波电流源互不相干地共同作用于变流器网侧电路上,按叠加原理,其综合作用等于变流器对电网的作用。

电力系统中的元件如变压器、输电线、电容器、电抗器及电力负载等对不同次数的谐波呈现出不同的阻抗。所以,在谐波分析计算中,应采用与所计算谐波相应的等值电路。

a. 对于高压系统(6 kV 及以上),当输电线路较长时(例如:在40 km,35 kV 以上的架空线;5 km,6 kV 以上的电缆),其电容值对谐波阻抗的影响不容忽视,计算时可用 Π 型等值电路来近似;

b. 同步发电机的第 h 次谐波阻抗,可用该谐波次数乘它的次暂态电抗值来近似;

c. 其它负载的阻抗对谐波计算的影响,只有当这些负载的容量与其所接入系统的短路容量可相比拟时才给予考虑。若系统的短路容量远远大于这些负载的容量,则它们的影响可以忽略。

4.1.2.2 注入电网谐波电流的计算

图2a 所示为一典型的具有变流器负载的配电系统单线图,图2b 为第 h 次谐波等值电路。注入系统 h 次谐波电流 I_{sh} 可用此简单电路来计算。

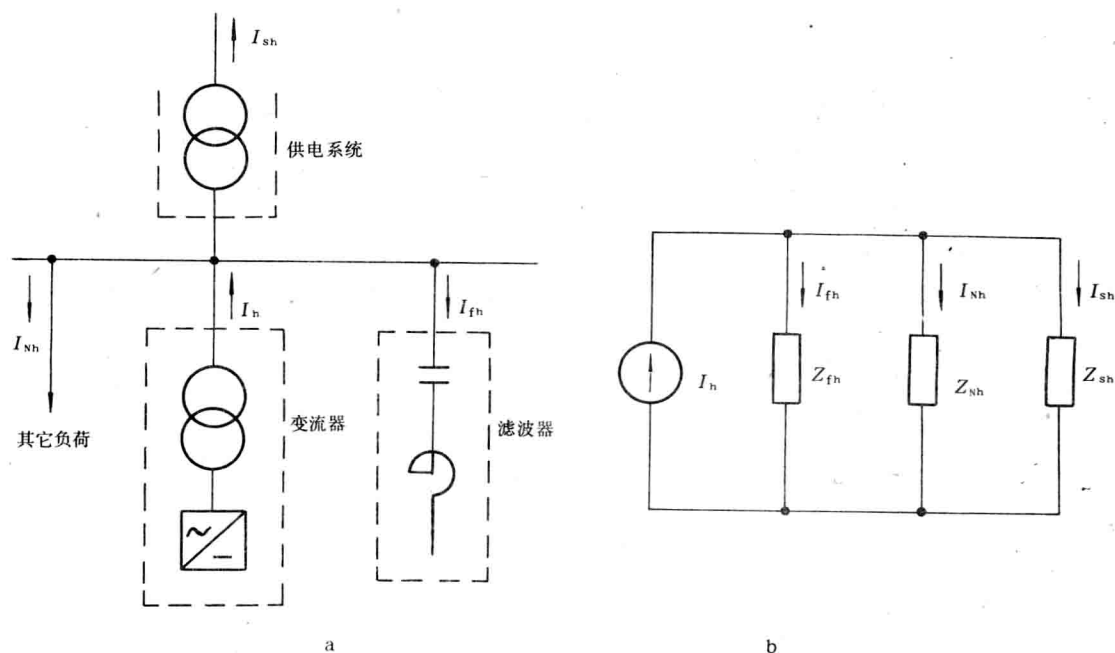


图 2

当其它负载的容量与系统短路容量相比很小时,可不考虑其影响,则:

$$I_{sh} = \frac{Z_{fn}}{Z_{sh} + Z_{fn}} I_h \quad \dots\dots\dots (7)$$

当同一配电系统中具有多台变流器时,可逐个计算每台变流器注入电网的谐波电流幅值及它们之间的相位差,然后用向量叠加法计算总谐波电流。

两台变流器同次谐波(第 h 次)电流合成值:

$$I_h = \sqrt{I_{h1}^2 + I_{h2}^2 + 2I_{h1}I_{h2}\cos\phi_{h12}} \quad \dots\dots\dots (8)$$

式中: I_{h1} 、 I_{h2} —— 两台不同变流器的第 h 次谐波电流幅值;

ϕ_{h12} —— I_{h1} 和 I_{h2} 间的相位差。

在相位差不能确定时,一般可以用式(9)计算第 h 次谐波电流的合成值:

$$I_h = \sqrt{I_{h1}^2 + I_{h2}^2 + I_{h1}I_{h2}} \quad \dots\dots\dots (9)$$

还应注意,在谐波的高次频段内,非特征谐波所占的比重将明显增加。

4.1.2.3 谐波电压及电压谐波因数计算

谐波电压是谐波电流流过电网谐波阻抗时产生的谐波压降。因而,只要得到变流器产生的第 h 次谐波电流和第 h 次谐波等值电路,便可按电路理论计算系统中任一点的谐波电压及电压谐波因数。

以图2为例,配电母线上第 h 次谐波电压为(忽略其它负载影响):

$$U_h = \frac{Z_{sh}Z_{fn}}{Z_{sh} + Z_{fn}} I_h = I_{sh}Z_{sh} \quad \dots\dots\dots (10)$$

h 次电压谐波因数为:

$$HD_u = \frac{U_h}{U_1} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (11)$$

总电压谐波因数为:

$$THD_u = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^n U_h^2}}{U_1} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (12)$$

对不含电力电容器及滤波器的电网,为计算变流器母线上的电压谐波因数,在变压器的谐波阻抗远大于系统的谐波阻抗时,可用变压器的谐波阻抗作为系统的等值谐波阻抗。

一般情况下,变压器的谐波阻抗可直接用其漏抗乘以谐波次数来近似,必要时可用式(13)计算:

$$|Z_h| = \frac{U_{LN}^2}{S_c} \cdot \frac{\left[1 + \frac{1}{(Q_s Q_p)^2} + \frac{1}{(h Q_s)^2}\right]^{1/2}}{(1/Q_p^2 + 1/h^2)^{1/2}} \quad \dots\dots\dots (13)$$

式中: $Q_s = X_s/R_s$, 约为8~10;

$Q_p = R_p/X_s$, 约为80~120;

$S_c = U_{LN}^2/X_s$;

R_s —— 与负载损耗相对应的串联电阻, Ω ;

U_{LN} —— 额定线电压, V;

R_p —— 与空载损耗相对应的并联电阻, Ω ;

h —— 谐波次数;

X_s ——主变压器漏抗, Ω 。

第 h 次电压谐波因数为:

$$HD_u = \frac{|U_h|}{U_{LN}/\sqrt{3}} = \frac{I_h |Z_h|}{U_{LN}/\sqrt{3}} \dots\dots\dots (14)$$

$$= \frac{1}{R_{sc}} \cdot \frac{1}{(h-5/h)^{1.2}} \cdot \frac{\left[1 + \frac{1}{(Q_s \cdot Q_p)^2} + \frac{1}{(hQ_s)^2}\right]^{1/2}}{[1/Q_p^2 + 1/h^2]^{1/2}}$$

式中: $R_{sc} = \frac{S_c}{S_{IL}}$;

S_{IL} ——变流器表观功率, VA。

4.1.2.4 谐波电压与 R_{sc}

低压系统使用的标准设计的电网换相变流器所引起的总电压谐波因数与脉波数 P 及最小值 R_{sc} 值之间的关系如表2所示, 计算中假定变压器阻抗采用 $Q_s = 8$, $Q_p = 100$, 且考虑有15%的非特征谐波(以六脉波变流器的理论计算值为100%)。

表 2

总电压谐波 因数 THD_u (方均根值) %	要求最小的 R_{sc} 值(适用于低压系统)											
	$P = 6$			$P = 12$			$P = 18$			$P = 24$		
	R_{sc}	A_E (百分值× 电角度)	U_5 %	R_{sc}	A_E (百分值× 电角度)	U_{11} %	R_{sc}	A_E (百分值× 电角度)	U_{17} %	R_{sc}	A_E (百分值× 电角度)	U_{23} %
1.0	231	25	0.41	150	19	0.43	106	18	0.55	99	14	0.54
1.5	154	40	0.62	100	29	0.65	71	27	0.81	66	22	0.81
3.0	77	74	1.23	50	57	1.30	35	55	1.65	33	43	1.63
5.0	46	124	2.06	30	93	2.17	21	91	2.75	20	72	2.68
8.0	29	198	3.27	19	151	3.42	31	147	4.44	12	119	4.47
10.0	23	248	4.09	15	189	4.23	10	184	5.55	9	149	5.59

注: ① 对中压系统, 所需的最小 R_{sc} 为3倍于表2所示的 R_{sc} 值, 对高压系统, 所需的最小 R_{sc} 为表2所列 R_{sc} 值的2倍。

② 表2不适用于装有电容器和滤波器的情况。

③ 表2所列数字系指变流器接入电网后引起的新增的电压谐波, 不包括该处原有的谐波。

④ 表2列出的电网电压缺口面积 A_E , 系指单个缺口的面积, 见本导则第4.2.1条。

⑤ 表中所列的谐波因数对应于变流器运行在额定网侧表观功率 S_{ILN} 下的数值。

4.1.3 谐波限制

为了保证电力系统中各电器设备的良好运行, 必须限制变流器对电网的干扰程度。表3和表4分别给出了电网电压谐波因数极限值和用户注入电网的谐波电流允许值。

表 3

供电电压 U kV	总电压谐波因数 THD_u %	各次电压谐波因数 HD_u , %	
		奇次	偶次
0.38	5	4	2
6或10	4	3	1.75
35或63	3	2	1
110	1.5	1	0.5

注: 表中数据取自 SD 126。

表 4

供电电压 U kV	相应电网短路 容量 S_k MV·A	谐波次数及谐波电流 I_k 允许值(方均根值),A									
		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0.38	10	53	30	27	61	13	43	9.5	8.1	7.6	21
6或10	100	14	10	7.2	12	4.8	8.2	3.6	3.2	4.3	7.9
35或63	260	5.4	3.6	2.7	4.8	2.1	2.1	1.6	1.2	1.1	2.9
≥ 110	750	4.9	3.9	3	4	2	2.8	1.2	1.1	1	2.7

供电电压 U kV	相应电网短路 容量 S_k MV·A	谐波次数及谐波电流 I_k 允许值(方均根值),A							
		12	13	14	15	16	17	18	19
0.38	10	6.0	18	5.4	5.1	7.1	5.7	4.2	3
6或10	100	2.4	6.7	2.1	2.9	2.7	2.5	1.6	1.5
35或63	260	1.1	2.5	1.5	0.7	0.7	1.3	0.6	0.6
≥ 110	750	1	3	1.4	1.3	1.2	1.2	1.1	1

注：表中数据取自 SD 126。

当用户本身的用电设备对谐波电压的要求较表3规定的极限值更为严格时,还可提出更为严格的限制。而表4所列注入电网的谐波电流最大允许值是对表列短路容量值的电网而言的,当实际电网容量与表列电网容量不同时,允许注入的谐波电流值由式(15)计算:

$$I_h = \frac{S_c}{S_k} I_k \dots\dots\dots (15)$$

- 式中: I_h —— 实际允许注入的谐波电流,A;
 I_k —— 表4所列的谐波电流值,A;
 S_k —— 表4所列的电网短路容量,MV·A;
 S_c —— 电网的实际短路容量,MV·A。

对于较小容量的电网换相变流器(见表5所示),一般不需核算注入电网的谐波,可直接接入相应的电网。

4.1.4 谐波抑制

谐波抑制的目的是降低母线上的电压和电流谐波因数,使其不超过国家标准规定的数值,但谐波电压不仅与谐波电流有关,还与电网的谐波阻抗有关。

表 5

用户供电电压 kV	三相变流器,kV·A			三相交流调压器,kV·A	
	3脉波	6脉波	12脉波	对称控制	非对称控制
0.38	8	12	—	14	10
6或10	85	130	250	150	100

注：表中数据取自 SD 126—84《电力系统谐波管理暂行规定》。

4.1.4.1 提高短路比 R_{sc}

在设计和实际应用中,尽量选取较高的 R_{sc} 值是抑制谐波和一切干扰的有效措施,推荐的最小 R_{sc} 值

如表2所示。

4.1.4.2 变流器本身采取的措施

增加变流器的脉波数是减少谐波电流的有效措施。一般大容量变流器本身就需要多个变流器串、并联构成,因而适当增加脉波数并不增加投资。但脉波数超过12时,要考虑对投资和维修带来的影响,应控制使用。36脉波数以上对减少谐波已无明显效果,不推荐使用。

非均一联结(半控桥)会产生偶次谐波。在容量较大的变流器中不宜采用。

3脉波的联结方式还会产生直流分量,因而必须使用适当的变流变压器,以防止直流分量流入电网。

延迟角的不对称将增大非特征谐波。在大型变流器中,延迟角的对称性应有严格的要求。

正常运行时,避免在深度相位控制下工作,也能减小谐波电流。

4.1.4.3 滤波器

变流系统产生的谐波电流超过电力部门规定或母线电压(总的或某一次的)谐波因数超过规定,或因附近通讯系统有特殊要求等情况时,可以设置滤波器,以减小谐波及其影响。

通常,一套滤波装置包括几个单调谐的并联滤波器,有时还加一个高通并联滤波器。

单调谐滤波器的滤波对象是幅值较大的,如5、7、11、13次奇次谐波中的某一次谐波。一般系统中即使出现少量的偶次谐波电流,这些奇次谐波的滤波器也有一定的滤波作用。如果偶次谐波很大,也可设置偶次滤波器。总之,应根据变流系统发生谐波的大小、次数以及电力系统对谐波的限制要求来确定滤波器的个数、容量及调谐次数。

高通滤波器的主要对象是同时滤除幅值较小的几个高次谐波,如17、19、23、25、……次谐波。高通滤波器仅在变流系统产生的谐波电流很大,而且用几个单调谐滤波器尚不能满足要求时使用。

一般,滤波器总是兼起无功补偿的作用,因而设计滤波器时总是兼顾到无功补偿的需要。有关内容参见第7.3条。

设计滤波装置时主要考虑因素有:

- a. 使流入电力系统的谐波电流及由此而引起的电压谐波不超过规定值;
- b. 成套滤波装置发出的总无功功率等于(或稍大于)按改善功率因数需要的无功功率;
- c. 滤波器在电网频率变动、滤波元件参数(特别是电容量)随温度变化而变动下正常失谐时,仍能满足滤波要求;
- d. 滤波器应能承受正常的换相过电压及冲击电流而不会受到损伤(特别是电容器);
- e. 对滤波器的非正常失谐,应有相应的保护措施;
- f. 滤波器的正常操作,应保证不致由于个别滤波支路切除而使其它未切除部分产生并联谐振。滤波器应尽可能设置在靠近谐波电流发生源的地方。

滤波器中元件的参数在运行过程中应定期检测,以免因参数变化而失去滤波作用。

4.1.4.4 谐波注入

由自关断电力半导体器件构成的采用脉冲宽度调制方式工作的谐波电流发生器(电力有源滤波器),可产生相位、频率、幅值可调的谐波电流,将这些谐波电流注入系统,以抵消原有的谐波,这也是一种消除谐波的方法。目前还只在容量较小、对谐波限制极为严格的系统中使用。

4.2 换相缺口

电网换相变流器在换相期间,参与换相的两相交流端子被瞬时短路,使变流器阀侧线电压突降到接近于零。由于网侧存在电抗,这一电压突变现象将使电网的不同供电点出现电压缺口。电压缺口的宽度等于换相重叠角,其深度取决于各供电点的短路阻抗比。

换相引起的电压缺口使电网电压发生突变,可能激发起高频振荡、干扰通讯和电子设备的工作。对变流器本身,若缺口宽度比触发脉冲的宽度还要宽,则会造成触发失败,使逆变器故障和整流器工作不稳定。换相缺口在低压配电系统中尤为明显。

图3示出了典型六脉波变流器阀侧电压缺口波形图。

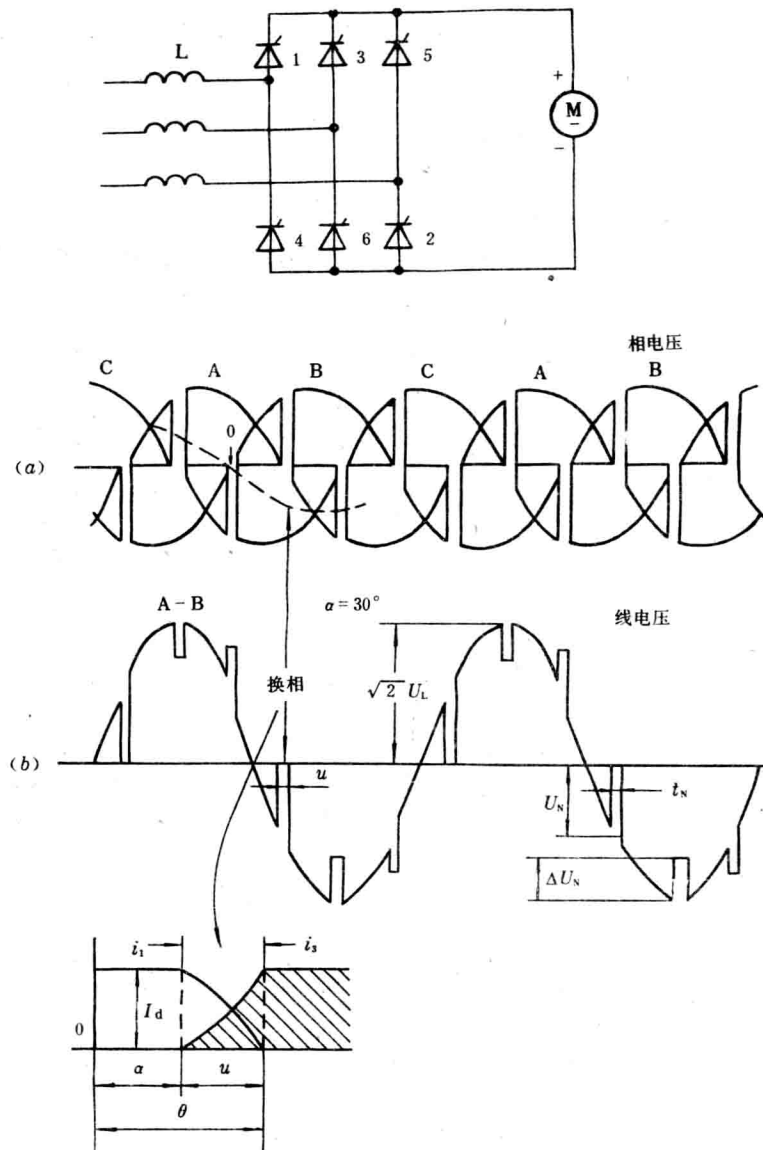


图 3

注：为了清楚起见，图中的换相缺口已予放大，且略去寄生振荡。

4.2.1 换相缺口计算

4.2.1.1 换相缺口面积的计算

换相引起的交流电压波形缺口面积，取决于从“无穷大”电源到所计算点之间的电路阻抗所吸收的伏秒积。缺口面积体现出变流器对其他负载发生影响的程度。不考虑电容效应，对典型的六脉波变流器在电网某点所引起的电压缺口面积（主换相缺口），可由式(16)计算：

$$A_N = U_{di}/6fR_{sc} \quad \dots\dots\dots (16)$$

式中： A_N —— 所计算的缺口面积， $V \cdot s$ ；

U_{di} —— 变流器理想空载电压， V ；

f —— 频率， Hz ；

R_{sc} —— 计算点的电网短路容量对变流器表观功率之比。

若面积用该点线电压峰值的标么值和电角度为单位，则：

$$A_E = 57.28/R_{sc}(\text{百分值} \times \text{电角度}) \quad \dots\dots\dots (17)$$

以上计算都忽略了短路阻抗的电阻分量。示例见图4。

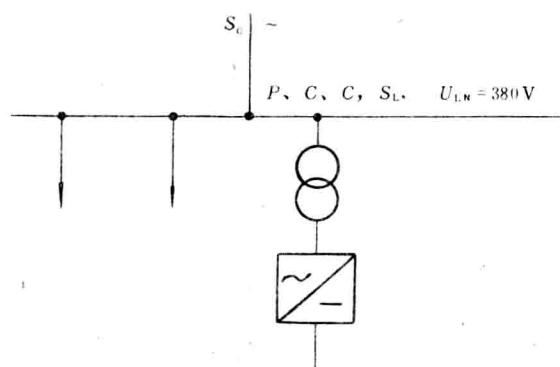


图 4

$$f_1 = 50 \text{ Hz};$$

$$U_{LN} = 380 \text{ V} (P, C, C \text{ 处的额定线电压});$$

$$U_{di} = 513 \text{ V};$$

$$R_{sc} = \frac{S_c}{S_{1L}} = 75$$

采用三相桥式整流电路,则公共耦合点 P, C, C 处换相主缺口面积:

$$A_N = 513/6 \times 50 \times 75 \times 10^{-6} = 22\,800 \text{ V} \cdot \mu\text{s}$$

$$\text{或: } A_E = (57.28/75) \times 100 = 76.4 (\text{百分值} \times \text{电角度})$$

4.2.1.2 缺口宽度的计算

不计寄生电容的影响,换相缺口的宽度等于重叠角。当不考虑电路中所有电容对换相的影响时,只要延迟角及换相电流 I_d 相同,则电网各点上的换相缺口的宽度将保持不变。

4.2.1.3 换相缺口深度的计算

换相缺口的深度在变流器阀侧端子处为交流电压瞬时值的100%,在电网的不同点,则由该处的短路容量对表观功率之比 R_{sc} 决定,深度随 R_{sc} 的增大而减小。缺口深度:

$$D = \frac{A_N}{t_N} (\text{V}) \quad \dots\dots\dots (18a)$$

或:

$$D = A_E/u(\%) \quad \dots\dots\dots (18b)$$

式中: t_N —— 缺口宽度, s 或 μs ;

u —— 重叠角, 用电角度表示。

4.2.2 有独立变流变压器时换相缺口的计算

计算中认为电网和变压器的短路阻抗的电阻分量近似为零。

系统如图5所示: