

ICS 29.240.99

K 46

备案号: 17632-2006

DL

中华人民共和国电力行业标准

DL/T 994 — 2006

火电厂风机水泵用高压变频器

High voltage variable frequency drive used in draft fan and
pump of power plant

2006-05-06 发布

2006-10-01 实施

中华人民共和国国家发展和改革委员会 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.....	2
4 型号命名.....	2
5 火电厂风机水泵用高压变频器系统集成.....	2
6 技术要求.....	4
7 试验方法.....	7
8 检验规则.....	10
9 标志、包装、运输与贮存.....	11
附录 A（资料性附录） 常用的高压变频器拓扑结构.....	12

前 言

本标准是根据《国家发展改革委办公厅关于下达 2004 年行业标准项目计划的通知》（发改办工业〔2004〕872 号文）的安排制定的。

风机泵类等负荷采用变频调速技术实现节能运行是我国节能的一项重点推广技术。火电厂风机水泵用电动机多为 6kV 及以上高压大功率电动机，国内外厂家生产的高压变频器已在我国火电厂开始投入运行。由于火电厂生产流程、操作规则以及环境要求均具有一定的特殊性，有必要对电力行业用高压变频器的生产、技术要求和试验内容等进行相应的规定。

本标准的附录 A 是资料性附录。

本标准由中国电力企业联合会提出和归口。

本标准委托湖北三环发展股份有限公司负责解释。

本标准起草单位：湖北三环发展股份有限公司、华中电网有限公司、武汉大学、山东新风光电子科技有限公司、东方日立（成都）电控设备有限公司、北京动力源科技股份有限公司。

本标准主要起草人：毕平劲、刘华钢、查晓明、赵永生、尹鹏飞、崔扬、付旬。

火电厂风机水泵用高压变频器

1 范围

本标准规定了火电厂风机水泵用高压变频器的技术要求、试验方法、检验规则及标志、包装、运输与贮存。

本标准适用于火电厂风机水泵类负载的高压交流变频调速系统或类似负载的高压交流变频调速系统的制造和安装；本标准不适用改变频率和电压来控制交流高压电动机速度以外的高压变频器。

本标准包含的高压变频器额定输入电压范围为交流 1kV~10kV，输出电压为交流 0kV~10kV；额定输入频率为 50Hz 或 60Hz、输出频率为 0Hz~50/60Hz。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单（不包括勘误的内容）或修订版均不适用于本标准，然而，鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。

GB 156—2003	标准电压 (neq IEC 60038:1983)
GB 191	包装储运图示标志 (eqv ISO 780)
GB/T 1182	形状和位置公差 通则、定义、符号和图样表示法 (eqv ISO 1101)
GB/T 1184	形状和位置公差 未注公差值 (eqv ISO 2768-2)
GB/T 1804	一般公差 未注公差的线性和角度尺寸的公差 (eqv ISO 2768-1)
GB/T 2423.1	电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验 A：低温 (idt IEC 60068-2-1)
GB/T 2423.2	电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验 B：高温 (idt IEC 60068-2-2)
GB/T 2423.3	电工电子产品基本环境试验规程 试验 Ca：恒定湿热试验方法 (eqv IEC 60068-2-3)
GB/T 2423.5	电工电子产品环境试验 第二部分：试验方法 试验 Ea 和导则：冲击 (idt IEC 60068-2-27)
GB/T 2423.10	电工电子产品环境试验 第二部分：试验方法 试验 Fc 和导则：振动 (正弦) (idt IEC 60068-2-6)
GB/T 14048.1	低压开关设备和控制设备 总则 (eqv IEC 60947-1)
GB/T 4588.1	无金属化孔单双面印制板分规范 (idt IEC/PQC 89)
GB/T 4588.2	有金属化孔单双面印制板分规范 (idt IEC/PQC 90)
GB 4798.1	电工电子产品应用环境条件 第1部分：贮存 (mod IEC 60721-3-1)
GB 4798.2	电工电子产品应用环境条件 运输 (neq IEC 60721-3-2)
GB 9969.1	工业产品使用说明书 总则
GB 12668.3	调速电气传动系统 第3部分：产品的电磁兼容性标准及其特定的试验方法 (idt IEC 61800-3)
GB/T 14436	工业产品保证文件 总则
GB/T 14549	电能质量 公用电网谐波
IEC 61850	变电站通信网络和系统

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1

高压变频器 high voltage variable frequency drive

以改变频率和输出电压控制交流高压电动机转速的调速控制装置。

3.2

过载能力 over load capability

在规定的时间内能够供给的，但不超过规定运行条件下设定限值的最大电流。

3.3

电压不平衡 voltage imbalance

在多相系统中所出现的一种状态，即各线电压的基波分量有效值或者相邻相之间的相位角不完全相等。

3.4

旁路装置 by-pass equipment

特指能人为控制电动机由高压变频器输出驱动或电网直接驱动的设备。

3.5

软启动 soft-start

通过控制电动机的输入电压和频率，限制电动机启动电流的方法。

3.6

集散控制系统 distributed and concentrated control system

是集中型控制系统 CCS (concentrated control system) 和分散型控制系统 DCS (distributed control system) 的有机结合。它应满足资源共享、集中显示、成组显示、集中报警、便于监视等集中的要求。

3.7

额定电压 rated voltage

是指电网侧输入变频器的标称电压。

3.8

频率分辨率 frequency resolution

高压变频器在输出频率范围内升频或降频时，每次所能增加或减小的最小频率值。

4 型号命名

型号命名中应包含产品名称代号、生产厂家代号、产品分类编号和设计序列号信息，其中产品分类编号中应包含：变频器容量、输入电压等级、拓扑结构和适用电动机类型（同步电动机或异步电动机）。

5 火电厂风机水泵用高压变频器系统集成

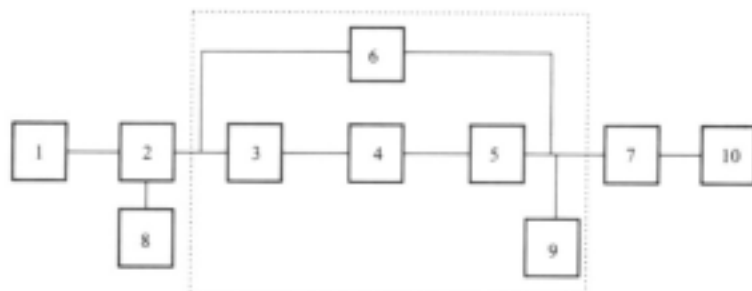
5.1 系统集成的一种典型结构原理框图（见图 1）

5.2 高压变频器的构成

高压变频器由主电路和控制电路构成。

主电路由三部分构成：将工频电源变换为直流功率的整流器，直流平滑电路，以及将直流功率变换为交流功率的逆变器。

控制电路由以下电路组成：控制指令的运算电路、检测电路、驱动电路以及保护电路。



模块 1—表示三相交流电源；模块 2—表示交流电源开关柜；模块 3—表示输入开关，选用刀闸开关或高压接触器；

模块 4—表示高压变频器；模块 5—表示输出开关，选用刀闸开关或高压接触器；

模块 6—表示旁路开关，通常选用刀闸开关或高压接触器，旁路开关由旁路装置控制或人工操作；

模块 7—表示高压交流电动机；模块 8—表示交流输入的监测与保护；

模块 9—表示高压电动机监测与保护；模块 10—表示交流电动机拖动的风机或泵类负载

图 1 系统集成的典型结构原理框图

5.3 电动机

本标准的电动机，一般指异步电动机。异步电动机可分为鼠笼式电动机和绕线式电动机。

变频器可直接驱动鼠笼式感应电动机。驱动绕线式电动机应将转子绕组直接短接。

火力发电厂内适合配置高压变频器的典型负载有：

风机类：送风机、引风机、一次风机、排粉机。

泵类：给水泵、循环水泵、灰浆泵、凝结水泵。

5.4 旁路配置

对于火电厂连续运行负载，可配置旁路装置。

5.5 系统监测与保护

5.5.1 监测信号

为保证系统稳定可靠运行，应监测以下信号：

- 输入电压；
- 输入电流；
- 输出电压；
- 输出电流；
- 输出频率；
- 变压器温度；
- 控制电源状态。

5.5.2 基础保护

应提供以下基本保护：

- 输入瞬态过电压保护；
- 输入工频过电压保护；
- 欠电压保护；
- 输入过电流保护；
- 输出瞬态过电压保护；
- 输出过电压保护；
- 输出过电流保护；
- 输出短路保护；
- 输出电压三相不平衡保护；

- 输出电流三相不平衡保护;
- 变压器超温保护;
- 冷却系统故障;
- 控制系统故障。

6 技术要求

6.1 主要技术参数

6.1.1 输出电压范围

应符合 GB 156—2003 中 4.2 电气设备的最高电压值要求。

6.1.2 输出频率调节范围

输出频率调节范围为 5Hz~50/60Hz。

6.1.3 谐波要求

输出电压、电流谐波应满足 GB/T 14549 的要求。

电网侧电压、电流谐波应满足 GB/T 14549 的要求。

6.2 使用环境条件

a) 温度: 风冷, 0℃~40℃; 水冷, 5℃~45℃。

b) 相对湿度: 0%~85%。

c) 海拔: 不超过 1000m; 如超过 1000m 则每升高 100m, 外绝缘距离增大 1%, 输出额定通流能力减小 1%。

d) 供电电源: 电压波动不超过-20%~+10%, 频率波动不超过±2%。

e) 运行地点应无导电或爆炸尘埃, 无腐蚀金属或破坏绝缘的气体或蒸汽。

6.3 外观检查、部件及元件的一般要求

a) 变频器壳体外观应无划伤、无变形;

b) 高压变频器内的整流变压器、电容器、快速熔断器、电子元器件等辅助件应经过装配前的筛选、测试并确认其具备正常工作要求;

c) 印刷电路板应符合 GB/T 4588.1 和 GB/T 4588.2 的规定;

d) 压接、焊接和接线的装配尺寸, 应满足变频器最大导通电流能力及工艺要求;

e) 基本模块单元、功率单元及控制单元应具有良好的尺寸和功能的互换性, 外形尺寸公差及形位公差应符合 GB/T 1804、GB/T 1182 及 GB/T 1184 的规定。

6.4 电气间隙与爬电距离

当电压低于 1140V 时, 高压变频器中各带电电路之间以及带电部件、导电部件、接地部件之间的电气间隙和爬电距离应符合 GB/T 14048.1 的规定。当电压高于 1140V 时, 应符合表 1 的规定。

表 1 电压高于 1140V 时的电气间隙与爬电距离允许值

额定电压 V	电气间隙 mm	爬电距离 mm
1140	18	35
3000	36	75
6000	100	125
10000	125	160

注: 表中所列电压值为交流方均根值

6.5 安全与接地

6.5.1 接地

高压变频器应有可靠接地点，可以触及的金属部件与外壳接地点之间的电阻应不大于 0.1Ω ，接地电阻应小于 0.5Ω 。接地点应有明显的接地标志。

6.5.2 防止触电的保护接地

高压变频器应有防止触电的保护设施。金属结构体的架、门和盖等应可靠接地。接地点的导电截面积应能满足表 2 的规定。

表 2 主接地点的导电截面积

mm²

给高压变频器馈电的主导线截面积 S	主接地点应有的截面积
$S \leq 16$	等于主导线的截面积
$S > 16$	最小为主导线截面的 50%，但不小于 16

6.5.3 功能接地

高压变频器应设置屏蔽功能（如抗干扰等）的接地，可与安全接地点共用。

6.6 外壳防护

高压变频器的外壳防护等级根据现场情况决定，一般不低于 IP20。

6.7 保护功能

- 应有防止误操作的功能。
- 设置有变压器超温、通风系统故障、控制系统故障、过流、过载、过热、短路、缺相电压不平衡、电流不平衡保护。
- 各种保护能输出硬接点，与外部报警或跳闸回路连接。
- 各种保护动作后，能实现故障自动记录、事故记忆，并且失电不丢失数据；故障记录能自动记录各种保护的動作类型、動作时间，如有条件，可以实现故障定位。各种故障记录数据能调出并在显示屏上显示。
- 任一功率单元故障时，能使故障单元自动旁路，实现不停变频器连续运行。

6.8 显示功能

高压变频器应具有显示交流输出电压、输出电流、输出频率、电动机转速、变压器温度和变频器内部整定参数等参数的功能。显示屏具备简体中文。

6.9 效率

在输出额定电压、额定电流和负载功率因数不小于 0.80 的条件下，高压变频器的效率应不小于 95%。

6.10 功率因数

加装高压变频器后，在 20% 额定转速到 100% 额定转速内应使电网侧功率因数不小于 0.90。

6.11 输出电压

在输出频率调节范围内及各相负载对称的情况下，输出三相线电压的不平衡度不超过 5%，输出电压波动应尽量小，具体数字尚在考虑之中。

du/dt 不大于 $1000V/\mu s$ 。

6.12 频率分辨力

在输出频率调节范围内小于 0.02Hz。

6.13 电气安全

6.13.1 绝缘电阻

主电路与地（外壳）之间的绝缘电阻，在环境温度为 20℃ 和相对湿度为 85% 时，应不小于 $10M\Omega$ 。

6.13.2 介电强度

各带电电路对地（外壳）和彼此无电连接的电路之间的介电强度，应能耐受表 3 中规定的交流试验电压，持续时间为 1min。

表 3 介电强度所耐受的交流试验电压限值

V

设备额定电压 U_e	交流试验电压
$U_e \leq 500$	2000
$500 < U_e \leq 3600$	$2.5U_e$ (不小于 2000)
6000	$2.5U_e$
10000	$2.5U_e$

6.14 过载能力

过载能力为 140% 额定负载电流，持续时间为 3s；110% 额定负载电流，持续时间为 60s。

6.15 连续运行

在 6.2 规定的条件及额定负载下，高压变频器应能长期连续运行。

6.16 启动特性

应具有软启动特性，启动电流不大于 1.3 倍额定电流；启动时间根据负载特性，由制造商与用户协商解决。

6.17 温升

高压变频器内部各部位的温升，应不超过表 4 的规定。

表 4 高压变频器内部各部件的温升限值

部件与器件	材料与被覆层	温升 K
变压器（H 级）	—	125
连接于一般低压电器的 母线连接处的母线	紫铜、无被覆层	60
	紫铜、镀锡	65
	紫铜、镀银	70
	铝、超声波镀锡箔	55
连接于电力半导体器件 的母线连接处的母线	紫铜、无被覆层	45
	紫铜、镀锡	55
	紫铜、镀银	70
	铝、超声波镀锡箔	35
与半导体器件相接的塑料绝缘导线或橡皮绝缘导线	—	45

6.18 冷却

高压变频器可采用自然冷却、强迫风冷冷却、水冷冷却或其他介质冷却，在额定电流条件下，各部件温升不超过温升限值。

6.19 电磁兼容

高压变频器电磁兼容应符合 GB 12668.3 的要求。

6.20 噪声

在正常工作条件下，高压变频器及其所属部件运行所发出的噪声应不大于 80dB。

6.21 环境适应性

按 GB/T 2423.1、GB/T 2423.2、GB/T 2423.3、GB/T 2423.5 和 GB/T 2423.10 规定的要求进行试验后，高压变频器应能正常工作。

6.22 系统适应性

考虑到电厂生产的连续性和重要性，应满足以下要求：

6.22.1 控制回路双电源切换

用户提供一回路控制电源，变频器自身产生一回路控制电源，确保只要其中一回路电源正常，设备能正常工作。

6.22.2 不间断后备电源（UPS）供电或直流供电

为保证切换过程的无扰动，控制部分应由 UPS 或直流供电统一供电，由 UPS 供电时掉电保持时间不小于 5min。

6.22.3 高压失电短时跟踪再启动

在电厂主电源断电后，厂用电网切换时，变频器应能保证 9s 内再次合闸后能够自动正常运行。

6.22.4 提供 DCS 硬连线接口

至少提供以下信号接口：

数字量输入（DI）变频器启动

变频器停止

数字量输出（DO）变频器状态

变频器启动就绪

变频器报警信号

模拟量输入（AI）将设定频率转换为对应的模拟量输入（0~20mA/4mA~20mA）

模拟量输出（AO）将运行频率转换为对应的模拟量输出（0~20mA/4mA~20mA）

6.22.5 提供数字通信标准接口

采用 IEC 61850 通用协议，能与电厂其他控制系统进行数字通信。

7 试验方法

7.1 试验环境条件及试验的实施

试验环境条件应符合 6.2 的规定。

7.2 一般性检验

7.2.1 外观、部件及元件检验

采用感官检验，结果应符合 6.3 的要求。

7.2.2 电气间隙与爬电距离检验

检查电气间隙时直接用卷尺测量两独立带电体之间最短的间隙距离即为电气间隙；检查爬电距离时用橡胶带从带电体一端贴起，沿着表面一直至与之最近的接地体，然后测量所用橡胶带的长度即为爬电距离。

7.2.3 安全与接地检验

采用感官检验，检查接地导线的使用、柜体的接地是否符合 6.5 的要求，同时使用相应仪表测量可触及的金属部件与机壳接地点的电阻是否符合 6.5 的要求。

7.2.4 外壳防护等级检验

按照相应防护等级的要求选用相应直径的钢球作为检查用具，观测钢球能否进入高压变频器内部，以判断防护等级是否符合要求。

7.2.5 保护功能试验

7.2.5.1 误操作保护试验

采用感官检验是否有操作指示及注意事项说明，并通过有意识的误操作 3 次不应使高压变频器受到损坏。

7.2.5.2 过流、过载、过热、短路及其他保护功能试验

手动操作，按 6.7 的规定的功能进行试验，结果应符合 6.7 的要求。

7.2.6 显示功能检验

采用感官检验，检查是否符合 6.8 的要求。

7.3 系统稳态性能试验

7.3.1 高压变频器效率检验

高压变频器工作在规定的电源条件下和负载功率因数不小于 0.8 时，测量并计算输入有功功率 P_{in} 和输出有功功率 P_{out} ，将输出有功功率除以输入有功功率得到的百分比即为高压变频器的效率，即 $\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}}$ 。

7.3.2 输出电压不对称试验

在所规定的电源与负载条件下，测量三相输出逆变器各线电压，计算电压正序分量和负序分量。输出电压不平衡度 K 用式 (1) 表示：

$$K = \frac{U_n}{U_p} \quad (1)$$

式中：

K ——输出电压不平衡度；

U_p ——输出电压的正序分量，V；

U_n ——输出电压的负序分量，V。

7.3.3 频率分辨力试验

在 6.2 d) 的电源条件下，在整个输出频率调节范围内以最小级差改变输出频率，测量其相邻两个频率之间增量的最小值 Δf_{min} 即为频率分辨力。

7.3.4 电气安全测定及试验

7.3.4.1 绝缘电阻试验

测试仪器为绝缘电阻表，绝缘电阻表应符合表 5 所列等级规定。

表 5 绝缘电阻试验时的电压等级允许值

V

额定绝缘电压等级 U_1	绝缘电阻表电压等级
$60 \leq U_1$	250
$60 < U_1 \leq 250$	500
$250 < U_1 \leq 1000$	1000
$1000 < U_1 \leq 10000$	2500

测定应在电路与柜体的接地部件之间及彼此无电连接的导电部件之间进行。测定时允许将某些元器件（如半导体器件、电容）短接或断开。

7.3.4.2 介电强度试验

介电强度试验应在电路与接地部件间和彼此无电连接的导电部件之间进行。试验时，所有电力半导体器件的端子应短接，印制电路板宜拔除。对有些因绝缘损坏会导致高电压进入低压电路的部件（如脉冲变压器、互感器等），应在试验时（或试验前）承受相应的试验电压。对绝缘材料的外壳，应在其相应部位敷以金属膜。

试验电压应为工频正弦波。当因电磁滤波元件的存在而无法施加交流试验电压时，也可用直流电压

进行试验。

试验时电压从零升到规定值的时间应不小于 10s, 保持规定的试验电压时间为 1min。试验中未发现击穿闪络现象, 即为合格。

7.3.5 过载能力试验

在过载试验前先进行空载试验, 以检验高压变频器的接线是否正确, 以及检验其空载工作特性是否达到规定的要求。通过后再进行过载能力试验, 试验时高压变频器应接一额定负载(电动机或等效的模拟负载), 当输出电流在 110%、140% 额定电流下运行的状况时应能符合 6.14 的规定。

7.3.6 连续运行试验

在 6.2 规定的条件下, 将高压变频器置于现场工况条件下, 使高压变频器尽可能按实际工作的程序不间断地连续运行, 在整个运行过程中, 其各种动作、功能及程序均应正确无误, 达到连续运行时间 72h 即为合格。

7.3.7 启动特性控制试验

按 6.16 的规定进行试验, 结果应符合 6.16 的要求。

7.3.8 温升试验

温升试验的环境温度, 应符合产品标准所选定的温度范围。试验应在最高输入电压、额定输入频率及额定电流下进行, 温度的测量宜采用等效非接触方式。

稳定运行 8h 温升稳定后测试功率单元温度。测试点的确定为高压变频器最上一层功率单元散热器台面。测量最大值作为温升计算依据。

7.3.9 电磁兼容试验

在进行高压变频器控制电路抗电源干扰试验时, 应在控制电源的输入端上叠加一个具有下述参数的尖脉冲电压:

脉冲幅值: 1000V;

脉冲宽度: $0.1\mu\text{s}\sim 2\mu\text{s}$;

脉冲周期: 20ms;

尖脉冲施加时间不小于 30min, 在这种干扰条件下, 控制单元的动作、功能及程序均应正确无误。

7.3.10 噪声测定试验

试验时高压变频器应在空载下测量, 环境噪声水平至少比设备的噪声低 6dB 的条件下进行。测试方法为: 正对产品外壳前面中心开始, 从上看以顺时针方向围绕产品按每隔 1m 取 1 个参考点, 应当取不少于 4 个参考点。每个参考点离产品外壳的距离应为 1m。传声话筒应置于参考点上距离地面 1.2m~1.5m 处, 且应正对着产品的主噪声源, 在每个参考点上测量一次, 取其平均值作为产品的噪声。

7.3.11 环境适应性试验

按 GB/T 2423.1、GB/T 2423.2、GB/T 2423.3、GB/T 2423.5 和 GB/T 2423.10 的规定进行实验, 结果应符合 6.21 的要求。

7.3.12 谐波试验

在额定输入电压, 输出频率在 20、30、40、50Hz 条件下, 分别对应应在 20%、50%、80%、100% 额定电流采用谐波分析仪测量变频器输入输出电压、电流谐波, 应满足 6.1.3 中的要求。

7.3.13 控制回路双电源切换试验

设备运行过程中, 任意切断一供电回路, 设备运行无扰动。

7.3.14 不间断后备电源(UPS)供电试验

切断控制回路电源, 5min 内设备运行正常。

7.3.15 高压掉电短时跟踪再启动实验

设备运行时切断高压供电回路, 2、5、9s 内分别再次通电, 设备重新启动, 运行正常。

8 检验规则

检验分出厂检验和型式试验。

每台设备出厂应做出厂检验。在有下列情况之一时，应进行型式试验：

- a) 新产品设计定型时；
- b) 已定型的产品当设计、结构、关键材料、工艺有较大改变，可能影响产品性能时；
- c) 批量生产的产品，每隔五年进行一次抽试；
- d) 停产五年后恢复生产时；
- e) 出厂检验结果与上次型式检验有较大差异时；
- f) 国家技术监督机构提出要求时；
- g) 用户认为有必要进行时。

检验项目见表 6。

表 6 检 验 项 目

项目	型式 试验	出厂 检验	应符合本标准规定的章、条
一般检验（包括外观、部件及元件、输出频率调节范围等）	√	√	6.1、6.3
电气间隙与爬电距离检验	√	—	6.4
安全与接地检验	√	√	6.5
外壳防护检验	√	—	6.6
保护功能检验	√	√	6.7
显示功能检验	√	√	6.8
效率检验	√	—	6.9
功率因数试验	√	—	6.10
输出电压试验	√	—	6.11
频率分辨力试验	√	—	6.12
电气安全测定及试验	√	√	6.13
过载试验	√	—	6.14
连续运行试验	√	(√)	6.15
启动特性控制试验	√	(√)	6.16
温升试验	√	—	6.17
谐波试验	√	—	6.1
电磁兼容试验	√	—	6.19
噪声试验	√	—	6.20
环境适应性试验	√	—	6.21
控制回路双电源切换试验	√	√	6.22
不间断后备电源试验	√	√	6.22
高压掉电短时跟踪再启动实验	√	—	6.22
注 1：大容量的变频调速器可在运行现场进行负载或过载试验，或者由用户与制造厂协议确定。			
注 2：带括号的项目，由用户与制造厂协议确定			

9 标志、包装、运输与贮存

9.1 标志

9.1.1 铭牌标志

产品铭牌内容应包括：

- a) 制造厂名。
- b) 产品型号、编号、名称、质量。
- c) 生产日期。
- d) 产品主要参数：额定输入电压、额定输入电流、额定输入频率；额定输出电压、额定输出电流，输出频率调节范围。

9.1.2 包装标志

包装箱外部应注明下列标志：

- a) 产品名称，厂名、厂址；
- b) 产品型号及出厂序号；
- c) 产品净重及含包装箱的毛重；
- d) 收货单位的名称及地址；
- e) 位置标志“↑”和写在箭头上部的“向上”字样，应符合 GB 191 的规定；
- f) 包装箱外形尺寸；
- g) 包装日期；
- h) 起吊点。

9.2 包装

9.2.1 产品包装必须符合有关包装运输规范要求，保证产品在运输存放过程中不受机械损伤，并有防雨防尘能力。

9.2.2 产品随带文件

- a) 产品合格证书；产品合格证应符合 GB/T 14436 的规定。
- b) 使用维护所必要的电气原理图、装配图、接线图和使用维护说明书；说明书应符合 GB 9969.1 的规定。
- c) 装箱清单。
- d) 电气元器件清单。
- e) 备用件一览表。

9.3 运输

产品应当能在 GB 4798.2 规定的环境条件下进行运输。产品采用船运或汽车运输，应有防雨防潮措施；产品（无冷却液）在运输过程中，不应有剧烈振动、撞击和倒置，同时产品不适宜与易燃易爆、腐蚀性、潮湿的物体混运。

9.4 贮存

产品应能够存放在 GB 4798.1 中所规定的环境条件下。这其中包括以下要求：

- a) 环境温度等级 1K4：-15℃～+55℃。
- b) 相对湿度等级 1K3：5%～95%。
- c) 产品不得暴晒及淋雨，应存放在通风、干燥、无灰尘的库房里。
- d) 存放产品时应防止啮齿动物侵入，同时应避免霉菌侵蚀。
- e) 应当防止产品受到盐雾、危险性气体、腐蚀性液体等的侵蚀。

附录 A
(资料性附录)
常用的高压变频器拓扑结构

A.1 目的

本附录旨在给出最常用的高压变频器拓扑结构的简化方框图, 这些简化方框图采用的电力电子器件符号不限于特定的功率器件, 可以表示具有其控制信号开通关断能力的功率半导体开关器件。注意: 如果没有二极管符号与功率开关器件并联, 则该功率半导体开关具有反向阻断能力。

A.2 常用的高压变频器拓扑结构

A.2.1 电流型高压变频器

这种拓扑结构的高压变频器结构框图如图 A.1 所示。它具有系统结构简单、元器件数量少、可靠性高、四象限运行的能力等优点。图 A.1 左上和图 A.1 左下分别为 6 脉冲整流器和 18 脉冲整流器结构, 用户可根据对谐波的要求进行选择。图 A.1 右所示的 PWM 整流器的高压变频器可实现功率因数为 1 的无输入变压器结构。

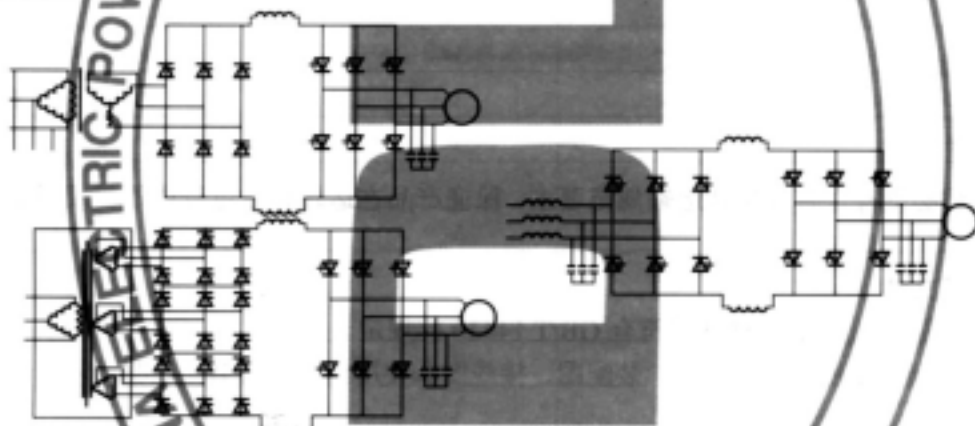


图 A.1 电流型高压变频器电路拓扑结构示意图

A.2.2 功率单元串联式多电平高压变频器

这种拓扑结构是采用低压功率元件构成的高压变频器, 也称为 H 桥串联式多电平或单元级联式高压变频器。其主电路拓扑结构如图 A.2 所示。其中, A_i 、 B_i 、 C_i ($i=1, \dots, n$) 分别为电动机 A、B、C 三相中结构相同的串联 H 桥单元。

曲折连接变压器的一次侧直接接入电网, 其二次侧有多个三相绕组, 它按 $\angle 0^\circ$ 、 $\angle \theta$ 、 \dots 、 $\angle (60-\theta)^\circ$ 等表示曲折连接变压器二次侧各低压三相绕组, 同时表示各低压三相绕组线电压相对一次侧线电压滞后的相位角。当每相由 n 个 H 桥单元串联时, $\theta=60^\circ/n$, 实现了输入的多重化, 形成 $6n$ 脉波整流。这样, 如果各 H 桥单元功率平衡, 电流幅值相同, 理论上网侧输入电流中不含有 $6n \pm 1$ 以下次谐波, 并可提高功率因数, 一般不需要再配备无功补偿和谐波滤波装置。每个 H 桥单元的结构图如图 A.3 所示, 它可接 n 个这种功率单元。 θ 角根据接入的功率单元数的不同而不同。例如 6kV 变频器的每一相需串接 5 个功率单元, 这样 1 台 6kV 变频器就有 15 个 H 桥功率单元, θ 角为 $60^\circ/5$, 即 12° 。理论上, 网侧中不含 29 次以下的谐波, 而且可提高功率因数。

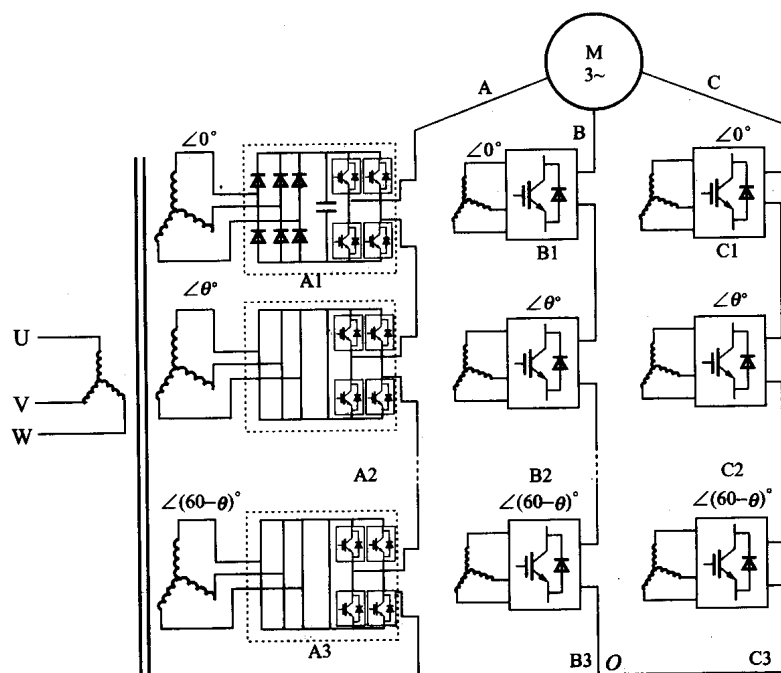


图 A.2 功率单元串联型多电平高压变频器电路拓扑结构示意图

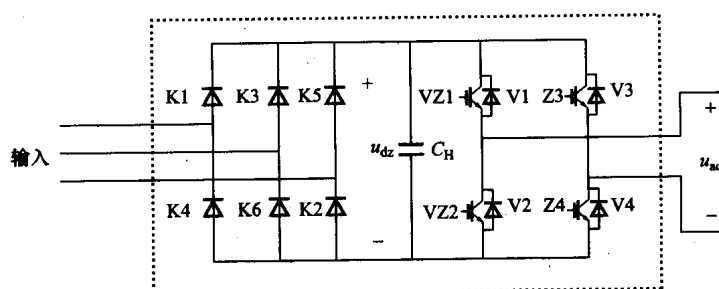


图 A.3 H 桥单元结构示意图

A.2.3 三电平高压变频器

三电平高压变频器又称为“中性点箝位式”高压变频器。三电平变频器主电路原理图如图 A.4 所示。

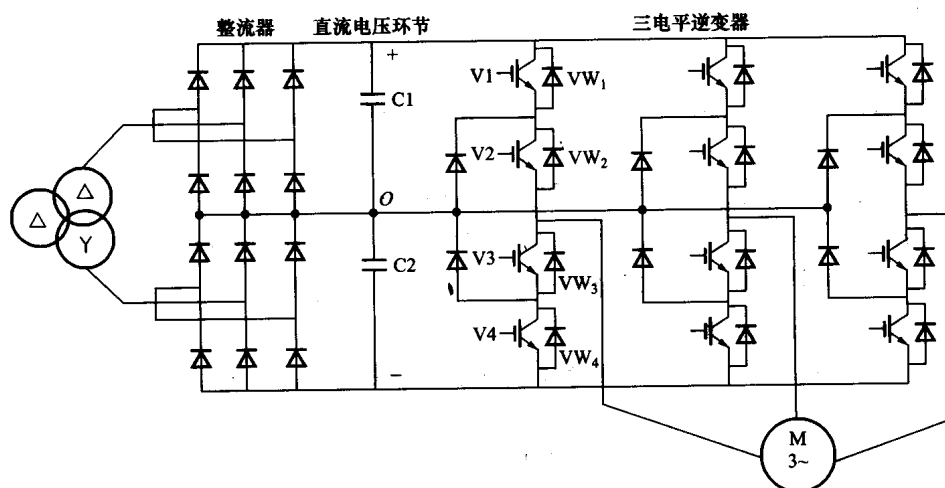


图 A.4 三电平变频器主电路拓扑结构示意图

由图 A.4 可见, 高压电源经三绕组变压器供电给两组六脉冲整流桥; 三绕组变压器二次侧绕组的接法为 Δ 和 Y 形, 两者互差 30° 电角度, 其目的—是为了整流桥供电的需要, 二是为了减少谐波对电位的干扰, 它可以消除 5 次、7 次等对电网影响最大的谐波。两组整流桥为串联连接, 中间抽头, 以获得零电位。直流滤波环节由两组电容量完全相等的电容器组 C_1 和 C_2 构成, 它们分别接于 P (正) 和 C (0) 以及 C (0) 和 N (负) 之间, 逆变桥由 3 个相单元组成, 每个相单元有 4 个功率连接点: 其中 3 个连接到直流环节的 P (正电位) C (零电位) 和 N (负电位) 点上, 另一个连接点为逆变器的交流输出点。

三电平变频器相对于传统的两电平逆变器而言, 它具有如下特点:

- 每个桥臂上开关元件的电压传值为直流侧输入电压的一半, 能有效地解决电力电子器件耐压不高的问题;
- 三电平逆变器线电压的谐波成分较两电平逆变器要小得多, 可有效地减小了开关损耗;
- 变频器输出的多级电压阶梯波减少了 du/dt 对电动机绝缘的冲击;
- 三电平变频器的拓扑结构的单桥能输出三电平 ($+1/2U_d$, 0 , $-1/2U_d$) 的线 (相) 电压, 可有更多的阶梯使之接近于正弦波;
- 功率元件的导通和关断是由箝二极管来保证的, 系统结构相对复杂; 直流侧各电容的充放电时间各不相同, 容易造成电容电压的不平衡, 增加了系统动态控制的难度。

A.2.4 电容箝位的四电平高压变频器

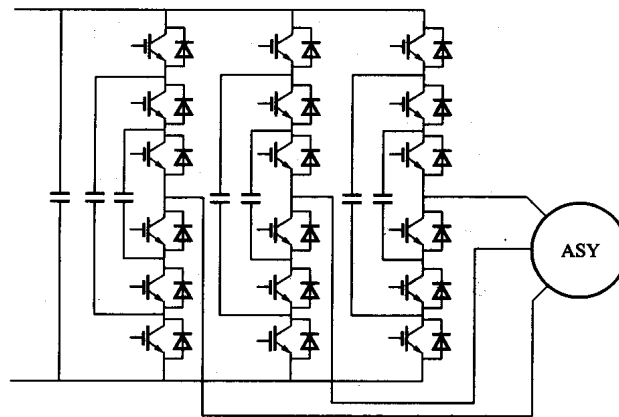


图 A.5 四电平逆变器结构示意图

电容箝位的四电平高压变频器的拓扑结构图见图 5.1。其特点如下:

- 模块化的结构, 保证了元器件的串并联连接, 同时它又不是元器件的简单的串并联而是从结构上的串联连接, 确保了电压安全和自然分配。
- 能满足不同电压等级的需要, 在工业中采用的高压标准为 3.3、4.2、5.5、6.6kV。
- 可实现共用直流母线式结构, 可采用多台逆变器共用一条直流母线的方案, 以达到在系统内部的能量互相交换。
- 系统简单, 易于维护, 这种结构取消了传统结构中的在各级元器件上的众多分压分流保护装置, 可以使电路的各个单元彼此相互隔离, 使得系统简单, 且易于维护。
- 输出波形好, 这种结构可实现的输出波形非常接近于正弦波形。

A.2.5 功率器件直接串联的高压变频器

功率器件直接串联的高压变频器是采用低压变频器的成熟技术, 一种无输入输出变压器、功率器件直接串联逆变的高压变频调速装置。

功率器件直接串联高压变频器主电路拓扑结构如图 A.6 所示, 从图 A.6 中看出系统没有其他高压变频器所必需的输入变压器, 它由电网高压直接经高压断路器进入变频器, 经过高压二极管全桥整流、直流平波电抗器和电容滤波, 再通过逆变器进行逆变, 加上正弦波滤波器, 实现高压变频输出, 直接供给

高压电动机。

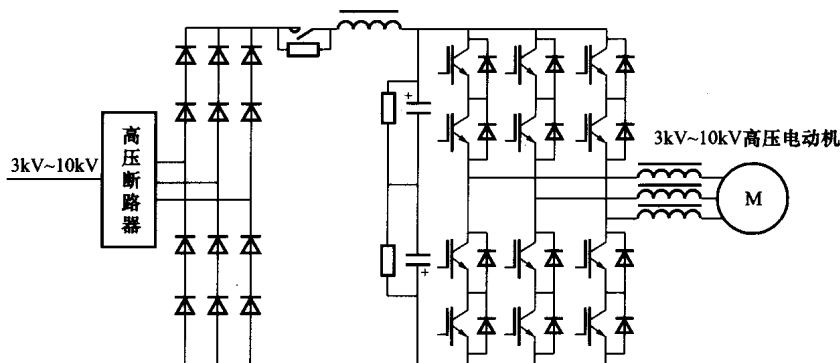


图 A.6 直接串联 IGBT 逆变器结构示意图

A.2.6 电压型高一低—高式高压变频调速系统

如图 A.7 所示，高压电源经高压断路器送至输入变压器，经输入变压器变压降至整流器允许的电压（如 690V），经整流器整流成直流电，再经预充电回路，送至滤波器，至逆变器，经逆变器变压变频后，再经正弦波滤波器对逆变器的输出波形进行处理，使之接近于正弦波后，送至输出变压器升压后，供电给高压异步电动机。

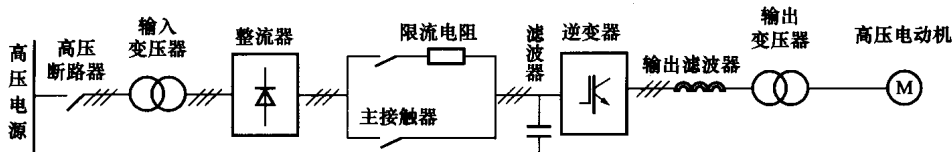


图 A.7 高一低—高变频器结构示意图

电压型高一低—高式高压变频调速系统与其他高压变频调速系统相比，具有以下特点：

- 价格便宜，约为直接高压变频器的 70%；
- 可靠性高，由于低压电压型变频器技术已十分成熟，可靠性很高，与之配套的都是高可靠性设备，实践证明整个系统的可靠性高；
- 变换效率低，该系统比直接高压变频器多一个输出变压器，因此效率略低 1.5% 左右，占地面积也较大；
- 容量范围小，该系统受到低压变频器容量的限制，因而只能用在 2000kW 以下的高压变频器。

中 华 人 民 共 和 国
电 力 行 业 标 准
火电厂风机水泵用高压变频器
DL/T 994 — 2006

*

中国电力出版社出版、发行
(北京三里河路6号 100044 <http://www.cepp.com.cn>)
航远印刷有限公司印刷

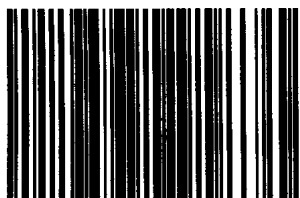
*

2006年9月第一版 2006年9月北京第一次印刷
880毫米×1230毫米 16开本 1.25印张 31千字
印数 0001—3000册

*

统一书号 155083·1463 定价 6.00元

版 权 专 有 翻 印 必 究
(本书如有印装质量问题, 我社发行部负责退换)



155083.1463