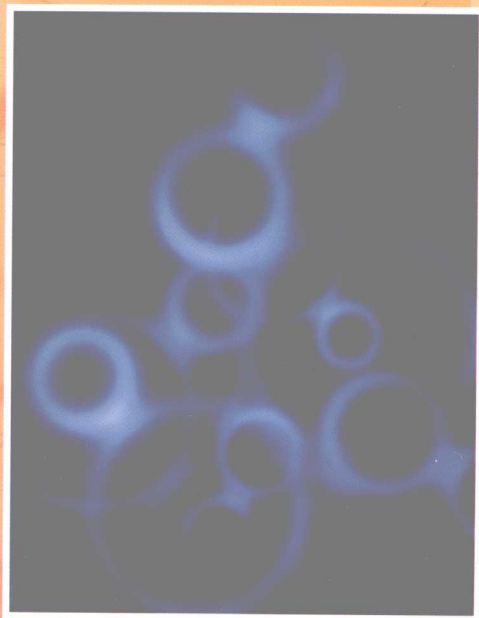


变频电源装置 及应用手册

张庆达 编著

BIANPIN
DIANYUAN
ZHUANGZHI
JI YINGYONG
SHOUCE



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

变频电源装置 及应用手册

张庆达 编著



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

内 容 提 要

本书共八章,介绍了国内外应用较多的旋转式及静止式变频装置的规格类型、结构性能特点、技术参数及应用范围,并结合较多的应用实例,系统地介绍了变频装置选用原则、安装调试程序、操作使用步骤、常见故障检测及排除方法。

本书内容理论联系实际,技术性能数据齐全,具有更广泛的实用价值。可作为变频设备安装调试、运行操作、维护保养的技术人员及技术工人的工具书,也可供变频装置相关人员以及大、中院校相关专业师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

变频电源装置及应用手册/张庆达编著. —北京:中国电力出版社, 2009

ISBN 978-7-5083-8127-5

I. 变… II. 张… III. 变频电源—手册 IV. TM91-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 187319 号

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

各地新华书店经售

*

2009 年 7 月第一版 2009 年 7 月北京第一次印刷

850 毫米×1168 毫米 32 开本 26.875 印张 709 千字 1 插图

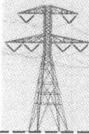
印数 0001—3000 册 定价 55.00 元

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



前言

变频电源装置及应用手册

随着科学技术的发展,通常的交流工频电源及直流电源已满足不了用电需求。为此,电气工作者研制了变频设备,最早的变频设备为旋转式变频器及变频机组。随着电力电子工业的发展,又相继开发出了第一代、第二代变频装置,直到20世纪末,随着新型晶闸管——可关断晶闸管GTO、大功率电力晶体管GTR、IGBT、IGCT新型器件的开发、研制与生产,变频技术发展到了一个新阶段。以GTO、GTR、IGBT、IGCT为核心的第三代、第四代,乃至第五代交流变频装置得到了推广应用,进一步推动了工农业生产的发展,尤其是当代的交流调速传动实现了以“交”代“直”的质的变化。随后,新型的交流变频调速用变频器像雨后春笋一样,应用在各种交流调速传动中,解决了交流电动机交流调速难于解决的问题,为交流调速和节能开辟了新天地。

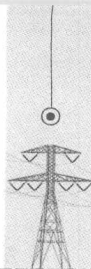
本书以新型电力电子器件为核心结构的静止式变频装置为重点,介绍其类型、规格、结构性能特点、技术参数、安装调试及运行维护要点与常见故障检测排除。本书通过图文并茂的形式介绍了各类变频装置的具体应用实例以及特点。在编写过程中,注意了变频技术的沿革和发展,重点突出了近十余年来的新技术和新装置。

本书内容丰富、技术先进,实用性及科学性强,适用于从事变频工作的电气技术人员、管理人员,变频设备安装调试及运行、维护人员参考,也可供电工专业大、中院校师生教学参考。

由于变频技术较复杂,变频装置品种繁多,作者经历和水平有限,书中难免有不当或错误之处,敬请广大读者批评指正。

编者

2009年5月



目 录

变频电源装置及应用手册

前言

第一章 概论	1
第一节 概述	1
一、频率的概念	1
二、变频技术及装置的发展过程	3
三、电源频率的变频原理	4
第二节 变频装置结构类型及应用范围	8
一、变频装置分类及结构特点	8
二、常用几种变频装置结构类型及特点	10
三、变频器按滤波方式分类	16
第三节 变频装置控制、调制及保护系统	17
一、变频装置的控制方式	18
二、变频装置的调制方式	18
三、变频装置的保护	19
第四节 变频装置的使用及维护	22
一、变频装置的选用	22
二、变频装置使用及维护	29
第二章 变频机组的应用	31
第一节 概述	31
一、变频机组的发展过程	31
二、变频机组类型	31
三、变频机组结构特点	33
第二节 常用 BP、BPT、BL 等系列变频机组的应用	34

一、结构特点及安装方式	34
二、变频机组在大型电机温升试验中的应用	43
第三节 中频发电机组及应用实例	50
一、BPFS、JF 型中频发电机组	51
二、TZWS、TZWS—H 系列中频发电机	52
三、BPFS 型中频发电机组应用	54
第四节 低频变频机组及应用	59
一、DPF 系列低频发电机组	59
二、DPF 系列低频发电机组应用及实例	61
三、DPF 系列机组技术性能参数及安装外形尺寸	64
第五节 特种电源变频机组特点及应用	64
一、JZXK 型变频机组	65
二、JZTX1 计算机隔离电源变频机组	67
第六节 电机试验电源变频机组	68
一、机组类型及结构	68
二、机组特点及性能参数	69
三、机组的控制	75
第三章 变频感应加热及焊接装置的应用	78
第一节 高频感应加热电源装置及应用	78
一、高频感应加热电源装置类型	78
二、高频感应加热电源装置的应用	78
三、GP—CR 型高频感应加热装置调试与故障检测	86
四、GP 型高频感应加热装置应用及技术改造	90
第二节 中频感应加热装置及应用	94
一、结构类型	94
二、结构特点及应用	95
三、KGPS 系列中频电炉装置及应用	96
四、其他中频感应加热装置及应用	102
五、中频感应加热电源装置故障及处理	105

第三节 中高频感应加热设备中的线圈特点及简要计算	112
一、感应器线圈（俗称感应圈）匝数的简要计算	112
二、中频变压器结构及线圈计算	115
第四节 中频感应电炉在炼钢生产上的应用	119
一、概述	119
二、两种精炼工艺设备及性能对比	119
三、中频感应精炼炉炼钢的优缺点	122
四、应用效果和结论	124
第五节 中高频焊接电源装置及应用	124
一、ZX7 系列逆变型弧焊机结构及用途	124
二、ZX7 系列逆变弧焊电源装置结构功能	126
三、ZX7 系列逆变弧焊电源装置安装使用	129
四、ZX7 系列逆变弧焊电源装置维护与保养	134
第六节 CZP—900kW/60Hz 全固态中频感应装置及 应用	135
一、结构特点及主回路构成	136
二、控制系统构成及特点	137
三、应用效果	138
第四章 变频调速机理及变频器调试与维修	139
第一节 晶闸管变频电路	139
一、交—直—交变频电路及变频工作基本原理	139
二、交—交变频电路及变频基本工作原理	144
三、变频装置中常用的电力电子器件	146
第二节 交流调速传动概述	162
一、交流调速的发展	162
二、交流调速传动方案	163
三、变频调速装置的发展动向	165
四、变频器与电动机及机械传动的形式	171
五、通用变频器的分类及应用	181

第三节 变频调速装置的调试	183
一、调试说明	183
二、系统调试项目内容及调试过程	184
三、通用变频器的调试及带载试运行	189
四、调试中的快捷操作试运行及耐压试验	196
第四节 变频调速装置的维修与保养	198
一、变频装置的检查与保养	198
二、变频装置故障类别与原因	201
三、常见故障检查内容及步骤	204
四、常见故障检测与处理	209
五、国产 JP2C—35kVA 变频器故障修理实例	215
六、某厂应用的进口变频器器件故障与检修	222
七、变频器故障显示及处理对策	224
八、日常维修中错误操作及突然停电处理	231
九、变频装置故障规律及消除影响因素的对策	234
第五章 交—直—交变频技术及应用	238
第一节 交—直—交变频器调速的节能效果	238
一、交—直—交变频调速节能效果	238
二、交—直—交变频调速系统在电动机上应用效果	238
三、交—直—交变频调速应用中注意事项	247
第二节 变频器的矢量控制	248
一、矢量控制概述	248
二、矢量变换控制方法	250
三、交流异步电动机变频调速矢量控制	256
四、交流同步电动机变频调速矢量控制	259
五、微机矢量控制的应用	259
第三节 GTR 晶体管变频装置及应用	262
一、GTR 器件构成的 AC—DC—AC 变频器系统组成	262
二、引进中容量 GTR 变频器特点及应用	267

三、变频调速装置在连铸机上的具体应用	287
四、对宝钢引进的 VS—686TV 变频器应用评估及故障处理 ...	298
第四节 功率场效应管变频器结构特点及应用	301
一、进口日立产 2SK557 型变频器系统构成	301
二、场效应管的栅极驱动电路特点及工况	305
三、功率场效应管变频器的保护系统	306
四、工业试验及应用效果	307
第五节 一种新型换流变频器特点及应用	308
一、开发和研制前提及应用情况	308
二、LC 调谐负载换流变频器结构组成	310
三、LC 调谐负载换流变频器性能特点	314
第六节 风机变频调速与节能	316
一、风机调速节能方法与节能原理	316
二、某轧钢厂轧机通风机变频调速应用实例	319
第七节 大型异步电动机 VVVF 变频器起动装置及应用 ...	325
一、VVVF 变频器结构组成	326
二、除尘风机电动机用变频装置的软起动过程	336
三、调试及使用中出现异常现象的处理	338
第八节 变频装置在各行业水泵调速传动上的应用	340
一、变频调速的必要性及水泵运行规律与特点	340
二、泵类用变频器的选择及典型系统构成	343
三、一拖一形式泵类变频调速应用及实例	354
四、一拖二形式变频调速应用及实例	358
五、水泵一拖三形式变频调速应用及实例	362
六、一拖四形式变频装置在恒压供水泵上的应用	365
第九节 变频调速在各类起重机械上的应用	370
一、起重机械类别及特性	370
二、变频调速装置在堆取料机上的应用	373
三、15t/3t 桥式起重机变频调速的应用	376
四、变频器加程序控制器在热处理炉链条机及	

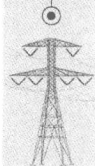
辊道电动机上调速及节能的应用	383
五、电弧炉钢水车变频调速装置的应用	387
第十节 交一直—交变频器在其他领域的应用	392
一、变频调速装置在中央空调机上的应用	392
二、变频调速装置在冷冻机类装置上的应用	399
三、分离脱水产品驱动电动机变频调速的应用	401
四、变频装置在卷绕机构上的调速传动	404
五、变频装置在注塑机调速传动上的应用	407
六、变频调速装置在络筒机上的应用	411
第六章 交—交变频装置及应用	414
第一节 概述	414
一、交—交变频物理概念及变频类型	414
二、交—交变频装置主、控系统构成及特点	414
三、交—交变频装置调速传动的特点	417
四、交—交变频法应用注意事项	419
第二节 大容量同步电动机交—交变频技术及装置的 应用	421
一、交—交变频装置组成及主要技术数据	421
二、整个交—交变频装置结构及系统特点	422
三、某钢厂 3250kW 同步电动机变频系统的调试	432
四、本装置的谐波测量和消除措施	435
第三节 交—交变频装置其他几种应用	439
一、交—交变频装置变中频为低频的应用	439
二、绕线式异步电动机交—交变频调速	442
第四节 交—交变频装置供电的同步电动机矢量控制 系统及应用	447
一、交—交变频矢量控制系统在宝钢粗轧机上的应用概况	447
二、R3 粗轧机主传动变频调速传动	449
三、变频调速控制系统	451

四、R3 粗轧机同步电动机交—交变频供电传动控制	
过程谐波的影响与检测	455
五、交—交变频器输入电网电流谐波分析及实例仿真计算	458
第七章 特殊变频装置及应用	472
第一节 交一直一直变频装置及系统组成	472
一、系统结构特点	472
二、AC—DC—DC 变频电源变频原理	472
三、装置结构系统组成及分析	473
四、典型应用装置的构成特点及效果	476
五、AC—DC—DC 变频系统应用中的关键技术	483
第二节 高精度稳压稳频电源装置及应用	486
一、装置的基本规格、性能和供电工作方式	487
二、主回路系统结构组成及特点	489
三、CVCF 变频装置的控制系统	494
四、系统中电压控制单元调试与操作	497
第三节 晶闸管无换向器电动机变频电源装置	499
一、系统组成及变频原理	499
二、无换向器同步机变频的优点及供电特点	505
三、变频用无换向器电动机及励磁系统	505
四、风机调速用晶闸管无换向器电动机变频	
系统应用实例	514
五、无换向器电动机作变频调压应用实例	519
六、交—交型无换向器电动机变频装置在离心机电动机调速	
传动中的应用	520
第四节 特大型无换向器电动机变频起动装置在	
钢厂中的应用	522
一、特大型起动装置应用及装置特点	522
二、晶闸管变频起动装置类型及系统构成	523
三、起动装置控制系统构成及控制过程	525

四、触发系统	528
五、起动装置的保护系统	530
六、对安装调试中出现的故障进行分析处理	533
七、应用情况	536
第五节 大城市轨道电传动车辆变频器	536
一、电传动车辆用变频器分类及应用	536
二、两类变频器特性及主回路结构	537
第六节 特种变频装置故障修理及应用中难题的解决	540
一、交一直一直变频直流电源常见故障及处理	541
二、晶闸管无换向器电动机变频电源的功率分配	541
三、无换向器电动机变频电源提高反馈效率措施	543
四、关于谐波的产生和防止	544
第八章 国内外主要品牌变频器	546
第一节 变频器的共性	546
一、变频器功能码及其编制方法	546
二、自然数编码变频器功能码物理概念及功能	548
三、变频器键盘控制器布局及显示	565
第二节 同方 TF5E—α 系列变频器	568
一、规格型号及性能特点	568
二、技术性能参数及键盘功能	571
三、安装接线和操作注意事项	578
四、变频器操作运行及故障检测与处理	584
五、变频器的保护及故障检查与维修	589
第三节 国产 TP 系列变频器	591
一、类型及结构性能	592
二、安装使用及接线	597
第四节 惠丰 HF 系列交—直—交变频器	601
一、HF 系列变频器型号规格及结构特点	601
二、HF 系列变频器技术性能数据	604

三、HF 系列变频器功能参数及功能	613
四、HF 系列变频器配接线	616
第五节 日本欧姆龙公司变频器	619
一、主要产品系列结构特性及规格品种	619
二、OMRON (欧姆龙) 变频器安装接线	630
三、OMRON (欧姆龙) 变频器运行操作及操作器构成	643
四、3G3XV 系列变频器故障检测与维护	664
第六节 日本、韩国部分变频器	669
一、日本日立牌 SJ100 系列变频器	669
二、日立 L100 系列及 L300P 系列变频器	689
三、日本安川中小型 VS 系列变频器	718
四、韩国 LG 变频器	723
第七节 德国、瑞士及美国部分变频器	750
一、德国西门子 (SIEMENS) 变频器	750
二、瑞士 ABB 公司变频器	758
三、美国罗克韦尔公司变频器	767
第八节 其他欧美洲国家变频器	787
一、法国施耐德变频器	787
二、丹麦丹佛斯 (DANFOSS) 变频器	792
三、芬兰 Vacon NX、CX 变频器	794
四、意大利西威 (SIED) 变频器	806
第九节 变频调速电动机	807
一、结构特点	807
二、国产部分厂家变频电动机技术参数	808
附录 A 部分变频电源设备生产厂或代理商 (公司) 通讯录	822
附录 B 部分变频器品牌中英文对照	828
附录 C 变频设备操作器键、按钮、开关及电工 电子元器件名称代号	830

附录 D 变频器内 PLC 的助记符号 (特定符号)	
及其含义	841
参考文献	843



第一章

概 论

第一节 概 述

一、频率的概念

(一) 频率的定义及分类

1. 频率的定义

电力系统中, 每秒钟内电流方向变化的次数, 称为交流电的频率。频率用字母 f 表示, 单位为赫兹, 简称赫。频率单位符号用 Hz 表示。

2. 频率的分类

通常用频率大小来划分频率的种类。世界各地交流电网供电频率分为 50Hz 及 60Hz 两种, 这两种频率称为工频频率。我国电源频率为 50Hz。以工频为基准, 凡高于工频频率的分为双频频率、3 倍频频率, 中频频率及高频频率几挡; 凡低于基准频率的可分为低频频率及超低频频率。

从频率性质上可分为电源频率、脉冲频率、振荡频率、音频频率及射频频率等, 这些频率在变频装置中均有涉及。

(二) 电源频率与电气设备电磁参数的关系

在有铁心和绕组的电工产品中, 当电源电压 U_1 一定时, 根据电动势平衡规律, 由电磁感应定律得出如下公式

$$E_1 = 4.44 f N_1 B_\delta A_1 \times 10^{-8} \quad (1-1)$$

$$E_2 = 4.44 f N_2 B_\delta A_2 \times 10^{-8}$$

$$\text{或} \quad E = 4.44 f N \Phi K_{dp} \times 10^{-3} \quad (1-2a)$$

$$E = 4.44 f N \Phi \times 10^{-3} \quad (1-2b)$$

$$x_L = 2\pi f L \quad (1-3)$$

$$x_C = \frac{1}{2\pi f C} \quad (1-4)$$

$$Z = \sqrt{R^2 + \left(2\pi f L - \frac{1}{2\pi f C}\right)^2} \quad (1-5)$$

$$n_1 = \frac{60f}{p}(1-s) \quad (1-6a)$$

$$\text{或} \quad n_1 = \frac{60f}{p} \quad (1-6b)$$

式中 E_1 、 E_2 ——变压器一、二次侧感应电动势 (V);

N_1 、 N_2 ——变压器一、二次绕组匝数或电机定、转子绕组匝数;

B_δ ——磁通密度 (T);

A ——磁路截面积 (mm^2);

x_L ——电抗, 也称感抗 (Ω);

x_C ——容抗 (Ω);

Z ——阻抗 (Ω);

f ——电源频率 (Hz);

L ——线路电感 (H);

C ——线路电容 (F);

Φ ——磁通 (Wb/m^2);

p ——电机极对数;

K_{dp} ——电机绕组系数;

n ——电机转速 (r/min)。

由以上公式可以看出, 电源频率 f 与电工产品磁路磁通、绕组匝数、电压、线路感抗、容抗、阻抗、交流电机转速均有关系。当供电电源频率发生变化 (增加或减少某一数值), 则上述

各式中各参数值将产生变化。因电工产品设计定型后，一旦因 f 的变化导致电磁参数变化，引起产品性能变化，从而导致电工产品满足不了使用要求，加速产品故障几率或缩短产品使用寿命。

由式 (1-1) 可知，当磁通（磁通密度）增加时，将导致电工产品铁心的饱和，从而导致励磁电流波形的畸变，在采用变频器的调速装置中，系统控制常采用变频也变压的措施，即 U/f 变频控制，从而使磁通保持不变。

在变频又变压的过程中， U 、 f 调节必须合理，如频率由 f_1 调至 f_x 时，电压 U_1 调节为 U_x ，二者调节以调频比和调压比来表示，即

频率调节比

$$K_f = f_x / f_N$$

电压调节比

$$K_U = U_x / U_N$$

在应用中，使 $K_f = K_U$ 来近似保持磁通不变，这是变频技术领域要解决的关键问题。

对于中频变频机组，高频感应加热与焊接变频装置通入交流电后，因交流电有表面效应、环形效应和邻近效应，且这些效应均使电流趋向导体表面，形成所谓趋肤效应，且随着频率的增加而增加；频率由工频改为中高频时，将产生明显的涡流效应和磁滞现象。为此，中频机组发电机定子绕组具有特种结构形式，而中高频变压器、中高频感应加热及焊接装置中的感应圈均采用空心铜导体，绕制成匝数较少线圈，就是为了适应变频装置中因频率的增加，上述效应增加而采取的措施。

二、变频技术及装置的发展过程

各国变频技术的研究和变频装置的开发与生产过程不同，工业发达的国家如德国、日本及美国等走在前面。我国电源变频改频技术及装置的开发和应用大致分为 3 个阶段。

1. 变频机组供电的开发和应用

对需要非工频供电的设备，首先开发研制生产多种系列的