

155132

—T M32
7537

电动机节能改造实用手册

——三相异步电动机经济运行国家标准实施指南

国家技术监督局标准化司策划

主 编 陆安定
主 审 陈 渭
副主审 杜庆萱
编 著 陆安定 徐玉琦 王荣良 章大章 刘亮喜
 裘庆军 王向楹 陈德俭 张宗桐 章长东
 章祖义 许宏纲 林少鹿 王声广

上海科学技术出版社

电动机节能改造实用手册

——三相异步电动机经济运行国家标准实施指南

主编 陆安定

主审 陈 澗

上海科学技术出版社出版、发行

(上海瑞金二路450号)

新华书店上海发行所经销 上海东方印刷厂印刷

开本 787×1092 1/16 印张 24 插页 4 字数 564,000

1995年7月第1版 1995年7月第1次印刷

印数 1—7,000

ISBN7-5323-3966-1/TM·98

定价: 40.00元

内 容 提 要

本书是一本电动机节能改造的指导性手册，由国家技术监督局标准化司策划并组织编写。全书共分十四章，内容包括：三相异步电动机经济运行的基础理论；三相异步电动机选择；调速节能技术的应用；异步电动机变极调速；电磁调速电动机；晶闸管串级调速；晶闸管交流调压调速；变频调速；液力耦合器调速；对非经济运行电动机实施节电技术改造；电动机固态节能起动器；电动机无功功率就地补偿；提高电能利用率优化配电的原理概要以及提高电能利用率优化配电工程及测定仪器等。

本书以通俗易懂的语言和简明概括的图表，详细地阐述了电动机节能改造的原理，同时，通过大量的应用实例，使读者更为直观地了解电动机节能改造的意义和经济效益。

本手册适用于广大工矿企业电机工程技术人员作为设计、运行和技术改造的指导性手册，也可用于各大专院校电机专业的参考教材。

序

能源是国民经济发展的基础资源,世界各国都将人口、资源和环境列为当今全球发展战略的三大问题。随着我国改革开放和现代化建设的进展,特别是随着建立社会主义市场经济体制和现代企业制度的需要,能源已成为制约我国国民经济建设的重要因素,早在80年代初党和国家就十分重视能源资源的开发、利用和节约工作,提出了“开发与节约并重,近期把节约放在优先地位”的能源工作方针;七届人大四次会议批准的《国民经济和社会发展的十年规划和第八个五年计划纲要》又再次强调了这一重大政策,江泽民总书记又在党的十四大工作报告中号召“高度重视节约能源和材料,提高资源利用效益”。

贯彻国家能源工作方针以来,我国能源资源利用和节能降耗取得明显的成绩,1993年全国就节约能源达4000万t(标准煤),其中节电就近120亿kW·h,提高了能源利用的宏观经济效益,能源消费弹性系数大幅度降低,近2/3的产品能源单耗有所下降,农村用能的开发、节约有较大进展。但要看到我国能源的供需矛盾仍然没有根本好转,虽然我国挤身于能源第二生产大国,但人均能源产量水平很低,在三种主要能源中,除煤炭人均产量接近世界水平外,原油和发电量均大大低于世界人均水平,据80年代统计,我国人均煤炭、原油、发电量分别为836kg、120kg和395kW·h,而同期世界人均煤炭、原油、发电量为900kg、552kg和1900kW·h。为了适应我国国民经济增长的需要,在“八五计划”期间估计缺能2亿t(标准煤);“九五计划”期间缺能4亿t(标准煤)。

多年来的事实说明,我国工业结构有相当一部分是高耗能粗放型经营生产企业,具有极大的节能降耗潜力。我国能源利用率仅为30%,比国外先进水平约低20个百分点,据80年代统计分析,我国每亿美元国民生产总值耗能比日本高三倍左右,比印度还高近一倍,从总体上我国产品单耗比国外高30%~90%,加权平均约高40%,估计节能潜力约为每年3亿t(标准煤),再加上我国存在大量可利用的工业“三废”和可充分利用的再生资源,环境管理也要求节能防污染,推进节能为主的方针确实是国民经济发展战略的大事。

我国节能工作第一部法典——《中华人民共和国节约能源法》正在抓紧制订中;国家技术监督局标准化司为了推动大量以耗能为特征的粗放经营型企业向节能降耗、经济效益型企业转变,制定了一系列如《节能产品评价标准》、《交流电气传动、风机、泵类、压缩机系统经济运行》、《三相异步电动机经济运行》等国家标准。据不完全统计,我国现有风机700万台、水泵3000万台、压缩机500万台,只此三类机械拖动的电机年耗电总和就占全国总用电量的40%以上,而运行效率一般低于世界平均的10%~20%,仅此一项节电潜力每年约为300~400亿kW·h。国家技术监督局标准化司针对我国三大能源中以电能供求矛盾最为尖锐突出的现实,以组织实施GB/T12497《三相异步电机经济运行》国家标准为重点推动节电工作,三年来各地区各行业在实施国家标准做出了努力也取得可喜的成效,但也突出了在非经济运行区的电机设备需要及时改造的矛盾,为了指导各类电机经济合理地改造达到GB/T12497《三相异步电机经济运行》国家标准的要求。为此,国家技术监督局标准化司与

电力部于1994年1月23日在上海召开专题座谈会，组织全国有关知名电机专家研究起草这本《电机节能改造实用手册》，经过十多位专家教授近一年时间的辛勤努力，这本图文并茂，内容丰硕，结合实际，操作性强而具权威性高的手册现在正式面世，它将指导各类工况的三相异步电机以经济而可行的方式进行调整、改造，达到国家标准要求的经济运行状态。这本手册不仅适用工矿企业电机工程技术人员用于设计、运行和技术改造，也可用于电机运行和改造的各类培训教材，同时推荐用于大专院校作为电机有关专业的参考教材。

本《手册》起草、编写、审定虽都是本专业的知名专家教授，编辑出版也特选素负盛名的上海科学技术出版社，但由于技术进步的日新月异以及个人实践经历的有限，差异实属难免，衷心希望关心节电事业发展的各界人士如过去关心GB/T12497《三相异步电机经济运行》国家标准实施一样多提宝贵意见，以便研究改进。让我们(读者、作者)共同为节约能源，发展经济做出贡献。

国家技术监督局标准化司 陈 渭

1994年11月于北京

前 言

当今世界上把电能转换成机械能基本上都是通过电动机来实现的。据国外资料介绍，美、日、法、俄四个国家的电动机所耗电能，占全部工业消耗电能的比重均超过60%，请参阅下表：

国家名称	电动机耗电占工业用电比重
美国	64.3%
日本	61%
法国	66.7%
俄罗斯	60%

据有关部门调查，我国几个主要电网中，电动机所耗电能的比重，占整个工业用电的60%~68%，与工业发达国家的比重大致相仿。因此世界各国竞相研制并推广各种先进技术及设备以促使电动机经济运行。近十多年来我国在研制和采用各种促进电动机经济运行装置与技术上，均取得了显著成效与经验。在此基础上由国家技术监督局标准化司策划，组织有关专家撰写，并委托上海科学技术出版社出版本手册。在本手册中汇集了多种已经实施并需要继续推广应用的促使三相异步电动机经济运行技术，提供给工矿企业技术人员掌握参考，以推动节能工作的进一步开展。

一、调速与调压节能

在一般中、小型工厂里，运行中的三相异步电动机就有数十台至数百台，而在大厂中往往有数千台电动机在运行。多年来工作实践告诉我们，抓它的经济运行首要是抓调速节能，因为其中节电潜力最大。

上海市经委于1983年成立“上海市电动机调速节能技术攻关组”，四年中投入攻关成果18项，并狠抓其推广应用，获得每年节电7000万kW·h的经济效益，并促进了全市调速技术发展。例如上海钢铁一厂在50t化铁炉的二台风机使用液力耦合器调速后，年节电量达80万kW·h，节电20%。又如上海自来水公司吴淞水厂在一台550kW水泵使用可控硅串级调速后，年节电42.6万kW·h，单耗下降24%，一年半即可回收投资。该公司后来在其主要水厂中都采用调速技术之后，制水用电单耗从209.6kW·h/kt，下降到193.7kW·h/kt。再如上海公交公司研制并推广应用逆导斩波调速技术于无轨电车上，三年中新增添了四条电车线路，还延长了一条线路，但电车总耗电量非但没有增加，反而用电量从8795万kW·h，下降到8307万kW·h，在纺织厂中对30kW空调机机群使用调速设备后，每台每年节电量达3~5万kW·h，平均节电30%。

为此国家经委多次来沪了解调速节能开展情况,并于1987年3月在北京召开交流电动机调速驱动节电技术全国性会议,由各省、自治区及各部、委有关能源负责同志及专家参加,会议纪要以《经厅能1987—78号》文向全国颁发,推广调速节能技术。

据统计我国风机、泵类机械设备每年耗电量占全国发电量的31%,其中变负荷运行的占70%,由此可见仅风机、泵类二项调速节电潜力就非常巨大;据专家对上海调查统计资料估计,要求调速节能而又能在近年实现的总负载容量约为40~50万kW,如果能普遍实施,可以每年节电6亿kW·h,相当于一台10万kW·h火电机组的年发电量。

再举一个国外例子:德国有一项统计资料,该国运行中电动机额定容量在1kW以上的占80%以上(从节能目的看对1kW以下作调速节能是不经济的)。全国1kW以上电动机中,90%是鼠笼机,总数为1720万台,它们几乎都用于工业生产。这批电动机总耗电850亿kW·h,其中风机、泵类、压缩空气机三项的总耗电量占全部鼠笼机耗电量的 $\frac{2}{3}$;矿山机械电动机的耗电量占第四位。因此政府部门指导性要抓此四个领域中调速节能,他们计划用15年时间将调速装置全部配置完成,此时每年节电估计为150亿kW·h,相当于全部电动机耗电量的17.6%。

综上所述,可见三相异步电动机调速节能的潜力很大,不论一个地区工业系统、一个企业、一个工厂、乃至一个车间,都应首先抓好调速节能工作,调速节能的经济效益占电动机各种经济运行措施中的首位。

二、调速与调压装置

随着电力电子技术、微电子技术、控制技术以及其他方面诸如制造工艺发展,调速装置繁多,呈百花齐放趋势。本手册中汇集几种多年实践中行之有效且性能较好技术,并将其分章论述。

先阐述调速技术基础理论,再将不同性质负荷如何应用调速节能技术予以介绍,使读者能了解原理和正确使用各种调速节能技术。(第三章由上海市计划用电办公室王荣良高工撰写。)

变频调速是性能最好且最有发展前途的装置。在西欧、北美、日本等工业发达国家和地区,变频调速在三相异步电动机调速范畴中占主导地位。仍以德国为例,上文1720万台1kW以上鼠笼机,已采用调速装置中90%是变频调速。但在中国目前推行却较缓慢,原因是价格太贵。作者在80年代末曾作过一个调查,以中国产品与西欧产品相比较:三相异步电动机在容量、规格、性能、质量相仿条件下,中国产品价格是西欧产品价格的 $\frac{1}{3}$ ~ $\frac{1}{5}$;而电力电子器件及其整机(如变频器等),在相仿条件下,中国产品价格是西欧产品价格的3~5倍。这是由于电动机是一个老行业产品,我国制造技术十分成熟,而劳动力相对廉价,因此价格就低。而电力电子器件及变频器制造与国外有一定差距,产品合格率低,因此价格

就上升。以上海为例,近年每年投入1万台左右的变频器,国产仅占1千台、其余9千台均为进口货,而此1千台中大部分还是进口器件组装产品。但变频调速毕竟是优越的,会被越来越多的用户所采用。为了使读者掌握变频调速原理及应用,本书第八章对此作了详细介绍(由上海铁道大学张宗桐高工撰写,徐安副教授、宋高升工程师、赵卫兵工程师提供资料)。

晶闸管串级调速是一种高效调速节能装置,它能将电动机的滑差损耗通过变压器返馈回电网。其应用范围都在数百至数千千瓦大功率电动机上,而在中小功率时(如200 kW以下),从理论上说就不及其他调速装置优越;而且必需用于线绕转子电动机,不少自来水厂为了采用串级调速,就把原先鼠笼式电动机换下,再改装线绕转子电动机加串级调速,不过这种置换还是合算的,可从节约的电能费用中很快回收投资(见第六章,由上海铁道大学章大章教授主持,由尹明陆、吴汉玉、苏必彩、李林先生撰写)。

调速型液力耦合器是一种良好的节能装置,其节电效益十分显著,如就以711所研制的35台容量为440~3600 kW液力耦合器为例,它们分别安装在上海市冶金行业中的电炉、高炉风机上、发电厂高压给水泵上,经调查这些耦合器一年就节电4000万kW·h。详细内容在第九章中介绍(由上海711研究所王向楹高工撰写)。

调压调速电动机又称滑差电动机,国外则称VS、AS或HO电机。是一个传统产品,价格相对比较便宜,可靠性高,维修容易,一般应用中、小功率电动机上,从数千瓦到数十千瓦范围。这个产品在各工厂应用较普遍。详细内容请阅第五章(由上海同济大学陈德俭副教授及上海电气成套厂林少鹿高工撰写)。

晶闸管交流调压调速也是一种简单、可靠、价格便宜的装置,适用于小功率异步电动机。对于功率较大的异步电动机,如采用调压调速,则在低电压时,由于集肤效应引起转子深槽部位发热而无法运行。作者在80年代末曾与上海市电机技术研究所合作,采用热管技术将调压调速装置试用于较大功率电动机上,用热管将转子热量排放出去,实验虽获得成功,但从经济上以及维护、检修等方面考虑,似不宜推广应用。也就是说调压调速仅宜应用于小功率异步电机上。调压调速详情请阅第七章(由上海石化总公司刘亮喜高工撰写)。

异步电动机变极调速是一种最早期采用调速方案,是有级调速,事实上只有2~3档转速。但它的效率却是十分高的,没有滑差损耗,结构简单。工厂可按实际需要采用。(详见第四章,由上海同济大学陈德俭副教授撰写)。

三、经济运行与跟随馈电

在电气传动系统中,通常会遇到二种工作状态,一种是转速不变,负载瞬时变化;另一种是端电压不变,转速瞬时变化。由于电机设计不能满足传动系统的要求,当负载或转速降低时,其输入功率亦瞬时成比例地下降,从而不能使电动机恒定在高效率区运行。

跟随馈电系统是研究解决上述二种工作状态的一项新技术,例如变频调速与串级调速就是能够近似地使输入功率随着转速的变化而变化的一种跟随馈电系统,习惯上称为 NJP 系统。另一种装置能使输入功率随负载的变化而变化,称谓 KJP 系统,因为这种装置是通过检测功率因数作为控制输入电压的信号,再由控制电压变化来调节输入功率使其随负载变化而变化,因此又称为功率因数控制器,或 VJP 系统。

这种功率因数控制器是美国马歇尔空间飞行中心的工程师 Frank Nola 的一项发明,当时为减少宇宙飞船上泵和风机的能耗而研制的,现在已广泛应用到工业及民用电动机节电中去。除节能外又可以实现电动机的软起动、软停车,目前在市场上推行的产品中还加上诸如过载保护及缺相保护等若干种保护功能。本手册中在第十一章详细介绍此装置(由上海市计划用电办公室章祖义高工及上海港务局研究所许宏纲高工撰写)。

对于三相异步电动机分类结构、损耗分析、运行原理以及在理论上如何正确使电动机经济运行方法在第一章中阐述并举以实例(由上海市计划用电办公室王荣良高工撰写)。

除了上文以较大篇幅论述运行中电动机如何采取节电措施外,对于三相异步电动机正确选择,亦是经济运行一项重大措施,即对新设备要正确选择电动机,对老设备中非经济运行电动机要实施节电技术改造或更换合适的节能电动机。

例如我国压缩机配套用的三相异步电动机,每年需要 400 万 kW,而目前仍然有 350 万 kW 配用效率低、体积大的 JS、JR 系列,而 Y、YR 新系列的效率比 JS、JR 系列高 2% 左右,如果都配用 Y、YR 系列,则每年可节电 3 亿 kW·h;又如 YQS₂ 系列并用潜水泵用三相异步电动机,其效率比 YQS 系列平均高 2.76%,目前我国每年需要深水潜水泵约 9 万台,总容量 100 万 kW,而目前约有 85% 的深井泵用电动机仍然采用老系列,若能配用 YQS₂ 系列,则每年可节电 1 亿 kW·h。

对于运行时间大于 3000 h,负载率大于 50% 场合,应选用高效 YX 系列电动机,它比 Y 系列效率平均高 3%,估计全国在风机、水泵中至少有 300 万 kW 负载符合此要求,如果能使用 YX 电动机,则每年可节电 2.5 亿 kW·h。又如 FX 系列电动机,它是专门为纺织机械设计的,它的效率可以与 YX 电动机相比拟,比普通电动机节电 3%,据统计我国各种纺织机械配套电动机的总容量为 1000 万 kW,其中 70% 已采用 FX 系列,如能将 30% 改造完成 1 半,每年可节电 2 亿 kW·h。

对三相异步电动机正确选择方法见第二章(上海石化总公司刘亮喜高工撰写)。

对非经济运行电动机实施节电技术改造详见第十章(亦由上海石化总公司刘亮喜高工撰写)。

四、电动机的无功补偿与优化配电

在配电网中无功补偿的最佳方式是就地补偿,也就是说那里产生无功功率,就在那里补偿掉,以免它在电气元件(如变压器、线路)中环流产生损耗和占用其容量。在这种理论指导下,当然应该采用电动机无功功率随机补偿。但多年来不能实现这一目标,原因在于工业上不能生产出廉价、性能好、耐用、尺寸小的电力电容器。1979 年水电部有一个考察团去西

欧、北美、日本考察，仅发现美国有这种电容器少量生产并在某些地区有这种电容器的随机补偿；其他国家或地区都未有报导。1984年作者撰写《无功电功率》（浙江科技出版社出版）著作时，亦未收集到除美国以外，任何国家对推广无功随机补偿的报导。到80年代末由于这种电容器制造技术的发展，特别是我国近年引进了数条制造这种电容器生产线，才使无功就地补偿得以推广应用，加之电业部门又制定了一系列促进推广就地补偿政策，这样为电动机经济运行又添了一个新篇章。关于电动机无功就地补偿的作用、经济分析、计算实例等详见第十二章（由机械部二院章长东高工撰写）。

第十三章及第十四章论述有关电动机运行时，如何对配电网中提高电能利用率与优化配电方法。章中详细介绍电动机经济运行电压、对称分量方法运用，优化配电20法原理，并举以实例。以及测试方法与技术、优化配电工程实施项目、程序等。（第十三及十四章由中国纺织大学徐玉琦教授撰写。）

五、工艺改造与节能改造

电动机的节能技术改造，不仅能够达到大幅度节约能源的目的，而且有时还可以促进产品的升级换代。例如在钢铁厂中，轧钢机采用变频调速以后，其产品面貌焕然一新，钢板厚度均匀，型钢质量提高；化纤厂拉丝工艺采用调速技术以后，丝质粗细均匀，纤度、感度提高了层次；印染行业采用调速技术后，色泽清晰、鲜明；造纸行业采用调速技术后，纸张光洁度、均匀度都有显著提高，特别对那些高品位、超薄型纸张不用调速就无法生产。又如飞机、核反应堆、大型化工设备等吊装时的精密对位及升高稳度都非用现代调速技术不可。再如电子工业、机械工业、食品工业等自动化生产线，也都必需一整套调速装置。这样达到了工艺改造及节能改造双重目的。它的社会效益是十分显著的。

手册由我主编（包括框架设计，目录编写，统稿，以及协调与补充各章节内容等），国家技术监督局标准化司司长陈渭高工主审，著名电气老专家杜庆萱教授副主审。

陆安定

1994年11月于上海

目 录

第一章 三相异步电动机经济运行的基础理论	1
第一节 分类与结构	1
一、三相异步电动机分类	1
二、三相异步电动机结构	4
三、三相异步电动机的铭牌	6
四、常用三相异步电动机产品系列介绍	8
第二节 运行原理	11
一、三相异步电动机的旋转磁场	11
二、三相绕组的旋转磁势	12
三、三相异步电动机的电势平衡方程式	15
四、三相异步电动机的磁势平衡	16
五、三相异步电动机的等效电路	18
六、三相异步电动机的功率及转矩平衡	19
第三节 损耗分析	21
一、三相异步电动机的损耗	21
二、减少各种损耗的措施	22
三、电网质量对损耗影响	23
第四节 效率与功率因数	25
一、三相异步电动机效率及功率因数	25
二、三相异步电动机的效率及功率因数曲线	28
第五节 电动机经济运行应用实例	36
一、三相异步电动机经济运行的基本要求	36
二、三相异步电动机经济运行术语	36
三、三相异步电动机经济运行区	36
四、三相异步电动机经济运行的测试及计算	37
第二章 三相异步电动机选择	49
第一节 三相异步电动机的合理选用	49
一、选择三相异步电动机的原则和步骤	49
二、GB 12497-90 中有关三相异步电动机选择的规定	52
三、三相异步电动机选择程序	60
第二节 高效率三相异步电动机及其选用	63
一、高效率异步电动机	63
二、国内外高效率三相异步电动机简介	64
三、高效率电动机的应用场合	70
第三章 调速节能技术的应用	72

第一节 调速技术的基础理论	72
一、调速电动机的机械特性	72
二、三相异步电动机的调速技术分类及其主要指标	75
三、三相异步电动机调速方式	77
四、各种调速方法特性比较	80
第二节 风机水泵调速运行	80
一、风机的分类	80
二、泵的分类	81
三、风机的性能参数	82
四、通风机的运行调节	83
五、泵的性能参数	85
六、泵的运行调节	86
七、风机水泵调速方法的选择	87
八、风机、水泵调速技术应用实例.....	89
第三节 工业锅炉上风机及给水泵调速技术的应用	92
第四节 金属切削机床的调速运行	94
一、车床调速运行	94
二、钻床调速运行	94
三、磨床调速运行	94
四、铣床调速运行	95
五、镗床调速运行	95
六、龙门刨床调速运行	95
第五节 起重机械的调速运行	96
一、起重机械对传动电动机的要求	96
二、起重机械对电力传动及自动控制的要求	97
三、起重机械的调速运行	97
第四章 异步电动机变极调速	98
第一节 变极调速原理	98
第二节 变极调速的机械特性	99
一、Y改YY的恒转矩特性接法	99
二、 Δ 改YY的恒功率特性接法	99
第三节 变极调速的控制线路	100
一、双速异步电动机的典型控制线路.....	100
二、三速异步电动机的典型控制线路.....	101
三、四速异步电动机的典型控制线路.....	102
第四节 变极调速的节能应用	102
第五章 电磁调速电动机	109
第一节 工作原理	109
第二节 传递效率	111
第三节 调速节电运行	113
一、风机、泵类负载的调速节电	113

二、可变极电磁调速电动机的节电运行	113
第四节 控制装置	114
一、JD1 系列控制装置主要参数	114
二、JD1A 型控制装置电气线路结构方框图	115
三、其它型号的控制装置简介	116
第五节 自动控制组件	116
第六节 应用实例	121
一、装料机的并联运转	121
二、装料机的比例运转	121
三、水泥回转窑与装料机的联锁运转	122
四、利用松紧调节辊的卷取控制	123
五、风机和泵类按调节器信号控制	123
第六章 晶闸管串级调速	126
第一节 工作原理	126
一、交流电动机串级调速系统	126
二、串级调速的分类	128
三、机械特性的分析	130
四、串级调速系统的功率因数	132
第二节 适用工况分析	135
一、长期低速工况交流电动机应用串级调速的分析	135
二、风机、水泵类调速工况应用串级调速的分析	135
三、起重机及提升机负载应用串级调速的分析	136
第三节 节电原理及节电率	138
一、串级调速节电原理	138
二、串级调速节电估算	141
第四节 应用实例	141
一、晶闸管串级调速在中小型风机、水泵上的应用	141
二、晶闸管串级调速在印染、造纸及拉丝行业的应用	142
三、晶闸管串级调速在铁路卸车机、装车机上的应用	142
四、晶闸管串级调速在起重机上的应用	146
五、晶闸管串级调速系统在大型通风机上的应用	147
第七章 晶闸管交流调压调速	151
第一节 端电压与机械及电气特性关系	151
一、电网电压变动对电动机性能的影响	151
二、降低定子端电压对机械特性和力能指标的影响	151
三、电动机降压节电	154
第二节 调压调速原理	159
一、电力拖动系统运动方程式	159
二、调压调速的原理	159
三、不同负载转矩特性下的交流调压调速效果	159
第三节 调压调速系统	160
一、异步机调压调速系统的构成	160

二、调压调速系统力能指标和应用范围	163
第四节 变极调压调速系统	164
一、变极调压调速系统的特点	164
二、变极调压调速系统应用实例	164
第五节 应用实例	166
第八章 变频调速	177
第一节 变频调速的运行原理	177
第二节 逆变器主回路方式	178
一、电压型逆变器	178
二、电流型逆变器	179
第三节 PAM 与 PWM 控制	180
一、PAM	180
二、PWM	180
第四节 通用晶体管变频器	181
一、电路图	182
二、标准规格	182
三、功能、数据号码表	183
四、输入输出端子说明	184
五、使用方法	185
第五节 变频调速系统	185
一、一般调速系统	185
二、闭环控制调速系统	192
第六节 故障诊断及其排除方法	199
一、保护功能动作显示时的诊断及排除方法	199
二、异常现象的诊断及排除方法	202
第七节 应用实例	204
一、变频调速在空调风机上的应用实例	204
二、变频调速速度控制的应用实例	205
三、变频调速在深井泵供水系统的应用实例	207
四、变频调速系统在交流起重机上的应用实例	208
五、变频器在化纤纺丝设备上的应用实例	211
第九章 液力耦合器调速	213
第一节 液力耦合器的技术特性	213
一、液力耦合器的原理及结构	213
二、调速型液力耦合器的特点与功能	214
三、液力耦合器的特性参数及特性曲线	215
第二节 液力耦合器的分类	217
一、按功能分类	217
二、按工作腔形状分类	217
三、按工作腔数量分类	217
四、按结构分类	218
五、按叶轮叶片的倾斜方向分类	218

第三节 限矩型液力耦合器的结构	220
一、静压泄液式液力耦合器	220
二、动压泄液式液力耦合器	220
第四节 限矩型液力耦合器的应用与节能	220
第五节 调速型液力耦合器的结构	221
一、悬挂式进口调节型	221
二、自支承式进口调节型	221
三、悬挂式出口调节型	221
四、半悬挂半自支承式出口调节型	222
五、自支承式出口调节型	222
六、前置增速齿轮式进出口调节型	222
七、后置减速齿轮式进出口调节型	223
八、前后置两级增速式进出口调节型	223
九、立式出口调节型	223
第六节 调速型液力耦合器效率的计算	223
一、YOT 系列调速液力耦合器	227
二、YOTZ 系列调速液力耦合器	227
三、YOTW 系列调速液力耦合器	229
四、YOTL 系列调速液力耦合器	229
五、YOXP 系列限矩型液力耦合器	229
六、YOXD 系列限矩型液力耦合器	229
七、YOXPL 系列、YOXDL 系列限矩型液力耦合器	230
第七节 液力耦合器的选型	231
一、限矩型和调速型的选择	231
二、限矩型液力耦合器型式的选择	231
三、调速型液力耦合器型式的选择	232
四、液力耦合器规格型号的选择	233
第八节 风机、泵类调速节能应用实例	233
一、钢铁行业	233
二、有色冶金行业	239
三、火力发电厂	240
四、水泥行业	241
五、化工行业	244
六、纺织行业	244
七、油田设备	245
第十章 对非经济运行电动机实施节电技术改造	246
第一节 采用磁性槽楔或槽泥	246
一、节电原理	246
二、磁性槽泥材料	247
三、磁泥施工工艺	248
四、磁泥改造节电效益	250
第二节 采用节能风扇	256

一、降低电动机的机械损耗(风摩损耗).....	256
二、电动机采用高效节能风扇.....	257
三、合理减小电机冷却风量及风扇外径.....	259
第三节 定子线圈重绕	260
一、老电机定子线圈的重绕.....	260
二、以铜线代替铝导线的重绕.....	261
三、提高电机绝缘等级.....	262
第四节 综合技术改造	263
第五节 非经济运行电动机诊断	267
第十一章 电动机固态节能起动器(软起动节电器)	268
第一节 工作原理	268
一、基础理论.....	268
二、固态节能起动器的工作原理.....	270
第二节 电动机空载、轻载运行时的节能	271
一、节电效果.....	272
二、动态性能.....	272
三、节电率可调性.....	273
第三节 恒流软起动	273
第四节 软停车	274
第五节 过载保护及缺相保护	275
第六节 应用实例	276
第十二章 电动机无功功率就地补偿	283
第一节 无功功率就地补偿的作用	283
一、改善功率因数及相应地减少电费.....	283
二、减少电能损耗及相应的电费.....	283
三、增加供电功率和减少用电贴费.....	283
四、对电压的影响.....	287
第二节 就地补偿的技术经济分析	292
一、在技术上应注意的问题.....	292
二、减少电能损耗的分析.....	293
三、投资效益的分析.....	293
第三节 电容器容量的选定及计算实例	295
一、几种确定就地补偿电容器的方法.....	295
二、确定就地补偿电容器方法的分析.....	297
三、推荐采用的确定就地补偿电容器容量的步骤.....	298
四、常用就地补偿电容器容量表.....	299
五、就地补偿的技术经济效果计算示例.....	302
第四节 无功功率集中补偿与就地补偿	310
一、电容器无功补偿方式的种类及其特点.....	311
二、就地补偿与集中补偿的技术经济比较.....	313
三、就地补偿的应用范围.....	313

第五节 就地补偿装置的主要部件	314
一、电容器	314
二、电阻	315
三、电抗器	316
四、控制保护设备和载流元件	317
第十三章 提高电能利用率优化配电的原理概要	319
第一节 关于优化配电的分析	319
第二节 配电线路功率损失率与电压损失率的关系	319
第三节 电动机的经济运行电压	320
一、运行电压对电动机铁损的影响	320
二、电动机定子、转子铜损随电压变化的规律	321
三、杂散损耗随电压变化的规律	321
四、风摩损耗随电压变化的规律	322
五、电动机总功率损耗随电压变化的趋势	322
六、电动机的经济运行电压及其影响因素	322
第四节 对称分量法及电压电流不对称度	322
一、对称分量法简介	322
二、电流不对称度与电压不对称度	326
三、三相电压(电流)不对称的特征值	327
第五节 电动机电压不对称电磁功率附加损耗	328
第六节 负荷不对称附加线损及其计算	330
一、不对称负荷的线路功率损耗	331
二、对称负荷的线路功率损耗	332
三、负荷不对称附加线损及附加线损率	333
第七节 优化配电 20 法原理概要	334
一、调整全厂运行电压提高电能利用率的原理	334
二、使电动机的经济运行电压与实际的运行电压相符提高电能利用率的原理	334
三、按经济运行原则确定变电所位置以减少线损的原理	335
四、按经济运行原则确定车间变电所数量减少铜损的原理	336
五、减小电压电流不对称度以减小各类不对称附加功率损耗的原理	336
六、调整负荷减小负荷波动附加铜损的原理	336
七、按经济运行原则配置让峰负荷的原理	339
八、选择及调整变压器容量节电原理	340
九、按经济运行原则确定变压器投运台数的节电原理	342
十、按经济运行原则对变压器群均衡负荷的节电原理	348
十一、调整变压器组接线的节电原理	348
十二、按经济运行原则对变压器均衡补偿的节电原理	348
十三、最佳补偿节电原理	349
十四、力率参差节电法原理	350
十五、按经济运行原则选择导线线规的节电原理	351
十六、按经济运行原则确定线路敷设方式节电原理	351
十七、按经济运行原则选择电动机容量节电原理	352