

电力节能技术选集

白世海 编译

季 智 校译

中国水利电力企业管理协会
武汉电力企业管理协会

电力节能技术选集

白世海 编译

季智 校译

中国水利电力企业管理协会
武汉电力企业管理协会

一九八八年十二月

前 言

人们往往把节能叫做“第五常规能源”，与煤、石油、天然气、水力并列，这说明节能虽不是能量来源竟说成是一种新的能量来源，足见其重要。当能源紧张供求发生矛盾的时候，节能可以挖掘能源的潜力，缓解矛盾；即使能源充裕，供求适应的时候，节能也可以提高能源的有效利用，使物尽其用，对于降低产品成本，也是一项积极的措施。所以，节能是国家的长期战略任务，也是企业的一项主要工作。我国的能源利用比较浪费，潜力很大，国务院于1987年3月30日批转了国家经委、国家计委《关于进一步加强节约用电的若干规定》，並多次召开节能会议，推动各行各业的节能工作。

为了贯彻上述精神，做好节能工作，特编译这本《电力节能技术选集》，作为借鉴。本书内容有技术方面和组织管理方面的节能措施，主要是技术方面的措施，特别对供用电设备节能，如电动机、变压器、电容器、送风机、水泵、电孤炉、电加热炉、电焊机、照明设备和空调设备等等。首先扼要介绍设备特性和构造原理，然后重点提出节能方法，使人阅后能明了措施的由来，从而加以应用和推广。另外，本书还编辑了一些有关节能方面的资料，分为国外和国内两个部分，作为附录。国内部分主要介绍了节电经验和十个行业主要节电措施，这是我国自己积累的经验，有可贵之处。本书可为节能主管部门、工矿企业领导、科技人员提供节能途径和重点，对大专院校有关专业教学人员亦有一定参考价值。

本书由中国水利电力企业管理协会和武汉电力企业管理协会共同主持编辑出版。由白世海同志编译，季智同志校译。国内部分的编写由季智等同志执笔。

由于译、校及编辑人员水平有限，缺点和错误在所难免，希望广大读者多多提出宝贵意见，发现问题请及时告诉我们，以便修改补充。

编 者

目 录

第一章 电动机的运行节能	(1)
第一节 各种电动机运行的概述	(1)
第二节 专用电动机的运行节能	(16)
第三节 直流电动机的运行节能	(24)
第四节 异步电动机的运行节能	(32)
第五节 同步电动机的节能	(39)
第六节 电动机的选择和使用方法与节能	(41)
第七节 VVVF (异步电动机变换器控制) 控制 转数与节能	(44)
第二章 变压器的节能对策	(52)
第一节 变压器特性与节能	(52)
第二节 变压器的节能措施	(57)
第三节 变压器节电实例	(62)
第四节 变压器减少容量, 负荷集中, 减少运行 台数, 采用节能变压器等的节电效果	(63)
第三章 电力负荷 (设备) 提高力率节能	(70)
第一节 主要负荷的力率	(70)
第二节 提高力率与节能	(73)

第三节	提高力率与电力电容器·····	(87)
第四节	电力电容器运行与节能·····	(102)
第四章	送风机节能(电)·····	(139)
第一节	送风机节电方法综述·····	(139)
第二节	利用启、停运行的节电方法·····	(147)
第三节	降低风量的节电方法·····	(147)
第四节	控制风量、依需要而变化的节电方法·····	(151)
第五节	阻尼挡板控制送风量的节电方法·····	(159)
第五章	水泵的节能(电)措施·····	(159)
第一节	泵的种类·····	(159)
第二节	泵的一般特性·····	(162)
第三节	泵的运行特性·····	(164)
第四节	泵的节电方法·····	(166)
第六章	电弧炉、电加热炉、电焊机的节能措施·····	(171)
第一节	电弧炉的节能措施·····	(171)
第二节	电阻加热炉的节能(电)与运行·····	(181)
第三节	感应炉(工频或低频等)的节能(电)措施·····	(189)
第四节	电焊机的节电措施·····	(202)
第七章	照明设备的节电·····	(214)
第一节	照明设备节电概述·····	(214)
第二节	照明的节电方法·····	(220)
第三节	日本工厂照明节电的新趋势·····	(221)
第八章	空调设备的节能措施·····	(228)
第一节	空调概述·····	(228)
第二节	空调系统和节能(电)·····	(231)

第三节	空调的节电重点·····	(234)
第四节	空调系统的节能方法·····	(239)
第九章	厂矿企业的电能管理与节能·····	(248)
第一节	电能管理应有的考虑·····	(248)
第二节	计量管理对节能的重要性的分析·····	(258)
第三节	提高负荷率和设备利用率·····	(262)
第四节	电力尖峰负荷的调整和改善·····	(265)
第五节	单位电耗管理与节电·····	(270)
第六节	电力节能综合提要及其管理标准与作用	(275)
附 录	·····	(283)
第一节	翻译部份·····	(283)
一、	节能法·····	(283)
二、	工厂节能标准·····	(292)
三、	日本各种异步电动机频率、力率特性·····	(308)
四、	能源换算表·····	(325)
五、	铜导线的电阻和损失·····	(327)
六、	关于热能管理·····	(328)
七、	能量节省程序 (ERP—20)·····	(343)
第二节	国内编写部份·····	(349)
一、	节约用电经验点滴·····	(349)
二、	十二个行业主要节电措施·····	(373)
三、	用电经济效益分析·····	(395)
四、	提高火电厂大机组经济效益·····	(405)
五、	锅炉、汽机有关经验数据·····	(413)

第一章 电动机的运行节能

第一节 各种电动机(运行)节能的概述

将电能转换成热、光、力而被利用时,电动机作为力能广泛应用于工厂、矿山、电气铁路、高层建筑空调、以及日常生活用的电冰箱、除尘器、洗衣机等等。由于电动机在各种电能消耗中用途广、比重大,因此把每台电动机所节省的微小电能汇集起来,就相当于增加一个大的发电厂。

本章为对各种电动机的运行方法进行必要地说明,现概述有关情况如下:

一、在工厂设备中电动机的运行实况:

为谋求节电,首先应当考察损失发生在那里,下面就一般工厂有关电动机的电能流程图(图1—1)来考察工厂受电端的输入电力及损耗和作功之间的关系。

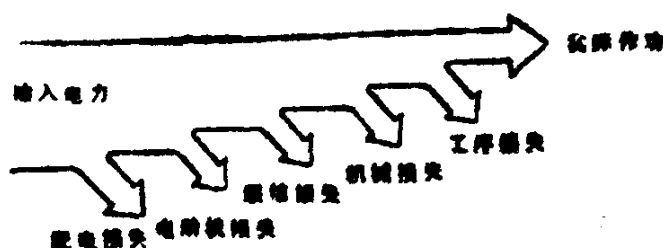


图 1—1

电 能 流 程 图

(一) 配电损失: 为工厂受电端到电动机接线端子盒之间所发生的电能损失。通常指变压器、配电线、电抗器、电

力电容器、配电盘等的电能损失。这项损失的构成除运行中负荷损失外还有无负荷损失和杂散损失。

(二)电动机损失：电动机损失除本身损耗外，还包括控制盘损失，励磁电动机的励磁损失，外冷却风扇的电动机用电，以及控制盘的控制损失等等。

(三)连结器损失：指电动机轴与工作机之间随力矩传递方式而产生的损失。如增速机、减速机、靠背轮等。

(四)机械损失：指机械本身输入功率和输出功率之间所存在的损失。

(五)工序损失：机器设备在取得输出功率(做功)之前所发生的损失。如水泵、鼓风机的管路损失，由调节阀、阻尼器产生的压力损失等。

关于电能损失，由于工厂规模以及所使用电动机的种类各不相同，因此损失也不能一概而论。但是，工厂受电端输入电力与实际做功之间，做功所占比例很小。据日本某石油化工厂的报告，做功占输入电力的20%，相当于80%的电能被损失掉了(注：指能源平衡比率并非实际电能损耗)。

二、固定转数电动机的效率

按规定转数运行的电动机，大体可以划分为固定转数电动机和以可控硅整流器或晶体管整流器控制转数的可变速电动机。

表1—1 为固定转数电动机的分类。变极数电动机由于转数的连续而视作固定转数电动机。一般绕线型电动机系以二次电阻启动，启动后在二次电阻短路下运行。电容式电动机、齿轮轴电动机、永久磁铁电动机等，均与固定转数电动机效率相似。各类电动机的效率特性是：

(一) 容量越小效率越低, 容量越大效率越高;

(二) 负荷率低效率亦低, 负荷率高效率亦高。

图 1—2 表示上述 (二) 所反映的效率特性。

表 1—1 固定转数电动机分类

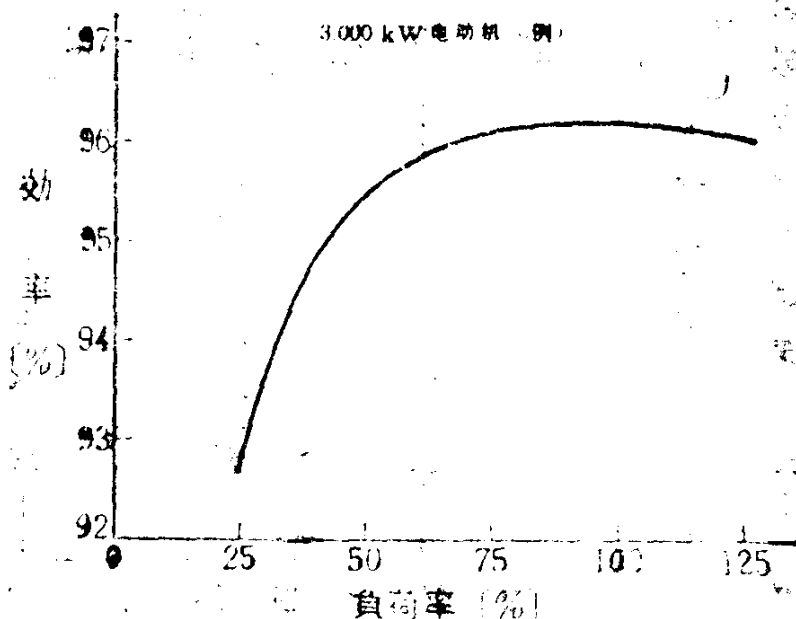
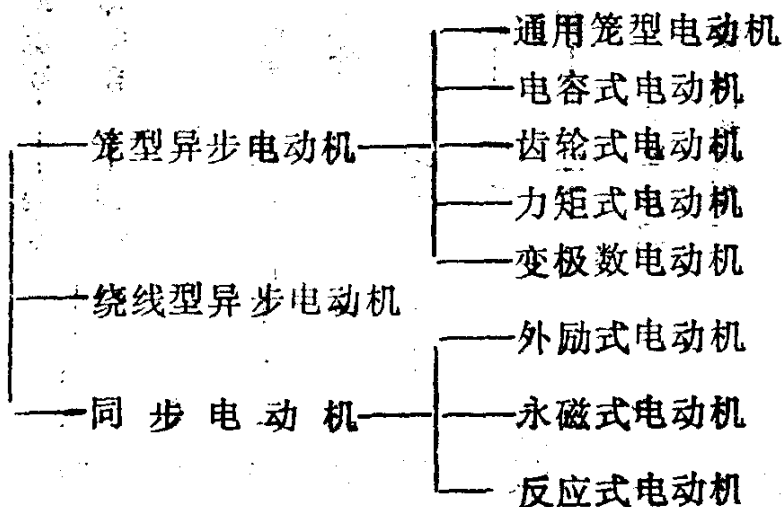
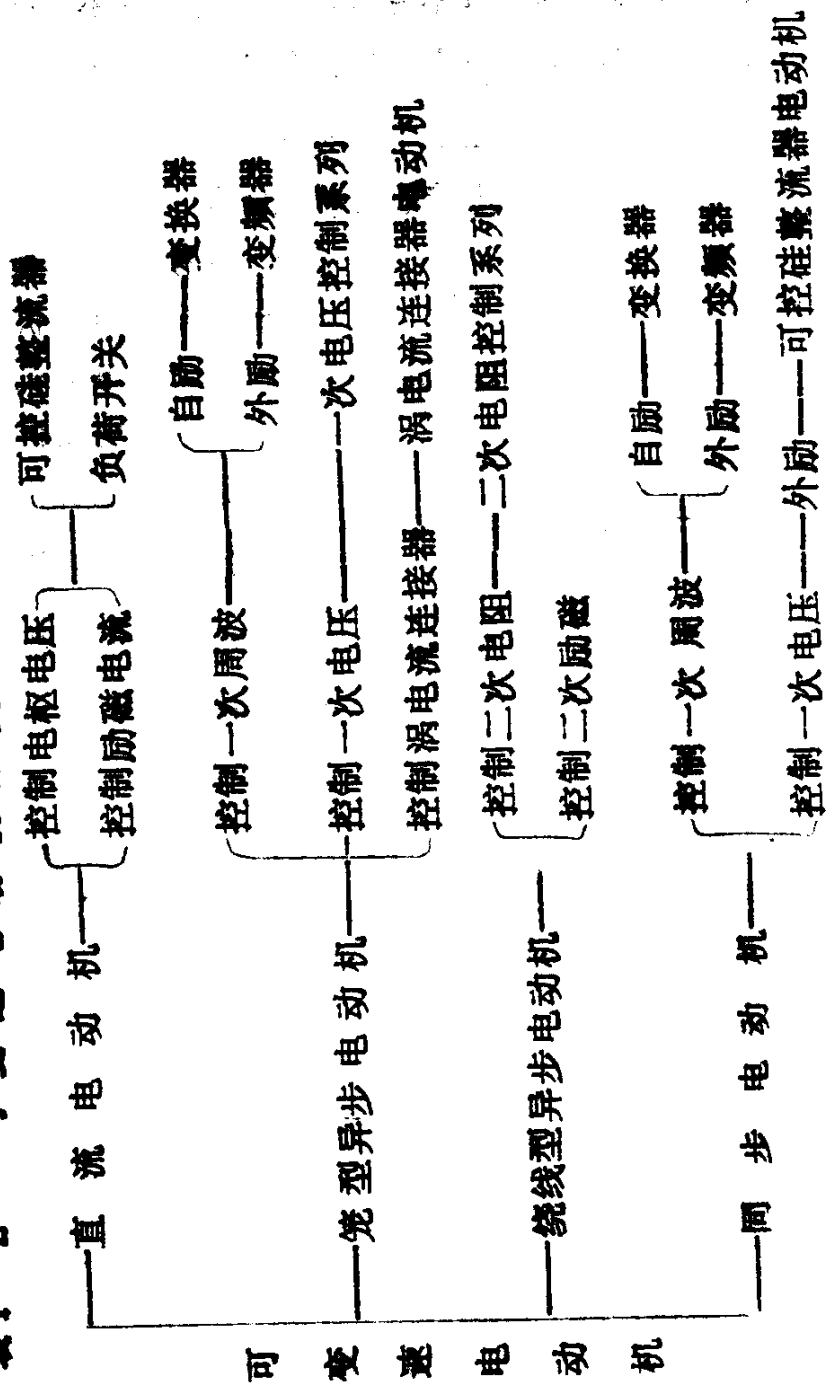


图 1—2 交流电动机效率与负荷率关系曲线

三、可变速电动机和控制原理

对于可变速电动机，可按表 1—2 进行分类。

表 1—2 可变速电动机分类



直流电动机作为可调速电动机已有很久的历史，图 1—3 表示直流电动机控制系统图。由于直流电动机控制特性好，更适合有精密转数要求的生产设备。但是，由于主回路中的炭刷和整流子维护较困难，大容量、高转数的直流电动机则受一定限制。

交流电动机的转数变换技术，比直流电动机复杂，成本也比较高，以往一向用于特定的用途，最近从其维护上的优点重新评价，已在各种用途上得到广泛应用。作为控制装置主要回路使用的半导体元件有：大容量可控硅整流器、逆导通可控硅整流器、光阀门式可控硅整流器、大型晶体管等。

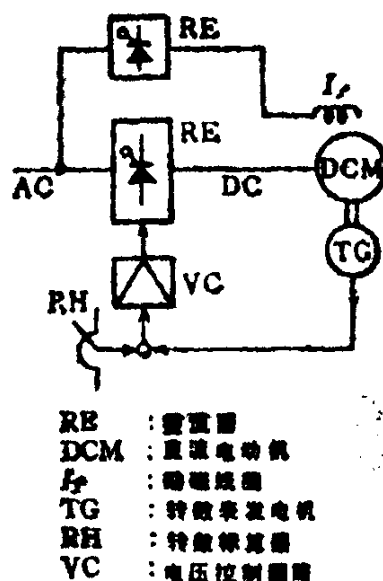


图 1—3

直流电动机转数控制系列同时控制回路的元件 IC (集成电路)、MSI (中规模集成)、LSI (大规模集成)、微处理机等的使用，已逐渐形成新的驱动系列，因此以往用于直流电动机的领域，交流电动机也得到了介入。

变换器对异步电动机或同步电动机均可适用。由于它是靠改变一次侧周波数以改变转数的，因而为避免磁饱和可依周波比例相应地改变一次侧电压。图 1—4 为控制 (V/f)

式变换器的构成图，变换器：分电流形和电压形，通常单机

用电流形，复数电动机

时用电压形。显然应按

照负荷侧的性能要求，

或者采用PWM控制。

在精确控制时应采用封

闭式回路运行。

变频器：按其输出波形

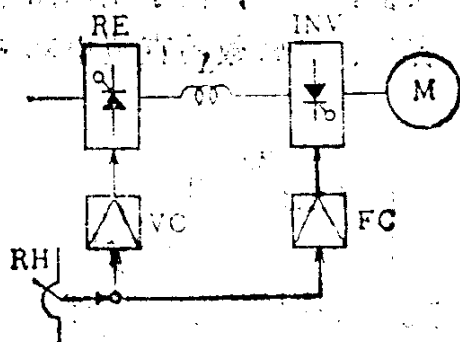
可分为方形波、台形波、

正弦波变频器三种。其

变换转数的原理是靠改

变一次侧周波，如同时

也改变一次侧电压时，



RE : 整流器
INV : 变换器回路
M : 电动机

图 1—4

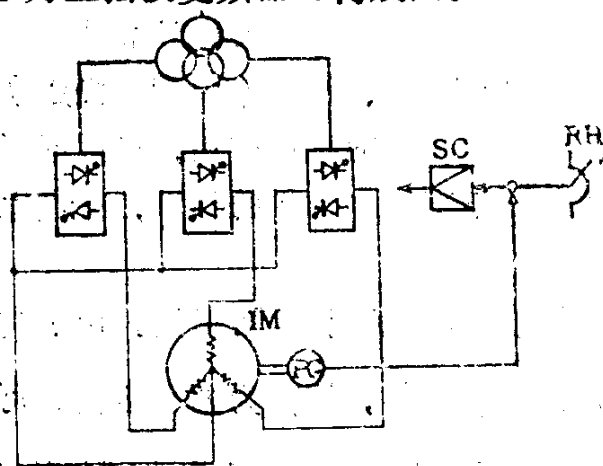
变换器系列构成图

则与变换器作用相同。变频器较适用于电源周波的 $1/3—1/4$

以下的运行范围，按这一特点而进入了以往用齿轮传动的驱

动系列。变频器对异步电动机和同步电动机均可适用。图 1

—5 为正弦波变频器的构成图。



PG : 脉冲发生器

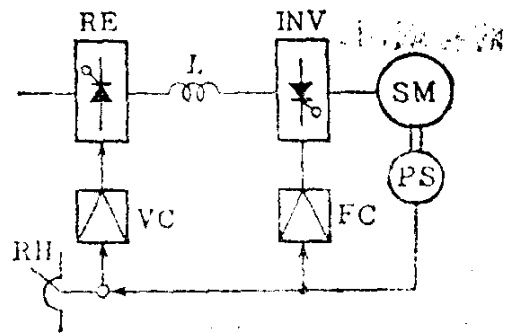
图 1—5

正弦波变频器

系列构成图

可控硅整流器电动机，这种电动机是由可控硅整流器或者晶体管的开关，代替直流电动机炭刷和整流子等机械性整流装置。电动机作为同步电动机使用时利用位置指示器进行自动控制，其特性与直流电动机很相似。因此，根据它的变速原理，在控制一次侧电压时，周波数也自动变化。从结果看，它和变换器、变频器一样， (V/f) 是一定的。与直流变速系列所不同的是，当弱励磁时换流可能失败。图1—6为可控硅整流器电动机构成图。

笼型异步电动机的一次电压控制。通过改变电压，使电动机滑差和力矩发生变化，从而改变电动机转数。它和可控硅整流器电动机的不同点是周波为工频稳定周波，低转数时二次侧铁损增大，变速范围不宜太大。因此从节能观点来看，这种变速方法不理想。图1—7为一次电压控制构成图。



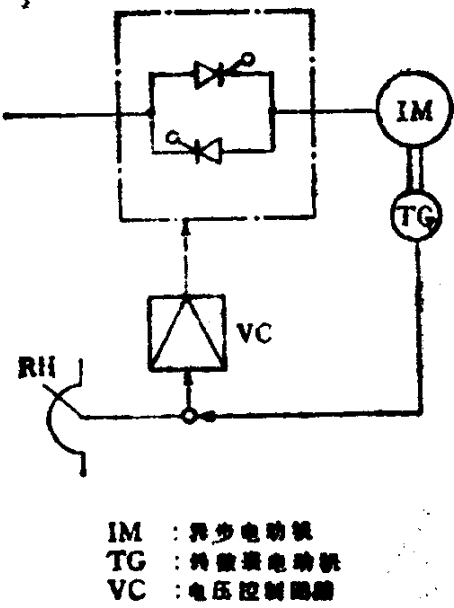
- RE : 整流器
- INV : 逆变器
- SM : 同步电动机
- L : 直流电抗
- PS : 位置指示器
- FC : 励磁控制电路

图 1 — 6

可控硅整流器电动机系列构成图

涡电流连接器电动机：这类电动机是将笼型异步电动机输出功率轴与涡电流靠背轮相接，笼型异步电动机按工频电源以一定转数旋转，涡电流靠背轮依励磁电流而改变二次

侧机器的转数。这类变速系列历史较久、价廉。但是由于转数低时损失增大，因此，从节能观点来看，在低转数、大容量使用范围内，已逐渐被淘汰。图1—8为涡电流连接器电动机的构成图。

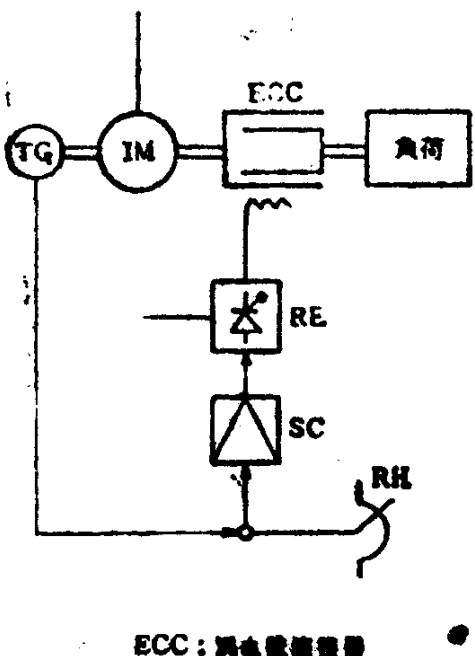


IM : 异步电动机
TG : 测速发电机
VC : 电压控制电路

图1—7

一次电压控制系列构成图

绕线型异步电动机的变速方法，可分为二次接以电阻进行变速和接以可控硅变换器改变二次电力进行变速两种。前者简称二次电阻控制，二次电阻越大则速度降低时损失增大，从而和涡电流连接器电动机一样，不适用于低转数需要。后者简称二次励磁控制。



ECC : 涡电流连接器

图1—8 涡电流连接器电动机系统构成图

图 1—9 为二次电阻控制系列构成图。图 1—10 为二次励磁控制电动机系列构成图。

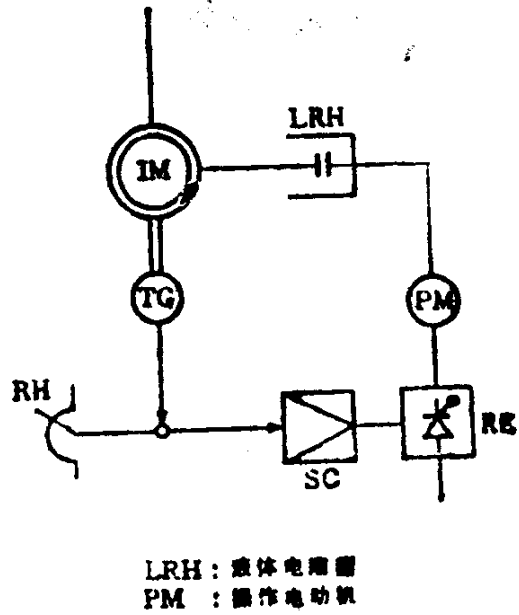


图 1—9

二次电阻控制系列构成图

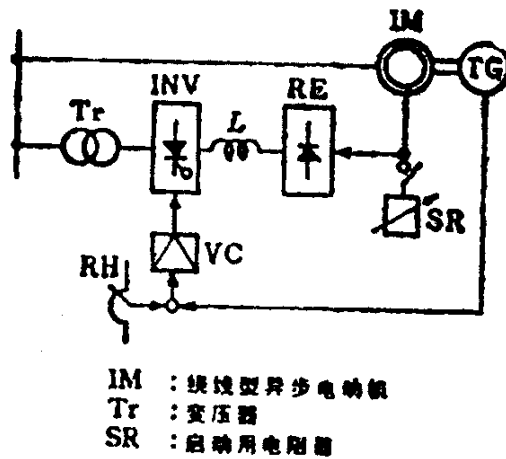


图 1—10

二次励磁控制系列构成图

四、转数控制系列的效率与特性

若考虑节能，效率是重要关键。对转数控制系列来说不只是讲电动机效率而且必须包括变换器或其他机器的综合效率。决定综合效率的因素很多，如转数、负荷率、容量、极对数、变换器的种类等等。对此将在第二节详细介绍，这里仅就一般特性作如下叙述。

(一) 直流电动机转数控制系列：直流电动机转数控制系列如果在低转数状态下运行时，其效率则相应降低；在轻负荷区域内效率也比较低。但是，在高转数下运行时，效率则基本不变。直流电动机是可变速电动机中效率较好的一种。

(二) 可控硅整流器电动机系列：这种系列和直流机转数控制系列有相同的倾向。但效率约低1—2%。

(三) 变换器系列：变换器系列和可控硅整流系列有相同倾向。但由于可控硅整流器电动机系列是自然换流，而变换器系列是强制换流，其变换器效率稍差，而且即使同一变换器系列，当换流回路不同时，电压形和电流形二者效率也有差别。就变换器本身效率来看，在额定情况下电压形效率为88—92%，电流形为94—96%。

(四) 变频器：变频器输出波形分为方形波、台形波、正弦波三种。其中，越接近正弦波，则高次谐波越少，电动机效率也越高。由于它也是自然换流，其效率与可控硅整流器电动机基本相同。

(五) 异步电动机的一次侧电压控制系列：在改变电压时电动机力矩也同时变化，这种转数控制方式，产生与滑差成正比的二次侧损失。因此，转数越慢效率越低。若将笼型

异步电动机调换为绕线型异步电动机，在二次侧接以电阻器时，虽然变速范围得到了扩大，但由于二次电阻而消耗了二次电力，结果效率仍得不到提高。

(六) 涡电流连接器电动机：当涡电流靠背轮转数越少时靠背轮内热损失越大，效率变低，它和异步电动机一次电压控制很相似。

(七) 绕线型异步电动机二次电阻控制：如(五)所述，由于转数越慢消耗电力愈多，效率降低。

五、电动机节能的一般方法

本段系针对第一节之一所述的五种损失的情况，在节能方法上所进行的一般考虑。至于各种电动机节能的专项技术和内容则在第二节以后分别加以介绍。

(一) 减少配电损失：减少配电损失是一项比较复杂的工作，例如减少配电线或电缆的损失，有的则需要采用大截面导线，如处理不当可能增加成本而造成相反的效果。至于电抗器、电容器、配电盘等是有目的安装的设备，不宜简单处理。关于变压器减少空负荷损失，比较容易作到，效果也比较好。对多台变压器，将负荷率很低的变压器暂时或定期退出运行；或对供电变压器的台数进行控制，使变压器与负荷保持在高效率状态下运行，则节电效果比较好。

(二) 减少电动机损失：首先必须考虑的是工厂电动机中有没有无效运行或无负荷运行的情况。

例如化工企业所使用的很多管道和阀门，均应与电动机节能工作结合考虑。

又如造纸厂造纸机的流水作业线上，在考虑电动机节能