

全國工業交通展覽會

# 技術資料

水利電力出版社出版

## 用感應電動機發電

水利電力部技術改進局著

### 著者的話

這份資料的內容不夠充實，特別是運行經驗還很少。因為目前農村電站的大量發展各方面急需這方面的資料，所以我們先把它印出來，供給參考。待各地運行經驗收集到后再加以充實。

水利電力部技術改進局

1205D344

水利电力出版社出版(北京西郊科學路二里溝)

北京市書刊出版業營業許可証出字第105号

水利电力出版社印刷厂排印 新华書店发行

\*

787×1092 $\frac{1}{32}$ 开本\*  $\frac{9}{16}$ 印張\* 9千字

1958年8月北京第1版

1958年8月北京第1次印刷(0001—30,200册)

統一書号: T15143·170 定价(第9类)0.06元

# 目 錄

前言.....	2
一、基本原理.....	2
二、自激異步发电机的特性.....	4
(1)自激異步发电机空載特性	
(2)轉速不变时电容与电压的关系	
(3)电容量不变时轉速与电压的关系	
(4)电压不变, 电容与周率的关系	
(5)異步发电机三相負荷特性	
三、異步发电机的最大出力.....	9
四、剩磁的恢复.....	9
五、运行中过电压的防止方法.....	10
六、不同容量異步发电机所需的电容数值.....	11
七、經濟比較.....	13

## 前 言

隨着农业生产高潮的出現和生产技术水平的提高，农村愈来愈感到需要电力以便更快的提高劳动生产率。目前全国各地正在大量发展着的小型水电站是农村很好的动力资源。

用異步电动机並联适当的电容器构成自激異步发电机以代替小容量同步发电机有很多优点：

1. 異步电动机构造简单；
2. 运行可靠；
3. 无励磁机及轉子滑环，因而不会发生炭刷冒火問題。运行维护简单，适合于农村現有的技术条件；
4. 不怕短路，无需过流保护；
5. 小容量的異步发电机較同容量的同步发电机价格便宜；
6. 小容量異步电动机較同步发电机容易供应，且便于扩充和更換，适宜解决农村急需的电力发展需要。

異步发电机具有下列缺点：

1. 电压隨負荷和轉数的变化比較大；
2. 电感性負荷增加时，所需电容数值增加很多。

### 一、基本原理

如果異步电动机轉子上有剩磁存在，当轉动时切割靜子繞組感应一电势  $E_{ocm}$  該电势加在电容器上产生一超前  $90^\circ$  的电容电流  $I_c$ ，这个电流产生的磁通与剩磁  $\Phi_{ocm}$  同相如图 (16) 剩磁与电容电流所产生的磁通相加起来使靜子上感应的电势加大如

图2电势 $E_1$ 在电容器上产生电流 $I_{c1}$ ，电容电流 $I_{c1}$ 使电势由 $E_1$ 增加到 $E_2$ ，电势 $E_2$ 又使电容电流增加到 $I_{c2}$ ，如此反复循环直到电机空载曲线 $V_1=f(I_c)$ 与容抗直线 $V_c=f(I_c)$ 相交为止(如图2的A点)。最终稳定的电压大小决定于电容器的数值和原动机的转速。

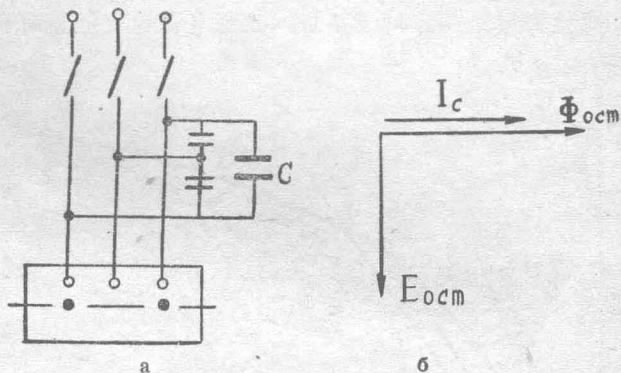


图1 自激异步发电机

a)异步发电机接线图；b)自激的向量图。

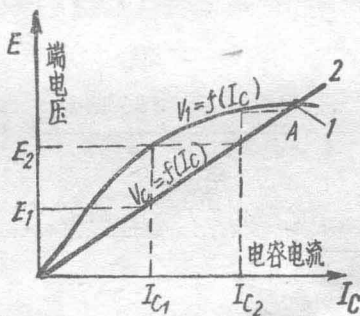


图2

1—电动机空载曲线；2—容抗直线。

## 二、自激异步发电机的特性

根据7.5KW三相鼠笼电动机(※)所作试验结果,综述分析异步发电机的特性如下:

### (1) 自激异步发电机空载特性

保持发电机额定转速不变,改变电容的数值得到不同的电

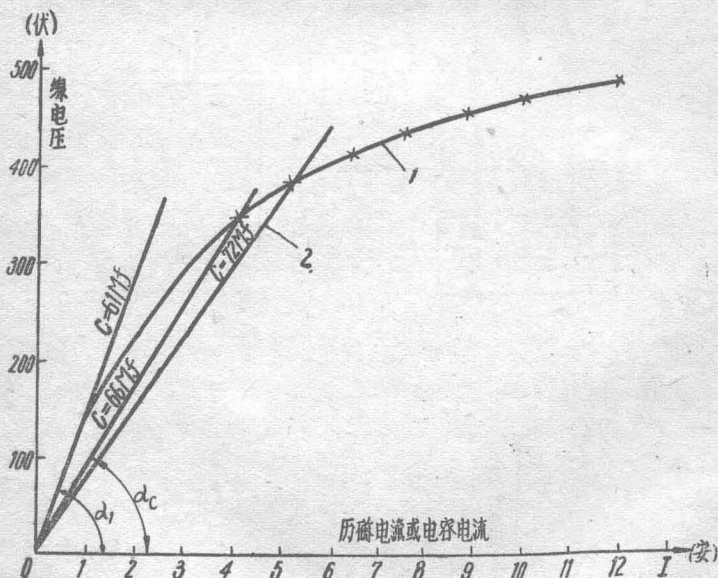


图3

1—空载特性曲线; 2—容抗特性; C— $\Delta$ 接线的三相总电容。

注: 异步发电机的铭牌数据

型式T52-4	三相50周/秒
电压220/380伏	接线法 $\Delta/Y$
额定功率7.5瓩	额定电流26.5/15.3
转速1,440转/分	

压，将电容电流对应的电压值各点连接起来，就是该发电机的空载特性曲线，试验曲线见图3。从曲线中知道电容电流（即励磁电流）为零时，感应电势并不为零，而为1.4伏，这个电势就是由转子剩磁产生的，一般说来异步电动机都有剩磁，这是电动机改为发电机运行的必要条件。

电容数值愈大，容抗直线的斜率愈小，空载电压愈高，反之电压愈低。欲使发电机稳定工作，必须使 $\alpha_c < \alpha_1$ （见图3）如 $\alpha_c > \alpha_1$ ，即不能建立电压。当 $\alpha_c = \alpha_1$ 时的电容量称为临界电容值。

$\alpha_c$ —容抗直线的倾斜角。

$\alpha_1$ —空载特性曲线直线部分的倾斜角。

## (2) 转速不变时电容与电压的关系

从空载特性曲线中可以求出电容与电压的关系曲线如（图4）从曲线可见三相总电容为61微法时电压只有6.5伏，电容为66

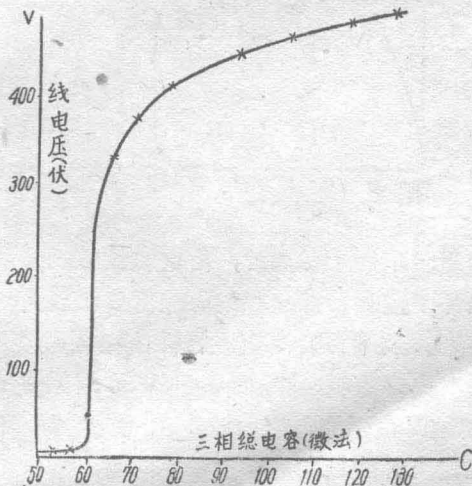


图4 电容与电压关系曲线(转速为额定值)

微法时电压急剧上升至334伏，电容在61~66微法范围内，电压是突变的，因此电容的数值不能小于66微法，否则电压即不稳定。

### (3) 电容量不变时转速与电压的关系

图5曲线 *a* 说明电压随周率上升的过程中，周率  $f$  小于50週/秒时，发电机端电压很小，当周率接近50週/秒时，电压上升

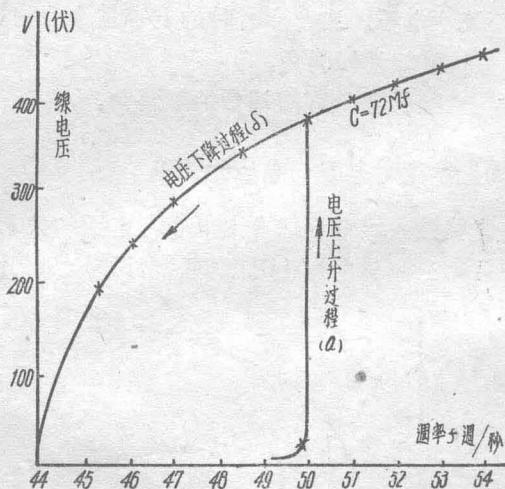


图5

很快，因为当频率低于49周时，由电容数值决定的倾斜角  $\alpha_c$  大于该转速条件下空载特性曲线的直线部分倾斜角  $\alpha_1$ ，所以电压无法建立起来。周率再升高空载特性曲线也随着升高， $\alpha_c > \alpha_1$  电压即迅速升高。曲线 (b) 说明周率从 50 週逐渐下降时，电压下降较慢。这是由磁滞效应所致。必须指出，不同的电容数值，电压剧烈上升的起始周率也是不同的，电容数值愈大，起始周率愈小。



在一定周率范围内，周率与电压近似成直线关系如(图6)不过电压升高的百分比要大些，例如周率变化2%，电压变化了7.7%。因为，当周率上升时，空载曲线相应上升而使电压升高，另一方面周率上升时电容电流增加(相当于电容量增加)，因而也引起电压升高。如周率继续上升很高，电压与周率将不再是直线关系而像空载特性曲线一样渐渐饱和。

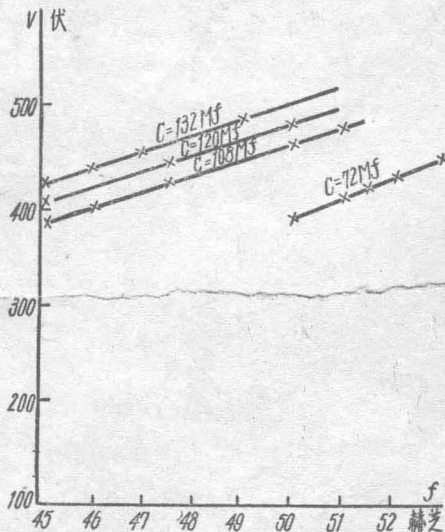


图6 电容数值不变时周率与电压关系曲线

周率对于电压的影响很敏感，运行中应加注意以免发生过高的电压，损坏设备(如电灯泡)。

#### (4)电压不变，电容与周率的关系

如图7：曲线表明了，在低周率范围内周率变化时，所引起的电容量的变化，比在高周率范围内要大，因为在低周率情况下，额定电压是在空载曲线更为饱和部分，因而要达到额定电

压需要的电容数值增加很多。

### (5) 异步发电机三相负荷特性

负荷特性是指发电机电压和负荷的关系，今以一台容量为15馬力的异步发电机的负荷特性为例，说明如下：从图8可见

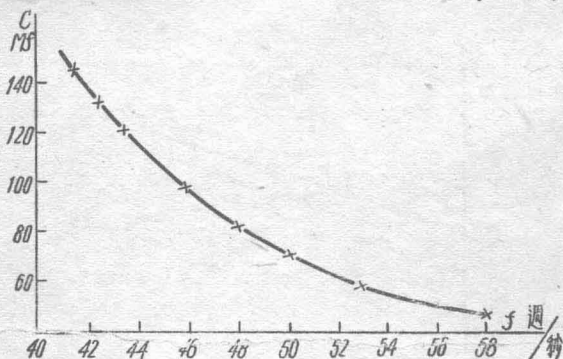


图7 周率与电容的关系曲线

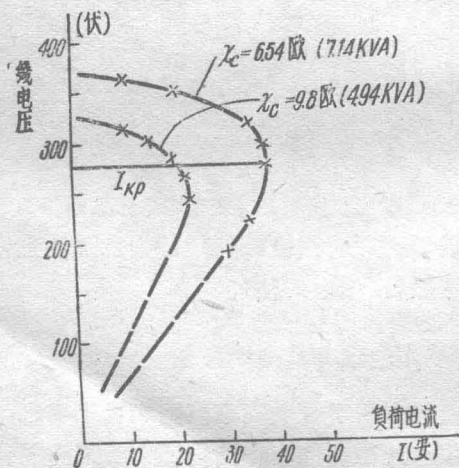


图8 负荷特性(负荷中 $X_L$ 占8.3%)

当負荷电流增加，端电压下降的幅度是比較大的，負荷电流增加到临界值  $I_{KP}$  时，如果再繼續增加負荷，电流不但不增加反而減少，此时的負荷电阻  $R = \tan\alpha / \sqrt{3}$ 。端电压在这个时候已失去稳定，並繼續降低直到端电压及負荷电流均降至零为止。这与並激直流发电机負荷特性完全相似，所以不怕短路，这是一个优点。

感性負荷(如电动机負荷)对異步发电机端电压的影响比純电阻負荷对端电压影响严重得多，这主要是一部分电容电流被感性負荷吸收所致，这样一来，发电机所能担負的出力在一定的电容数值下受到了限制，如果电容数值加大，发电机可以增加出力，当发电机在带感性負荷时負荷电流可以大于发电机靜子輸出电流，因为該負荷的无功电流是由附加电容器供給的。

### 三、異步发电机的最大出力

無論电阻負荷与电感負荷異步发电机均能負荷至滿載，关键在于要有足够的电容数值，且电动机的单个容量，不应超过发电机容量的10%。如单个容量过大，則启动电流很大，电压急剧下降，电动机启动不起来。

在选取传动皮带时，应保証有足够的牵引力，不然将因皮带打滑而不能带滿負荷。

### 四、剩磁的恢复

剩磁是異步发电机建立电压的必要条件，一般說来电动机的剩磁是不易消失为零的，如果轉子的剩磁消失了，可以采取这样的方法恢复：假如当地有交流电源，可将異步发电机改作电动机空轉几分鐘就可以了。否則可在靜止状态用电池加在电机的靜子綫卷上，充电几分鐘即可。

## 五、运行中过电压的防止方法

运行当中切除负荷时，会出现电压过高的现象，这一方面是由于原动机转速升高，另一方面是由于没有切除多余的电容器，使发电机过度励磁，特别是在切除电动机负荷的时候，影响较大，根据上述产生过电压的原因介绍几种简便的防止方法：

1. 切除负荷时（特别是电动机负荷），与电站运行人员联系，这种办法对于电动机负荷距离电站较近，联系很方便的时候是可以的，这种调压方法的接线如图9，图中电容器 $C_1$ 为空载时励磁所需电容，电容器 $C_2$ 随负荷的变化而变化。

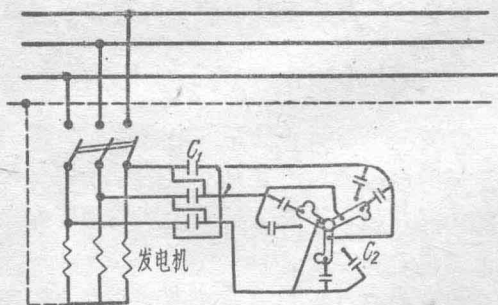


图9

2. 切除负荷时同时切除电容。接线方式如图10，在每一路负荷的馈电线上并联一组电容，电容的数值应足以补偿该路负荷在发电机中引起的电压降，在切除负荷时，电容也被切除，这样电压就不会发生很大变动。供给空载励磁所需的电容接在发电机引出线上。

3. 二种方法也可以同时采用。一方面在馈电线上并联补偿电容器，另一方面在发电机引出线上，连接少量的调节电容，

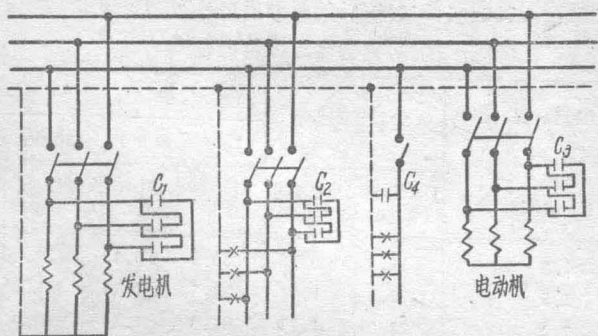


图 10

以調整电压。

另外电站值班人員要注意，防止水輪机因水量突变而使轉速大量增加。

## 六、不同容量異步发电机所需的电容数值

选择电容器的电容量时，应保証異步发电机的額定电压及有效功率与原銘牌相同。現將苏联出品的或仿苏型的 380 伏異步发电机所需电容数值列于下表，图11曲線是为了便于查得中間容量異步发电机所需电容值而作的。

如果电机銘牌上有空載电流值，或在購買时能够測得空載电流的話，所需电容值可按下述方法計算：

### 1. 空載时所需电容值

$$C_1 = \frac{I_M}{314U_N} \times 10^6 \text{ 微法}$$

$I_M$ ——空載电流；

$U_N$ ——額定电压。

2. 純电阻負荷（照明）滿載时所需电容值約需增加  $C_1$  的 25%。

380伏, 750~1,500轉/分的異步发电机在額定轉數时勵磁所需的电容器三相总电容值

发电机容量 (千伏安)	空 載		滿 載			
			功率因数为 1		功率因数为 0.8	
	电 容 (微法)	无功功率 (千伏安)	电 容 (微法)	无功功率 (千伏安)	电 容 (微法)	无功功率 (千伏安)
1.0	16.0	0.73	20.5	0.93	32.0	1.45
1.5	22.5	1.04	28.5	1.29	46.5	2.11
2.0	28.0	1.27	36.0	1.63	60.0	2.72
2.5	34.0	1.54	43.0	1.95	74.0	3.34
3.0	40.0	1.81	48.0	2.18	87.0	3.94
3.5	45.0	2.04	56.0	2.54	100.0	4.53
4.0	50.0	2.26	62.0	2.81	112.0	5.08
4.5	54.0	2.44	70.0	3.18	124.0	5.62
5	60.0	2.72	75.0	3.40	138.0	6.25
6	69.0	3.14	87.0	3.94	159.0	7.21
7	74.0	3.36	98.0	4.44	182.0	8.25
8	80.0	3.62	108.0	4.90	204.0	9.25
10	92.0	4.18	130.0	5.90	245.0	11.10
12	102.0	4.62	144.0	6.53	282.0	12.80
15	120.0	5.44	172.0	7.80	342.0	15.50

3. 如总負載功率因数估計为 0.8, 則滿載时所需电容量, 要补偿負載的无功部分。所增加的无功容量 $Q$ (千伏安) $=0.6 \times$  发电机容量(千伏安)。

(式中 0.6是 $\sqrt{1-0.8^2}$ , 0.8为估計功率因数值)

$$\text{或 } C_2 = \frac{Q}{314 \times U_n^2} \times 10^3 \text{ 微法}$$

$$\text{总电容 } C = 1.25C_1 + C_2$$

式中的 $C$ 是稍为大了一些, 因为此时有功負載仅为 0.8 額定值。

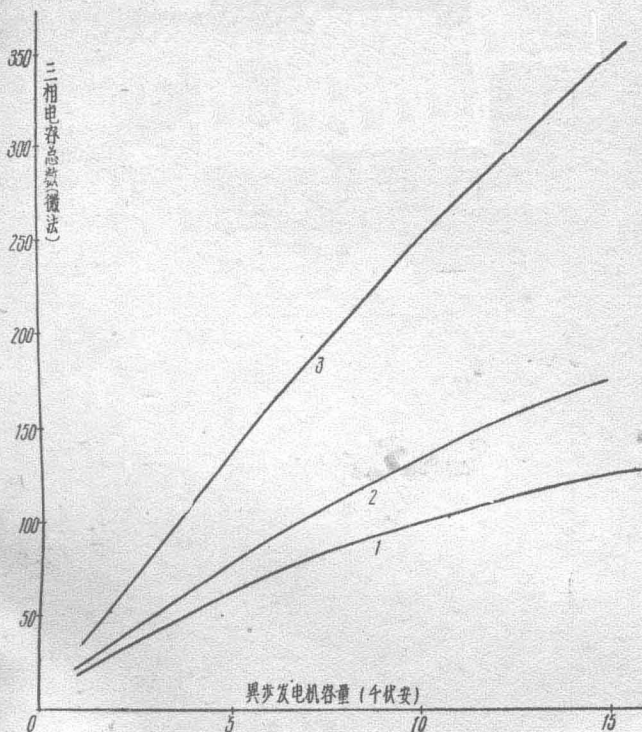


图 11 发电机容量与电容值关系曲线

1—在额定转速时，空载条件下发电机容量与电容的关系；2—在额定转速时，满载功率因数为1时发电机容量与电容的关系；3—在额定转速时，满载功率因数为0.8时发电机容量与电容的关系。

## 七、经济比较

1. 比较内容分二种，第一：异步发电机在满载电阻负荷时，所需电容器和电动机费用与同容量的同步发电机的经济比较。第二：在满载功率因数为0.8时，异步发电机所需电容器和电动机费用与同容量的同步发电机的经济比较。

2. 所作比較是以1958年电机制造工业部主要产品出厂价格及目录(1957年12月出版)为根据。电动机是选的JO型作典型, 因这种型式的电动机价格介于其他型式电动机价格之中, 它适用于灰尘过多, 水土飞溅的地方, 同步发电机则选用了非标准型号三相同步发电机, 因其规格较全。它的价格较高于标准型式的价格。同步发电机的价格中包括励磁价格在内。电容器的价格是按照KM-0.38-5-3型计算的, 这种电容器实际上比农村使用的电容器价格较高。现将容量与价格的关系曲线列于图12。

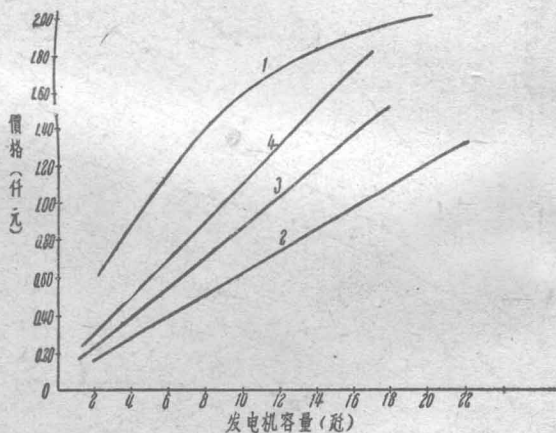


图 12

1. 同步发电机容量与价格关系
2. 电动机容量与价格关系
3. 异步发电机带满载电阻负荷时容量与价格关系
4. 异步发电机带满载负荷功率因数为 0.8 时容量与价格关系。

从经济比较曲线中, 我们可以得出这样的结论, 用电动机来代替发电机时, 在一定容量范围内是经济的, 这个经济效果对电阻负荷特别显著。



2. 所作比較是以1958年电机制造工业部主要产品出厂价格及目录(1957年12月出版)为根据。电动机是选的JO型作典型, 因这种型式的电动机价格介于其他型式电动机价格之中, 它适用于灰尘过多, 水土飞溅的地方, 同步发电机则选用了非标准型号三相同步发电机, 因其规格较全。它的价格较高于标准型式的价格。同步发电机的价格中包括励磁价格在內。电容器的价格是按照KM-0.38-5-3型计算的, 这种电容器实际上比农村使用的电容器价格较高。现将容量与价格的关系曲线列于图12。

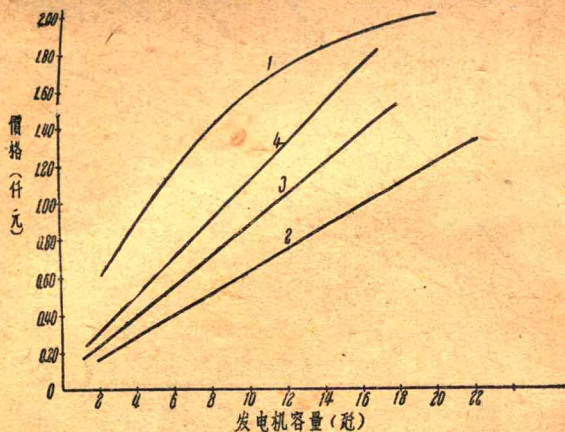


图 12

1. 同步发电机容量与价格关系
2. 电动机容量与价格关系
3. 异步发电机带满载电阻负荷时容量与价格关系
4. 异步发电机带满载负荷功率因数为 0.8 时容量与价格关系。

从经济比较曲线中, 我们可以得出这样的结论, 用电动机来代替发电机时, 在一定容量范围内是经济的, 这个经济效果对电阻负荷特别显著。