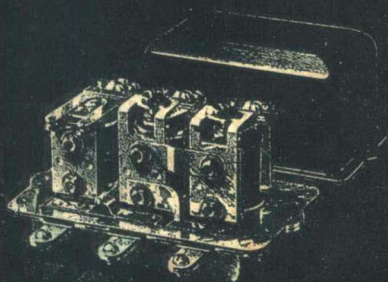


汽車電氣設備改善的途徑

談榮望 姚彪寰 譯
陸坤元 廖曉山



人民交通出版社

汽車電氣設備改善的途徑

(文集)

談榮望 姚彪寰 譯
陸坤元 廖曉山

人民交通出版社

本文集收集了苏联“汽車和拖拉机工業”雜誌上有关汽車电气設備的論文三篇，其中討論了現有汽車电气設備的缺点，以及如何以新的設計來代替的問題，可供汽車制造工業技術人員和專科學校學生參考。

書号：15344·4119

汽車電氣設備改善的途徑

(文集)

嵇榮望 姚彪寰 譯
陸坤元 廖曉山

人民交通出版社出版
北京安定門外和平里

新華書店發行
上海市印刷公司印刷

1956年9月上海第一版 1956年9月上海第一次印刷

開本：787×1092 $\frac{1}{32}$

印張：1 $\frac{3}{4}$

全書48,000字

印數：1~4600冊

定價(11)：0.32元

上海市書刊出版業營業許可証出字第〇〇六號

目 錄

1. 汽車和拖拉機交流電氣設備的發展…………… (1)
2. 汽車點火系統改善的途徑…………… (16)
3. 汽車起動電系改善的途徑…………… (38)

汽車和拖拉機交流電氣設備的發展

B. H. 阿基莫夫 M. Л. 弗列靜斯基

蘇聯汽車儀表科學研究所

最近幾年來，汽車、拖拉機和機器腳踏車的電氣設備在電源的方案和構造方面出現了根本新的發展方向。拖拉機交流發電機在生產上已被掌握，並且已廣泛應用。第一批製造的機器腳踏車用交流發電機和公共汽車用的交流發電機裝置已經出產了。

電氣設備發展的新方向，引起了廣大的各界人士的巨大興趣。特別表現在汽車、拖拉機及農業機械工業部所屬的企業收到源源不斷來自全國各地的大批建議和發明申請書。因此有必要在刊物上來總結已積累的經驗，闡明和討論有關拖拉機、機器腳踏車和汽車上使用交流發電機裝置的新方案和構造的一系列問題。

拖拉機用磁鐵磁交流發電機

我們的工業部門生產了 $\Gamma-30$ 、 $\Gamma-31$ 和 $\Gamma-32$ 型拖拉機用交流發電機〔1〕、〔2〕、〔3〕，其構造簡單，耐用性差不多等於滾珠軸承的使用壽命，運用中的保養亦不複雜。

圖1示發電機與用電設備的接綫圖。從這圖可以看到，每個用電設備是由發電機上獨立的繞卷供電的。發電機電路這樣分開，便可以在發電機不同的轉速下進行電壓參數調整，如果每一單獨電路上的負荷不變的話。

雖然這種拖拉機發電機構造簡單並且使用可靠，可是有一很大的缺點：其電氣特性不完善，在發電機的運用轉速範圍內，用電設備上的電壓變化很大。

圖2所示為 $\Gamma-30$ 型發電機的電氣特性曲綫 $U=f(n)$ ，和灯泡由發

电机供电的前灯相应的照明特性曲线（曲线3）。照明特性曲线是表明前灯的光度（以标称值的百分数计算）与发电机转速的关系。

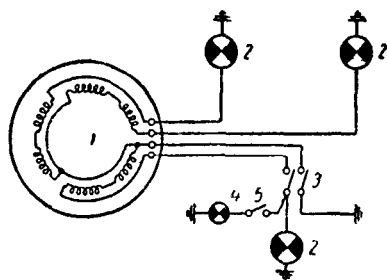


圖1 拖拉机电器设备与磁铁励磁的单相交流发电机分开的线卷电路的接线图

- 1-发电机 6 伏特、60 瓦特 2-前灯 6 伏特，21 燭光
3-照明开关 4-仪表板灯 5-仪表板灯开关

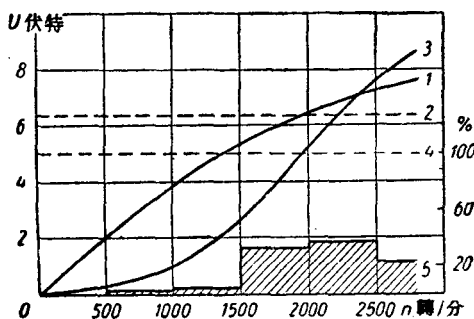


圖2 拖拉机交流发电机的特性曲线

- 1-电气特性曲线 $U=f(n)$ 2-前灯的标称电压，6 伏特，光度 21 燭光
3-照明特性曲线—前灯光度与发动机转速的关系 4-拖拉机前灯的
标称光度（以%表之） 5-发电机的相对工作时间在不同的转速范
围内的分配

汽車仪表科学研究所得出了发电机相对工作时间（以工作总时间的百分数计）在每隔 500 轉/分的转速范围内分配的曲线图。这曲线图是在

ДТ-54 拖拉机耕地时取得的。

从圖 2 上看出，Г-30 型發电机只有在 50 % 的工作時間內，保証道路照度不小于标称值，在其他時間內，电灯便不够明亮了，因而道路照明惡化。

所以，Г-30 型發电机的調整特性不能完全滿足使用要求。因此，擺在設計师面前的任务是：尋求改善拖拉机用磁鉄礪磁發电机特性的方法。

M1A 型机器脚踏車电气設備的新方案

M1A 型机器脚踏車的直流电气設備具有許多大的缺点。这些缺点中，首先就是机器脚踏車發电机本身在使用时不可靠，这是由于高的电磁負荷和热力負荷而引起的。

由于蓄電池是点火的电源，整个机器脚踏車的工作能力都依賴于蓄電池，可是，蓄電池組是極不可靠的。

直流方案中所用的电压調節器使得机器脚踏車的保养复雜化。

現有的直流电气設備的缺点，就是点火工作的可靠性依賴于蓄電池的状态。因为，小容量的蓄電池在使用中很快就報廢。由于这个原因，汽車仪表科学研究所進行了制訂机器脚踏車电气設備新方案的工作。这方案中应用了作用原理与 Г-30 拖拉机用發电机相似的磁鉄礪磁交流發电机。

应用許多的磁靴作轉子（圖 3），这些磁靴都是特殊的集磁子，这就可以大大地縮短定子的長度。在这种發电机上，定子的長度比轉子短 20 公厘。这就使得定子的鉄料和綫卷的銅料的利用率比之轉子和定子長度相等的拖拉机發电机要好得多。

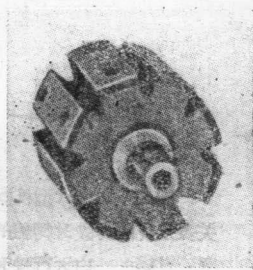


圖 3 Г-37 型發电机轉子

另一特点是点火方法与通常所用的方法有下述的區別，当断电器接点閉合时，供給点火的發电机綫卷便成为短路（圖 4），点火綫圈的初級綫卷也同时短路，因此，点火綫圈对于处在短路状态的發电机綫卷內电流增長的工作过程沒有影响（如磁电机的初級綫卷一样）。当断电

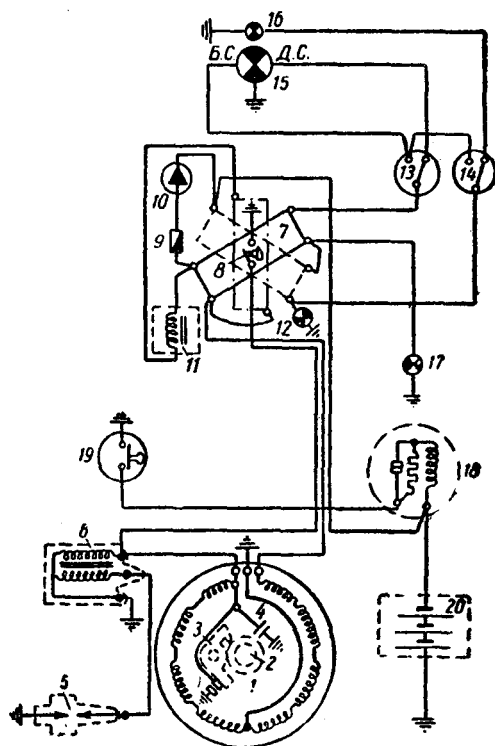


圖4 M1A型機器腳踏車用交流電器設備的新方案(實線的開
關表示夜間行駛時轉盤的位置, 虛線——夜間用小光行駛時轉盤的
位置, 點線——白天行駛時, 轉盤的位置)

1-發電機, 6伏特, 35瓦特 2-凸輪 3-開關杆 4-電容器 5-火花塞
6-點火線圈 7-中央開關 8-點火鎖 9-保險絲 10-矽整流器
11-限制充電的阻流線圈 12-指示燈, 6伏特, 1燭光 13-遠光和近
光開關 14-夜間停車燈開關 15-前燈, 6伏特, 32/31燭光 16-夜間
停車燈, 6伏特, 2燭光 17-後燈, 6伏特, 2燭光 18-信號燈 19-信
號燈按鈕 20-3-TM-7型蓄電池

器接触点张开时，点火线圈的初级线圈便突然地与发电机接通。因而，在发电机—点火线圈的通路内，便发生不定规律的振荡过程，这使得在点火线圈的次级线圈内产生高电压。用了这种点火方法，能得到最大的断截电流，因而在规定的点火线圈尺寸和发电机尺寸下，可以达到火花不会间断的最低转速。

采用上述方案，可以不必安装磁电机，点火也不依赖于蓄电池。

在用交流电方案时，材料的利用率较好。例如，每一千套电气设备，可节约 540 公斤的材料，其中有色金属为 340 公斤。材料的节约是由于不用电磁振荡式电压调整器和截流器而获得的。

比较一下机器脚踏车用发电机和拖拉机用发电机的特性曲线 $U = f(n)$ (图 5)，可以看出：机器脚踏车用发电机的电压调整较优于拖拉机的发电机。例如，拖拉机用发电机从最小转速 $n_{\min}$ 到 $n = 2n_{\min}$ ，电压的增高为标称电压的 43%，而机器脚踏车用发电机为 26%。

由于极数增加，以及机器脚踏车用发电机的运转速度较高，得到较好的电气特性。

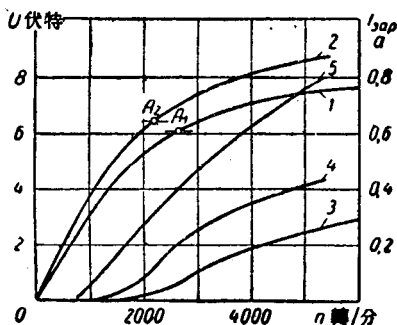


图 5 Γ-37型机器脚踏车用发电机电气特性曲线

- 1—接通远光时 $U = f(n)$ 关系曲线 2—接通近光时 $U = f(n)$ 关系曲线
 3—接通远光时充电电流 $I_{zap} = f(n)$ 关系曲线 4—接通近光时 $I_{zap} = f(n)$ 关系曲线 5—白天行驶时 $I_{zap} = f(n)$ 关系曲线 A_1 和 A_2
 ——相当于前灯灯丝电压的计算（标称）值的特性点

但是，在 M1A 型机器脚踏車的方案中，如同拖拉机的方案一样，下面的問題还未完全得到解决：当用远光时在直接傳动的情形下，机器脚踏車以很小的速度运行时，不能保証道路的照明良好。这时，發电机發出的电压是不够高的。

这种方案的另一缺点是由于断截电流大，断电器接触点容易烧坏。这就使得机器脚踏車在行駛 1500~2000 公里后，必須清潔断电器的接触点。

因此，更進一步改善方案的工作方向应当是在机器脚踏車以較小的速度运行时使电压提高和改善接触点的工作条件。

改善磁鉄礪磁交流發电机特性的方法

在制定磁鉄礪磁交流發电机时，要在大的發电机轉速範圍內得到滿意的特性曲綫 $U=f(n)$ 是一个主要的困难問題。

改善特性曲綫方法之一是增加交流电的頻率。这可以用两个方法来得到：依靠增高傳动裝置的变速比而提高發电机的轉速和增加極数。

圖 6 所示为拖拉机發电机的电气特性曲綫一并表示了在原有的变速比和变速比增高到 1.5 倍时的工作範圍。在变速比增高的情况下，从 $n_{\min}$ 到 $n = 2n_{\min}$ 时，电压的上升由标称电压的 43% 减小到 35%。在这种情况下电压的絕對值同时增加，但是这没有什么大关系。因为电压絕對值总是很容易加以降低的。但是，变速比的增高受到發电机構造和傳动裝置工作条件所限制。

圖 7 所示为借助于增加極数以改善机器脚踏車上發电机的电气特性曲綫。八極的电气特性比六極的

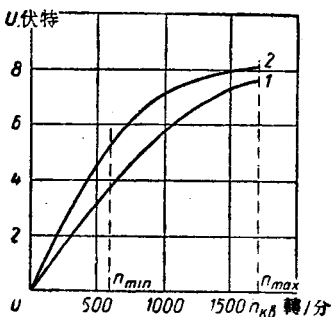


圖 6 傳动裝置的变速比对 $\Gamma-30$ 型拖拉机交流發电机使用的影响
1-原有变速比时 $U=f(n)$ 关系曲綫
2-变速比增高到 1.5 倍时 $U=f(n)$ 关系曲綫 $n_{\kappa 6}$ -發动机曲軸轉速 $n_{\max}$ 和 $n_{\min}$ -發动机曲軸轉速使用範圍

要好得多。例如，当 $P=3$ 时从 $n_{\min}$ 到 $n=2n_{\min}$ ，电压的增高为标称电压的34.5%，但当 $P=4$ 时，则增高26%。

增加极的对数 P ，不但可以改善参数调整的主要特性，而且由于减小线圈端面的尺寸而大大地节省了绕组的铜线。在上面的例子中八极($P=4$)比之六极($P=3$)所节省的绕组导线重量达20%。但并不是始终可以应用这个方法。因为磁铁的径向尺寸 P 值间存在着最有利的关系，这关系决定了磁铁的有效利用。

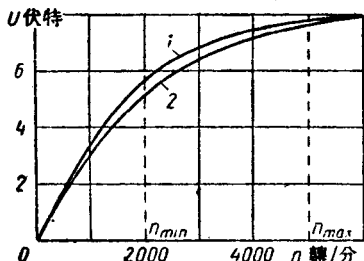


圖7 極數對機器腳踏車交流發電機使用的影響

1—用六極($P=3$)時 $U=f(n)$ 關係曲線
2—用八極($P=4$)時 $U=f(n)$ 關係曲線
(在這兩種情況下，發電機的大小是一樣的)

此外，在選擇極數時，必須考慮用電設備的數量和特點，以及用電設備與發電機的聯接方式。

對機器腳踏車用發電機來說，採用的極數超過八個時，是不合理的。因為不但是 $P=4$ 已接近於最有利的條件，並且由於 P 的繼續增加，對於發電機零件製造和它在發動機上安裝的精確度以及接觸點開路時調節的精確度的要求都要提高。

改善所討論的發電機的電氣特性的第三個切實可行的方法是將轉子用整體的鋼制磁軛製成，這方法由И.В.卡贊斯基工程師所提出的，並用在機器腳踏車交流發電上。這種磁軛就是特殊的磁磁動力線的集聚力（圖8），可以在不改變發電機尺寸的情況下，大大的增加轉子的長度。因而在發電機的轉速較小時，可以提高電壓。此外：這種磁軛改善了發電機的電氣特性，由於橫向電樞反應的作用，使其在轉速高的時候電壓下降。

圖9所示為有磁軛和沒有磁軛的發電機的特性曲線。拖拉機發電機上採用這種構造的轉子，同樣可以改善它的電氣特性。

改善電氣特性也可以用其他方法來實現。例如，採用特殊的穩定裝置和具有自動調整或參數調整的飽和阻流繞圈來控制電路，但是，所有

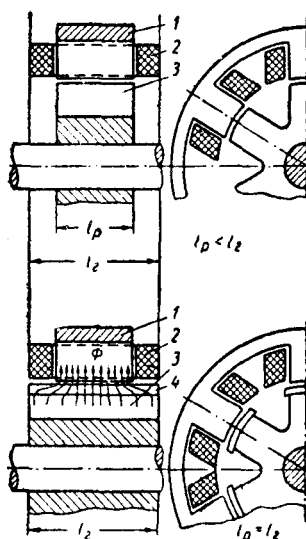


圖8 磁鐵磁發電機轉子的磁靴

1—定子 2—定子線圈 3—轉子的
星形磁鐵 4—轉子的磁靴
 l_z ——規定的外形長度
 l_p ——轉子的長度

能實行。特性曲線的改善，可以用擬制更可行的方案（包括裝設飽和阻流線圈）和尋求在單位體積內含有更多磁能的工業用磁性合金的方法來達到這目的。對於拖拉機發電機說來也是如此。

新式的公共汽車用交流電氣設備

吉斯-155 公共汽車用的第一批交流發電機裝置在 1952 年已出品。現在已經積累了足夠的使用這種發電機裝置的經驗，從這些經驗可以斷定新的電氣設備具有一系列的優點，這種裝置的構造詳細說明已經發表過了〔4〕。

新的電氣設備比之舊的直流電氣設備可靠、耐用。新的電氣設備安裝較方便，占的地位較小，重量較輕。新式電氣設備的電氣特性（圖10）也較優於被它所代替的直流電氣設備。

這些方法都使結構比較複雜并增高價格。

所以，拖拉發電機的電氣特性的改善，是應當竭力設法提高發動機與發電機的變速比和採用磁靴的轉子構造。

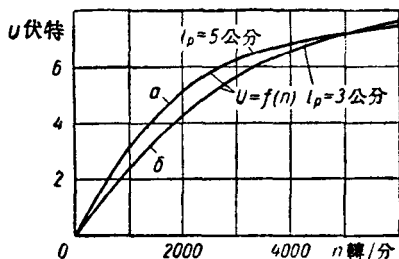


圖9 有磁靴的發電機電氣特性(a)和沒有磁靴的發電機電氣特性(b)曲線的比較

對機器腳踏車用發電機說來，上面所列举各種方法有的已經實行，有的不

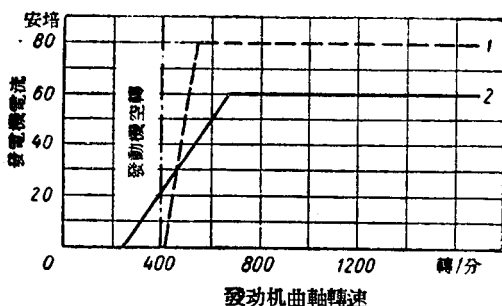


圖10 公共汽車用發電機的載荷——速度特性曲綫 $U_d=12.5$ 伏特, $B=$
 常数: 1-Г-52型直流發電機 2-Г-2型交流發電機 (在整流之後)

此外，由於新的方案是初次嘗試在汽車電氣設備中採用交流發電機，所以還具有許多缺點。為了消除這些缺點，以及更有效地利用新方案中所孕育的可能性起見，必須進行進一步的研究和設計工作。特別是要提高這方案中所用調節器的可靠性，使繼電器的工作自動化，電路閉合自動化，以及尋求減小整流器尺寸的可能性。同時應當根據不同的使用條件，確定整流器內還未完全明確的容許電流密度極限。

可能，吉斯-155型汽車上來用的變速比提高到 2.2 還不是最大的容許值。所以電工設計師、汽車工作者和滾珠軸承工業部門的工作者應該大家協同工作。

應當擬定一系列直流和交流混合電壓的供電方法。這些方法可以大大地減小整流器的尺寸和可以提高裝置的效率，因為這將整流器的功率降低很多。

不同磁法的評價及交流電裝置

與直流電裝置經濟性的比較

對固定式電機作經濟性評價時是用電機常數作為衡量電機利用率的準繩，這常數將電機的主要尺寸與其計算功率 P 及計算轉速 n 聯繫起來，亦即與電機發出的電磁轉矩 M 聯繫起來。

例如，用阿爾諾利特 (Арнольд) 電機常數 C_A ，可以從下列的關

系式計算電樞的主要尺寸 (D ——直徑及 l_d ——計算長度)：

$$D^2 l_d = C_A \frac{P}{n} \equiv C_A M$$

因為 C_A 是決定於主要的電磁負荷(空氣間隙的感應和繞路負荷)，所以除了尺寸以外，電機常數還間接的表示其效率，並且在某種程度上還表示電機在運轉中的耐磨性。

電機常數 C_A 不是一常數，而是與電機的尺寸有關，隨着尺寸的增加而下降。

電機常數只是反映電機的主要尺寸，即反映有效材料(繞捲的銅和導磁材料)的消耗量。此時，在與作用原理和構造相近的電機作比較的時候，電機常數只間接的反映有效材料的費用。

因為必須要對按不同作用原理而工作的各種電機(直流電機和磁鐵礮磁交流電機和電磁礮磁交流電機)作比較，所以只根據 C_A 來決定經濟指標是不可能的。

汽車、拖拉機和機器腳踏車的發電機是在大的運轉速度變化範圍內工作的；由於這樣需要應用調整電壓的特殊設備。由於發電機的功率小，所以調節設備的重量相對地說就大了。

在裝置交流發電機時，如果和蓄電池一起工作，那就需要應用特殊的整流器。不論是調節器或是整流器，都是發電機不可缺少的部分。

從上面所說的一些見解可以得出這樣的結論；必須將在發電機標稱功率下單位轉矩所攤發電機(與調節及整流裝置連在一起)總重量這個指標來作比較。這些指標對於汽車設計師們說來是特別有意義的。因為這些指標表示出電氣設備主要總成的重量。

此外在比較中還要用一個指標，那就是發電機，調節設備和整流器主要材料成本的對比。這些主要材料就是發電機和調節設備的有效材料，以及整流子的銅和整流器的礮整流片。這系數對於具有各種礮磁法和電壓調節法的發電機作比較的時候是很方便的。

現在將下列功率比較相近的三對汽車拖拉機和機器腳踏車的直流和交流發電機作為比較對象： $\Gamma-35$ 和 $\Gamma-37$ 型機器腳踏車發電機； ΓBT 和 $\Gamma-30$ 型拖拉機發電機； $\Gamma-52$ 和 $\Gamma-2$ 型公共汽車發電機。

所比較的發電機的主要技術-經濟指標如下表所示：

發電機型式	發電機所裝在的車輛編號方式	發電機電流的種類	發電機標稱功率(瓦特)	計算轉速(轉/分)	電機常數 C_A (10^{-6} 公分 ³ 磁-分/秒)	裝置的質量與標稱轉矩之比 (公斤/公厘-公分)	主要材料的價值與標稱轉矩之比 (盧布/公斤-公分)
Г-35	М1А機器腳踏車	直流	35	1450	1.15	1.33	5.41
Г-37	"	交流	35	2200	4.02	0.852	5.13
ГБТ	拖 拉 機	直流	6	1100	1.7	1.302	3.28
Г-30	"	交流	60	2000	4.33	2.23	7.19
Г-52	吉斯-155公共汽車	直流	1000	800	1.42	0.565	—
Г-2	"	交流 但考慮電流全部的整流	750	1400	0.7	0.568	—

从磁铁磁发电机和电磁磁发电机的比较结果中可得出，第一种发电机的 C_A 比第二种发电机的 C_A 大1.5~2.5倍。这就表示在磁铁磁发电机上材料的利用率较差。在这种发电机上空气间隙中的磁感应不可以得到象电磁磁发电机那样的数值。（指在采用 Альни ①型磁性合金的情况下）

在磁铁磁电机中，空气间隙的磁感应为1500~2000高斯；而在电磁磁电机中，空气间隙的磁感应为4000~5000高斯。

所以，在采用磁性合金时，磁铁磁发电机的重量一定比电磁磁发电机的重量为大。

在整个装置的成本费中，主要材料的成本费在颇大的程度上决定于调节设备的单位重量。例如：机器脚踏车发电机上调节设备的重量（包括电压调节器和截流器）比之发电机为重；单位转矩的材料成本费差不多是一样的。可是，在只有电压调节器的拖拉机发电机上，其重量是超过机器脚踏车发电机的重量的，单位转矩的主要材料成本费在磁铁磁发电机中比较在电磁磁发电机要大到2倍以上。

当增加装置功率时，有利于电磁磁磁的成本费的差额亦增加，而与电流的种类（直流的或交流的）无关。

从单位转矩的装置总重量的观点看来，经济指标与磁磁的方法之间仍然保持着同样的关系。

公共汽车发电机不论直流的或交流的，都是用电磁磁磁。

在交流电的情况下这类发电机的电机常数比之在直流电情况下要小一半，虽然这些指标都是一样的，但是单位转矩的全部装置的重量的重量并没减轻。如果考虑到材料的成本费（包括调节设备和整流设备的成本费在内），则在同样的变速比的情况下，按全波整流的方法所设计的发电机装置，由于整流器价格高昂，在大多数的情况下可能比直流电装置较为昂贵。

无疑地，只有在增加变速比的情况下，交流电装置才有可能比直流电装置便宜。在设计吉斯-155型公共汽车交流电装置中已经运用了这

① 系铝镍钴合金，是强磁材料——校者注。

見解。在這種交流電裝置上，將變速比提高到 1.5 倍，不減低滾珠軸承和傳動帶的使用壽命，但是材料的經濟性提高了 60%。

汽車儀表科學研究所所進行的計算也証明了：從經濟的觀點看來，設計功率為 225 瓦特或稍低些的汽車交流電裝置，只有在提高發動機與發電機的變速比的情況下才是合理的。但是在直流電中，整流的條件限制了變速比的提高。

圖 11 所示為上面所指的成本費的計算資料。從這些資料可得出結論：只有在增加變速比的情況下，載重汽車的交流電裝置較直流電裝置至少便宜 40%。

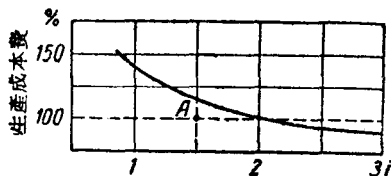


圖 11 載重汽車交流發電機裝置的生產成本費與變速比的函數關係（成本費的計算以採用直流裝置的成本費為百分之百，圖上用 A 點表示之）。

對汽車、機器腳踏車、拖拉機的交流發電機某些經濟指標所作的分析中，其主要的缺點是：這些分析只包括構造和製造方面的問題，亦即是只分析了總成本的一部分。在社會主義國民經濟中，每件產品的經濟指標不只是決定於最初費用，而且還決定於製造和使用過程中總的費用。

如果對計入發電機裝置使用經濟性在內的總指標沒有進行比較，則不可能全面來探討這個問題。這一點，在某種程度上，可以根據使用過程中的耐性和可靠性，維護和保養簡單程度以及修理間隔里程的長短對發電機裝置（發電機連調節設備和整流設備）構造的評定加以補足。

現有的實際資料使能夠對這兩種磁法作出如是的評定。至於確定交流電方案和裝置的應用範圍在下面再行考慮。

交流電氣設備各種方案的應用範圍

在發電機構造簡單和高度的可靠性可以彌補高的最初費用的場合下，應該採用具有參數電壓調節和電路分開的磁鐵磁發電機。