

高等学校教学用书

牵引电动机

下 册

A. E. 阿列克谢耶夫著

高等教育出版社

牽 引 電 動 機

下 冊

A. E. 阿列克謝耶夫著
姚 哲 明 譯



本書是根据苏联国立铁道运输出版社 (Государственное транспортное железнодорожное издательство) 出版的新大林獎金获得者、技术科学博士阿列克謝耶夫 (А. Е. Алексеев) 教授所著“牵引电动机” (Тяговые электродвигатели) 1951 年版譯出的。原書經苏联高等教育部审定为铁道运输学院“电气运输”專業的教学参考書。

書中詳細地敘述了直流和交流牵引电动机的構造元件, 理論及計算的主要問題; 闡明了設計的方法; 并援引了电动机的电、机械及热計算的实例。

本書中譯本分上、下兩册出版。上册包括緒論和第一至第三章。在緒論中, 首先敘述了苏联牵引电动机製造業的簡史, 之后, 对于牵引电动机在各种不同运输条件下的应用范围加以評述, 并将由电动机到动輪对的主要傳动形式以及牵引电动机的主要構造形式加以分类。在第一和第二章中研究直流和交流牵引电动机的性能。第三章講述各种不同电流的牵引电动机的構造。下册包括第四至第七章。第四章講述牵引电动机的冷却問題。第五章講述直流牵引电动机的設計。第六章列举了直流牵引电动机的計算示例。第七章講述單相串激牵引电动机的設計。

本書由唐山铁道学院姚哲明同志譯出。

牵 引 电 动 机

下 册

A. E. 阿列克謝耶夫著

姚哲明譯

高等教育出版社出版 北京琉璃廠 170 号

(北京市書刊出版業營業許可證出字第 054 号)

上海大東集成聯合印刷廠印刷 新华書店总經售

統一書号 15010·537 开本 787×1092 1/16 印張 117/8 字數 258,000 印數 1—1,100
1957 年 10 月第 1 版 1957 年 10 月上海第 1 次印刷 定价 (10) 1.50

下 册 目 录

第四章 牵引电动机的通风与发热	247
I. 牵引电动机的通风装置	247
§ 90. 通风对于冷却的意义	247
§ 91. 通风的主要型式	248
§ 92. 通风器装在整流子的对边	251
§ 93. 通风器装在整流子边	256
§ 94. 用独立通风之电动机	259
II. 牵引电动机之通风计算	265
§ 95. 选择通风方式的总则	265
§ 96. 空气导管之空气动力阻力	267
§ 97. 压力头之计算法	274
§ 98. 装入通风器之近似计算法	276
§ 99. 自通风时之普遍关系	281
III. 热计算之基础	281
§ 100. 基本定义	281
§ 101. 沿绝缘厚度之温度降	283
§ 102. 表面散热	284
§ 103. 有通风的物体的散热	288
§ 104. 空气加热系数	289
IV. 热计算之方法	292
§ 105. 均匀物体发热和冷却之基本方程式	292
§ 106. 热时间常数	294
§ 107. 物体发热的一般情况	296
§ 108. 发热曲线和冷却曲线之性质	298
§ 109. 热路之概念	301
§ 110. 稳定状态之计算	303
§ 111. 小时状态下电枢绕组之温升	307
第五章 直流牵引电动机之设计	311
I. 主要计算尺寸之确定	311
§ 112. 基本方程式	311
§ 113. 齿轮传动之传动比之确定	317
§ 114. 电枢主要尺寸之确定	322
II. 电枢之电计算	325
§ 115. 电枢有效层之计算	325
§ 116. 槽数及极弧之选择	327
§ 117. 槽之尺寸及电枢导体截面之确定	329
§ 118. 电枢绕组的参数	332
§ 119. 整流子及电刷之计算	333
§ 120. 空隙之选择	334
III. 整流计算	336
§ 121. 最简单情况	336
§ 122. 绕组元件之自感量及互感量	339

§ 123. 一般情况下的整流带	344
§ 124. 直线整流时所需的整流磁场形状	348
§ 125. 实际的情况	350
IV. 磁路及特性	354
§ 126. 磁导体之截面	354
§ 127. 主极线圈之计算	357
§ 128. 附加极线圈之计算	364
§ 129. 损耗计算	366
§ 130. 牵引电动机之特性	369
第六章 直流牵引电动机计算示例	372
I. 电动机之电计算	372
§ 131. 任务	372
§ 132. 传动比之确定	372
§ 133. 电枢主要尺寸之确定	373
§ 134. 电枢有效层之计算	374
§ 135. 槽数, 极弧	375
§ 136. 槽之尺寸及电枢导体之截面	376
§ 137. 电枢绕组之参数	378
§ 138. 整流子及电刷之计算	379
§ 139. 空隙 (δ) 之选择	380
§ 140. 整流计算	380
§ 141. 磁导体之截面	382
§ 142. 主极线圈之计算	384
§ 143. 附加极线圈之计算	387
§ 144. 电动机内损耗之计算	388
§ 145. 特性之绘制	391
II. 电动机之通风计算及热计算	393
§ 146. 通风计算	393
§ 147. 稳定状态之热阻	396
§ 148. 持续功率之确定	398
§ 149. 小时状态下电枢绕组之温升	400
第七章 单相串激牵引电动机之设计	402
§ 150. 总论	402
§ 151. 每极对之功率	403
§ 152. 电枢主要尺寸之确定	403
§ 153. 电枢绕组之计算	406
§ 154. 补偿绕组之计算	411
§ 155. 整流计算	413
§ 156. 电枢绕组之自感量	416
§ 157. 激磁绕组计算	418
§ 158. 自感量之计算	421
§ 159. 分路电阻之确定	423
§ 160. 损耗之计算	424
§ 161. 效率和功率因数	425
附录	427
书中所用主要符号表	430

第四章 牽引電動機的通風與發熱

I. 牽引電動機的通風裝置

§ 90. 通風對於冷卻的意義

由於牽引電動機的結構緊湊，因此，怎樣把運轉時電動機內所產生的熱能排除出去，就成為特別嚴重的問題。

電動機冷卻的強度，以及如何實現冷卻的方法，是主要的因素，它們不僅僅影響到牽引電動機部件的構造，而且還影響到電動機有效材料的消耗量。現在几乎所有的牽引電動機通常都用空氣吹入來冷卻，亦即做成通風式的。

完全封閉式（沒有外界空氣通入）的牽引電動機僅用於礦山電力機車中。

在有通風的直流電動機中，還可以或多或少地採用普通電機製造所用的冷卻裝置；而在單相電動機中，因為其結構更為緊湊，就必需採用與普通冷卻系統很不相同的系統。

問題的複雜化還在於：牽引電動機是以變化的速率旋轉着，並需要改變它的轉向，而且要在其中引入通風道或通風管在許多情況下是非常困難的。

此外，在許多情況下要預先使空氣清除掉灰塵和雪，這樣在電動機的通風計算時還必需考慮到這些因素：在輔助空氣道及淨潔空氣的裝置內損失了一些通風器的壓力頭。

通風對於電動機所發揮的持續功率的影響是非常大的。例如，完全封閉的電車式電動機的持續功率為其小時功率的 25—35% 左右。而採用了通風，持續功率可能提高到兩倍甚至更大。

誠然，採用了通風對小時功率的影響是不大的。對於容量不大轉速在 600 轉/分以下的電動機，為了通風需要而進行構造上的改造以後（例如在電樞芯內裝設通風道），電動機的小時容量與封閉式電動機的容量相比較甚至要降低一些。此可從曲線 I 及 II（圖 4,1）看到，這些曲線由試驗方法求得，表示同一型式的電車電動機在不同的持續運轉時間下採用封閉式構造和採用通風時功率之關係。

當電動機在長久時間下持續運轉時，通風的影響特別重要。

上面說過，在斷續的負載下運轉是牽引電動機的正常運轉情況。這種斷續負載的性質為：起始時電動機在大電流及逐漸提高的轉速下運轉——起

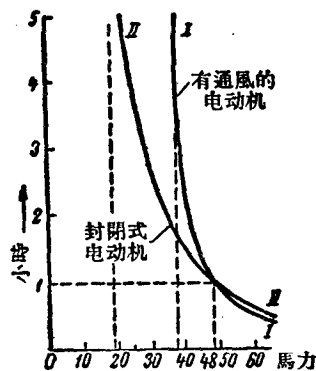


圖 4,1. 通風對於電車電動機功率之影響圖。

動時期；然後電流顯著地下降，而速率仍繼續上增；最後，電動機在沒有電流下運轉——惰行時期；到區間的終點時，電動機就停止運轉。所以，在每一區間，在起動時電動機將高度的發熱，而在以後的運轉時間內，特別是惰行時期，電動機在起動時期所儲藏的热量就被發散出去——被空氣帶走。電動機在惰行時期及以後的停車時期內冷卻得愈好，則它將更好地準備着在下一區間重複同樣的热量周期。由此可見，為了冷卻電動機，應力求最合理地利用當電動機內損耗產生得小的一段時間，以及電動機不轉的一段時間。

顯然的，在封閉式電動機中，散熱——冷卻——的能力在低的電樞轉速下及高轉速下幾乎是相同的。誠然，在高速時還是要稍微高些，因為此時機座的外表面將比低速時的鼓風作用較好。但是，封閉式電動機內部的各部分、電樞及繞圈之冷卻畢竟是非常困難的，即使機座的冷卻較好，對於它們僅有極小的影響。

如裝了通風器，驅動空氣使沿着電機內面各部分流通（自通風式電動機），這樣，電動機的冷卻就大大地改善。在自通風電動機中，通過電機的空氣量正比於轉速；所以，電樞的轉速愈高，則電動機內部各部分之冷卻愈好。在停車時，通風器不起作用，這樣就不能有效地利用停車時期來進行冷卻。在某些情況下，如由獨立的通風機（有它自己專用的傳動電動機）將空氣驅入牽引電動機，則通過牽引電動機的空氣量與其電樞是否旋轉無關。所以，用了這種通風（稱為獨立通風），電動機在停車時也能冷卻。因此，獨立通風的冷卻作用是最強的。採用了後者，不僅是電動機的持續容量，還有它的小時容量，都可以較顯著地提高（5—10%）。

不論是自通風或是獨立通風，電動機應保持封閉式的構造，這是由於它在綫路上的運轉條件所決定，關於這方面已在第一章內詳細敘述過；所以，在實現通風時，就不應該破壞這個要求。

通風作用的強度，是用電動機持續功率對其小時功率之百分數來判定的。持續功率對小時功率之比，稱為電機之通風系數。

通常在擬制牽引電動機的技术任務中，其小時容量是較為嚴格地固定了的，因此電動機的电計算也根據其小時容量來進行。持續容量的大小，在很大的程度上是由所用的通風型式來決定。應根據限界及構造的条件，尽可能的將持續容量提高。換言之，牽引電動機在構造上要尽可能的使通風的有效性為最大，然後從計算，或者有時從實驗來確定用了這種通風型式電動機所可能有的持續容量。對於現代的高速牽引電動機（小時容量時為1500—1800轉/分）來說，這種設計的步驟稍為有些改變。在這類電動機中，為了降低通風損失，並不將多餘的空氣量通入電機，在擬制通風器時，要確定其最合適的直徑。

§ 91 通風的主要型式

由於通風方法的不同，牽引電動機有兩種主要型式：（1）用自通風的封閉式電動機；（2）用獨立通風的封閉式電動機。

在第一种情況下，用裝在電動機軸上、通常在電動機內部的通風器使空氣通過電動機。

在第二種情況下，用電動機外面的特備通風機來驅動空氣，此通風機有獨立的傳動，與牽引電動機不相關。

自通風的電動機用于城市牽引（電車，無軌電車，公共電車）、或地下鐵道及城郊鐵道的摩托車輛很合適。

用獨立通風機的電動機主要是用于干綫牽引，即用于用電力機車的牽引中。在牽引電動機構造的實踐中，不論是用第一種或是用第二種通風方式，在通風系統的裝置方面都有幾種不同的解決方案。例如，自通風電動機所裝的通風器，可以放在整流子的對邊或是放在整流子邊。用獨立通風機的電動機，有各種使空氣通過電動機的方案，時常還採用了裝入的通風器。

以下僅對那些至今還有實際價值的通風系統進行詳細研究。在這裡，對於自通風的電動機，將僅研究通風器裝在電機內部的情況：通風器裝在電樞軸上，故與電樞有相同的轉速。還有一些電動機的構造，其中通風器裝在電動機的軸上，但突出在軸承端蓋之外。這種構造之一見圖 4, 2, a，其中通風器 1 固定在軸端 2 上，並在電動機外裝在前軸承側。通風器體之側壁 3 和 4 同時也是制動塊的摩擦表面。其制動墊 5 及 6 圍繞着通風器。於是，通風器使空氣流過電動機，而此空氣也冷卻摩擦表面。這種構造解決了兩個問題：電動機的冷卻及制動摩擦表面的冷卻。後者也是重要的，因為，如所周知，當摩擦表面的溫度升高時，制動塊的摩擦力矩就下降。在另一種這樣的構造中（圖 4, 2, b），通風器在高于電動機電樞的轉速下運轉，為此，通風器與軸間的聯接是用齒輪來實現的。用內嚙合的齒輪 1 裝在電動機軸上，而齒輪 2 裝在頂蓋 3 的突出部分上，頂蓋 3 支承了通風器 4。這種構造曾專利過，但大家都知道，並沒有實際採用。

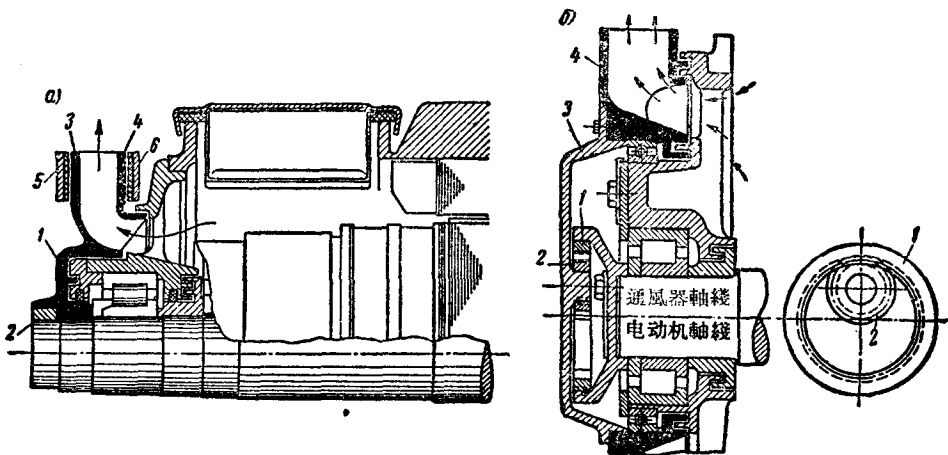


圖 4, 2. 突出在軸承端蓋以外的通風器。

由牽引電動機上通風器冷卻的制動塊的總的布置表示在圖 4, 3 上。此電動機的制動鼓 2 僅有外部冷卻。

由於通風器(不論是裝入的或獨立的)對於電動機位置的不同,通風可分為排出式、壓入式和複合式。

用排出式通風時,通風器裝在空氣從電動機出口處。用這類通風時,電動機內部之壓力較大氣壓力低一些。

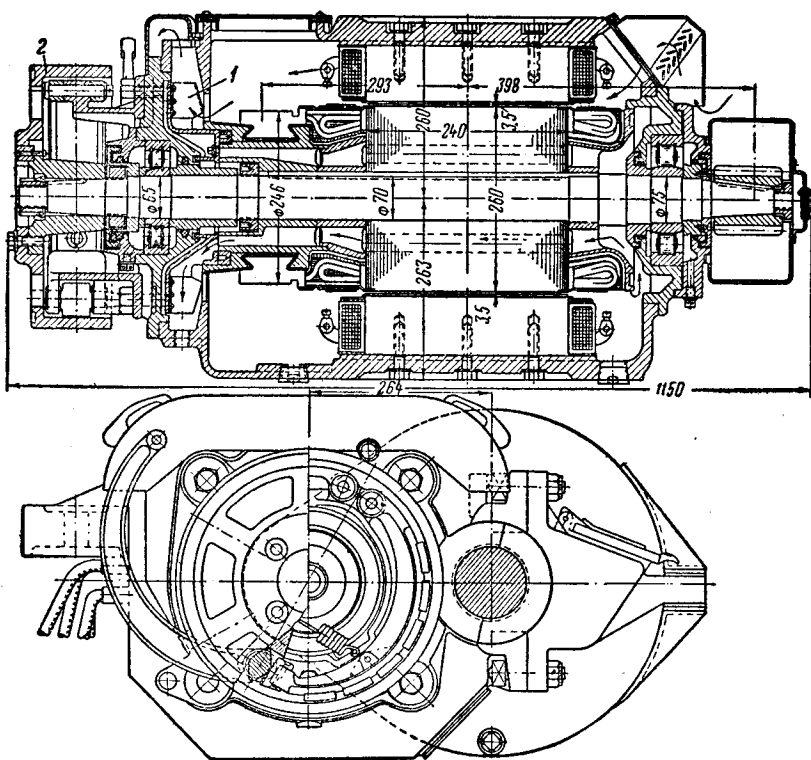


圖 4,3. 裝有制動塊、小時容量為 34 千瓦的電車電動機。

用壓入式通風時,通風器裝在空氣進入電動機的入口處。通風器將取入的空氣,在高于大氣壓力的某一壓力下壓入電動機內。所以,在電動機中的壓力要比大氣壓力高些。

因為通風器工作時並不是沒有能量損耗的,於是當空氣通過通風器時,它的溫度就有些升高,因此,用壓入式通風時,接近電動機發熱表面的冷卻介質就沒有排出式通風時的有效。在此情況下,進入電機之空氣是與周圍介質之溫度相同的。在通過通風器時,空氣加熱達 $3-5^{\circ}\text{C}$ 。注意,在牽引電動機中,空氣加熱這麼一個數值是不重要的。

複合式通風是排出式通風與壓入式通風之組合。

電力機車和摩托車輛內之輔助電機時常是做成完全封閉的,其外表面由通風器 1 來的空氣流進行鼓風,通風器 1 則裝在軸之突出端上(圖 4,4)。通風器之箱罩 2 作為空氣流導向之用。

通風方式由通風器裝的位置及電機內空氣流通所擇之路徑而定。

自通風時,通風器可以裝在整流子的對邊,或裝在整流子邊。此時,通風可以做成排出

式的或压入式的。用得最广的通风型式为：

(a) 排出式通风——普通并联式，分组并联式，串联式；

(6) 压入式通风——普通单流式，串联式，串-并联式。

如通风器装在整流子边，通常采用排出式通风，即采用普通并联式或分组并联式。

独立通风时用下列的构造：并联式通风，空气由整流子边或整流子的对边输入。

§ 92. 通风器装在整流子的对边

排出式通风 在普通并联式通风(圖 4, 5)中，空气通过装在轴承端盖上的过滤器 1 被吸入电动机内，于是进入电动机内部围绕整流子的空间，将整流子冲洗，然后再沿着两个平行路径：一个沿着电枢外面、主极和附加极各线圈间之空间，另一个沿着电枢内部之通风道。然后空气进入有径向叶片的单室离心通风器 2，再通过用网栅 4 保护的出孔 3 而向外面流出。

在这种通风型式，沿着两平行道空气之分布是这样的：使得最大部分的空气沿着第一路径，即电枢之外面流通，仅小部分之空气流过电枢内部之通风道。这种通风型式特别对起动时加强磁场的电动机有利，因为在起动时发热的主极线圈，将由于加强的鼓风而更好地被冷却。用普通并联式通风时，电动机的持续电流可以是小时电流的 65—70% 左右。

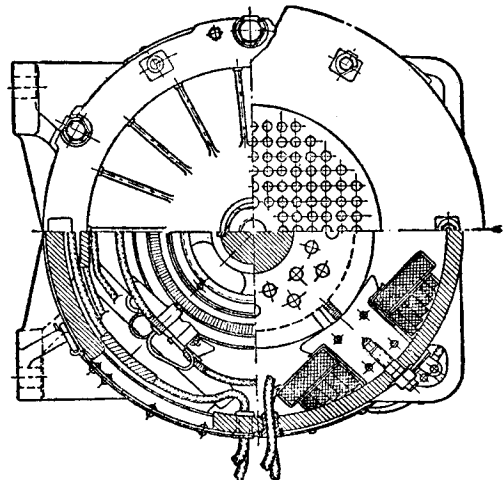
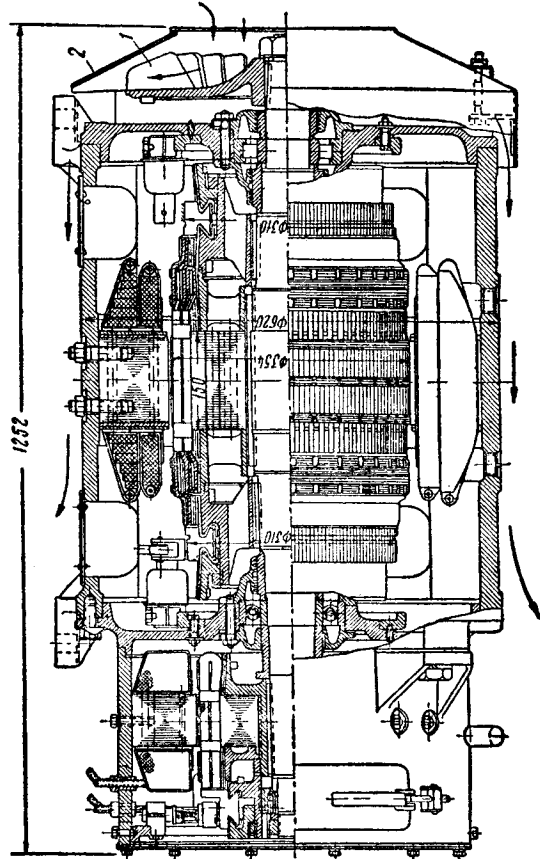


圖 4, 4. 用外界鼓風的摩托車輛上的分压机。

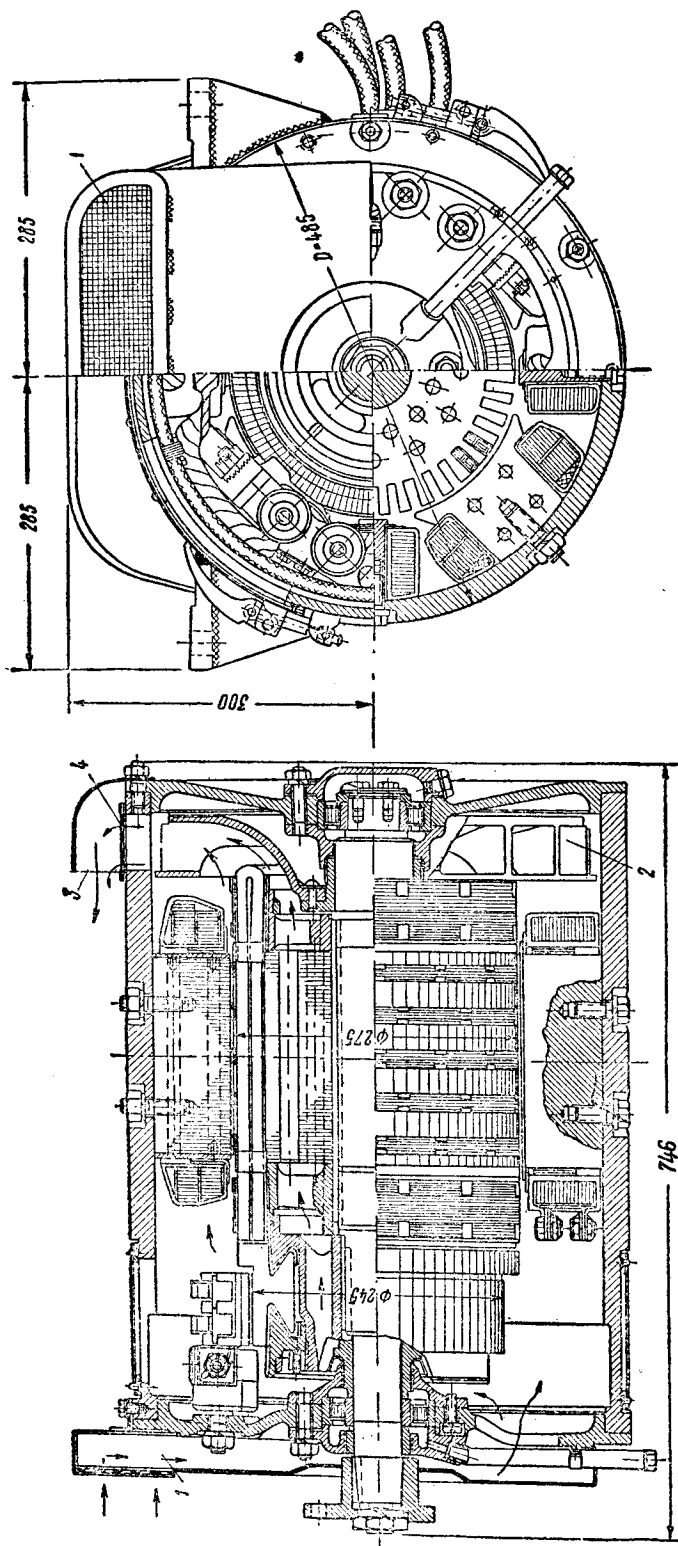


圖 4.5. 基洛夫“迪那莫”工厂出品之 DK-255A 型电車电动机, 用普通并联的排出式通風, 此电动机裝在苏联高速电車上。

分組并聯式通風與上述的通風方式之差別僅在於其中用了兩個分組通風器(圖4,6)。由此,兩平行空氣道的每一個都有它自己的、獨立的通風器,這樣使流入電樞內部的空氣量較圖4,5之電動機增加一些。這種通風型式通常用於容量較大之電動機中。

圖4,6之電動機當675轉/分及550伏時之容量為65千瓦;它是“電力”工廠為首都電車設計的容量最大的電動機。此電動機之空氣入孔是整流子檢查孔蓋四周之縫隙;其出孔位於機座之後端面,在為此特備的、擴大的機座角隅部分。出孔用網柵保護。

用分組并聯式通風時,可以保證電動機的電流約為小時電流的70%,特別是在容量由電樞的發熱所決定的情況下。

工作於接觸導線電壓為3000伏(或更高)下的高壓直流電動機中,有理由使兩個空氣流各有獨立的入口,用間壁將整流子室與極圈間的空間分開。在此情況下用以冷卻電樞內部的气流,是經前軸承端蓋上、有風窗保護的孔輸入,但此空氣不能流入整流子室。用以沖洗極圈和電樞外面的气流,其入口裝在機壳之上部,同時,此空氣也不流經整流子及電刷處,而是直接進入綫圈間之空間。由此,就沒有灰塵掉在整流子上及電刷附近,這樣使電刷及刷座之磨耗顯著地降低。此外,由於間壁是由絕緣材料做成,使得整流子上有閃絡時電弧飛越到扎綫或極

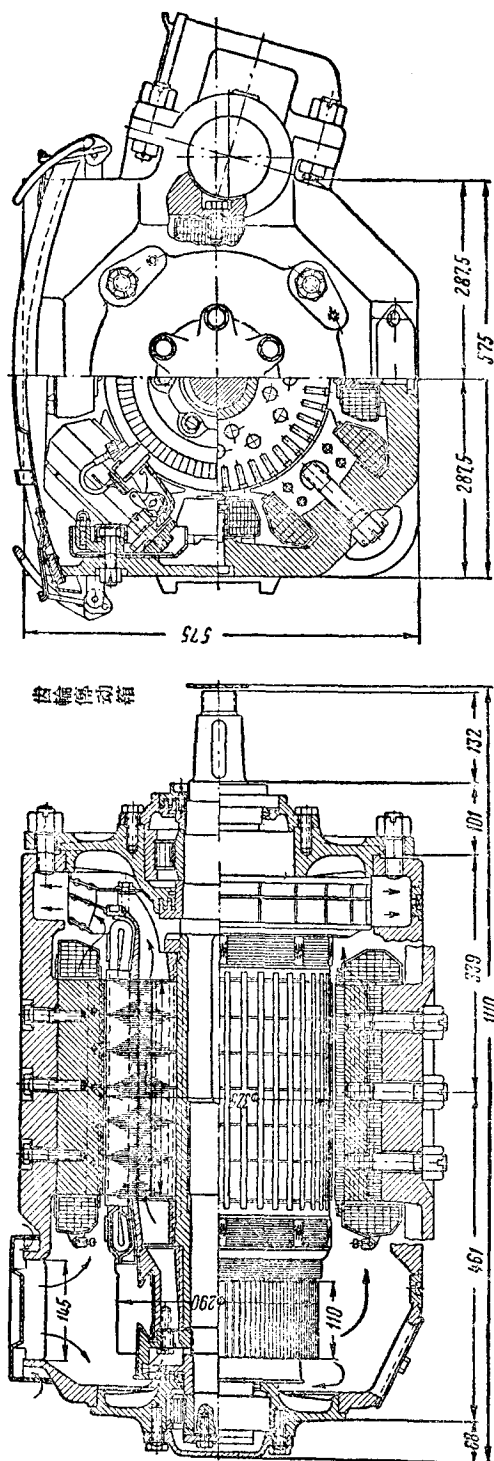


圖4,6. 用分組并聯式通風的電動機。

上去就困難了。

串聯通風表示在圖 4,7 上:空氣在整流子的對邊進入電動機,在極圈間之空間流過電樞之外面,沖洗着整流子,然後改變方向,進入整流子套管內的通風道,再通入電樞之通風道,于是由此被通風器吸出,並通過後軸承端蓋中之孔排出到外面。用網柵保護的空氣的入孔,在機座角隅形成突出的部分。電動機很容易變為全封閉式的,為此,可將入孔用螺旋帽蓋上;在齒輪傳動側軸承端蓋中之孔也要閉上。當時曾認為電動機有了這種特點,對電車企業具有重大的意義。在冬季運轉期間,當電機內部有強烈的空氣循環時,這種電動機就轉變為封閉式的。

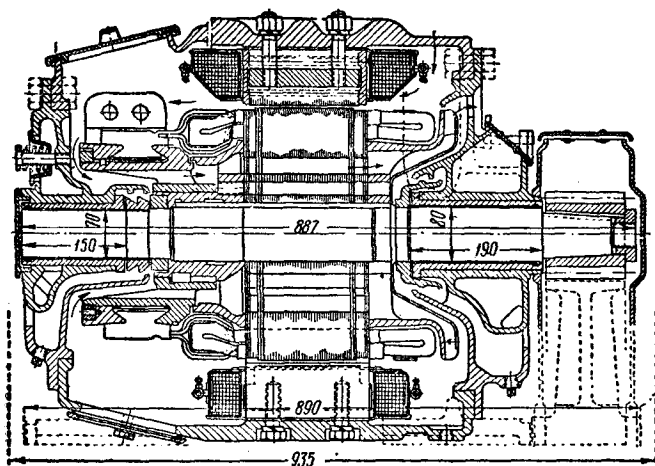


圖 4,7. 用串聯式通風的電車電動機,在 605 轉/分及
電壓 600 伏下其小時容量為 42 千瓦。

這類通風大約採用到 1922—1925 年,它既用於電車電動機,也用於重任牽引的電動機。在後者,通風器之直徑大於電樞直徑。

但是,這種通風系統較上面所研究的並聯通風系統效率要低得多,主要是由於:此時能通過電動機之空氣量要少得多,特別是對於容量比較不大的電動機。這種情況是由於:有一個大得多的水力阻力與空

氣在極圈間通過時所形成的比較小的水力阻力相串聯,前一阻力是由空氣通過整流子及樞芯之內部而形成,而整流子及樞芯之內部因為地位不夠,通風道之截面很小。

此外,這種通風系統還有一個主要的缺點:如果整流子蓋沒有蓋上,則在很大程度上空氣對極圈及電樞外表面之沖洗作用會停止,因為空氣將通過整流子檢查孔進入,而不從整流子對邊進入。順便說一下,通風器裝在整流子對邊時任何裝法都沒有這樣的缺點。

目前,在這種有裝入通風器的電動機中串聯式通風僅有歷史的價值了。

壓入式通風 在用普通單流式壓入通風(圖 4,8)時,通風器使空氣由傳動邊被吸入,然

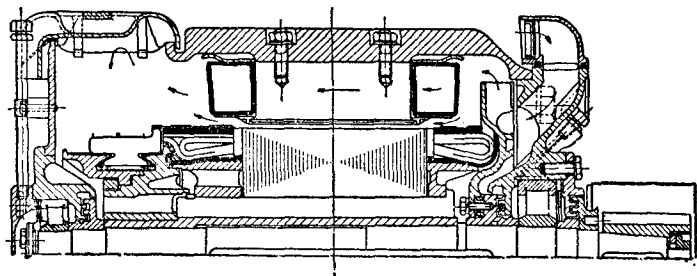


圖 4,8. 用普通單流式壓入通風的電動機。

后被壓入極圈前面的孔腔內。由此，空氣沖洗了電樞的極圈之外表面，進入整流子室，沖洗了整流子，然後通過整流子檢查孔蓋和機座間之縫隙而流出到大氣中去。用這種通風方式時，並不能用通風道從內面來沖洗電樞。由於不能從內部來冷卻電樞，使這種通風系統的應用範圍僅限於小時容量不超過 60 千瓦的電動機。這種通風型式的優點為，其噪音較前面所研究的幾種通風為小。因此可能是在製作高速的牽引電動機時，採用這種通風型式，因為這種電動機要求無噪音。

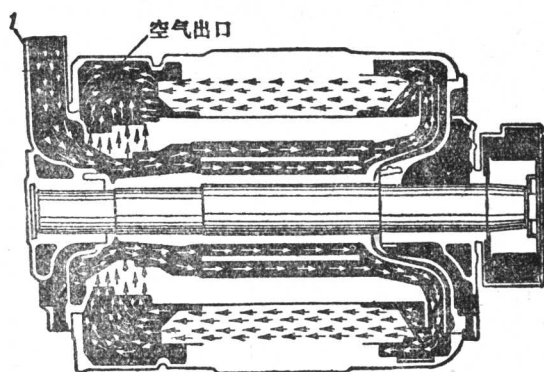


圖 4,9. 用串聯式壓入通風的電動機。

串聯式壓入通風之簡圖表示在圖 4,9 上。空氣從整流子邊吸入整流子套管的通風道內，再通入電樞芯的通風道，然後進入通風器，空氣被通風器所驅動，

朝着整流子的方向通過極圈間之空間，然後從那里流到外面去。電動機前軸承端蓋的管 1 是空氣的進入處。旁邊靠近整流子的機座前端部分是空氣的出口處。將這種通風方式與普通串聯式的通風相比較，後者的空氣是在相反於整流子的一邊吸入和排出的（圖 4,7）。顯然的，如果將兩種系統對同一電動機進行試驗，則空氣之壓力降對兩種系統是相同的，所以，在兩種情況下，將有相同的空氣量流過電動機。但是，用串聯式壓入通風時，可能在電動機內裝入較有效之通風器，因為可能使通風器具有大的直徑。此外，這類通風與普通串聯式通風相比，具有兩個重要的運用方面的優點，即：

(1) 電動機中沒有真空，所以，不致有灰塵通過檢查孔蓋之不緊密處而吸入電動機內。對於空氣從車廂進來時用網柵的高壓電動機，這就非常重要。

(2) 整流子檢查孔偶然開啓時（整流子蓋沒有裝上），不會在某種程度上破壞通風的作

用。

此種通風方式使持續容量為小時容量之 70% 左右。此時，電動機的通風器不僅要克服電動機內部之壓力降，還要克服空氣沿著空氣通道流通時相當可觀的水力阻力。

所研究的這種通風方式可考慮用於小時速率接近 800 轉/分時容量為 140—220 千瓦的電動機。對於容量較小的電動機，則電樞和整流子通風道之截面將太小，不能使適當的空氣量通過。對於大容量的電動機，僅轉速較高之電機可以採用這種通風。

串-并聯式壓力通風（換言之，即複合式通風），主要用於城郊牽引。用了這種通風方式（圖 4,10），空氣用兩個獨立的气流由電動機之兩端面輸入電動機。其中一個气流由整流子邊進入，通過整流子套管內之通風道和電樞通風道，到通風器中之一室，然後被通風器壓入極圈間之空間。裝在此處的通風器的第二室（外室），輸入第二股空氣流，它從外面由電動機的后端面進入。此第二股冷的气流，與第一股的热空氣混合在一起，形成了另一股空氣流。此外，由於軸承端蓋內有滑潤油裝置，空氣進入之入孔就必需朝向輪軸之一邊，而由於地位

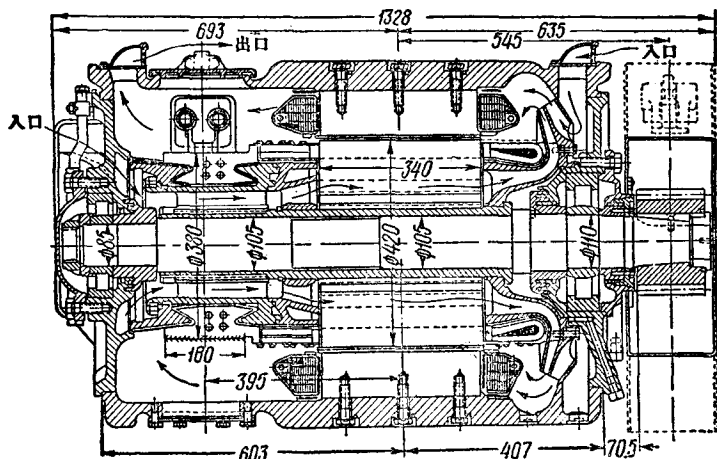


圖 4.10. 用串-并聯式壓入通風的電動機。

的窄狹，有網柵的空氣孔面積就不夠大。

用這種通風裝置的電動機的工作經驗指出：通過幾天的運轉，其入口完全被灰塵所塞住。這種情況，第一是由于入孔之空氣速率非常高，這樣促使各種物質吸到入孔的網柵上；第二是由于網柵是垂直裝置的。

§ 93. 通風器裝在整流子邊

用這種通風系統時，所用通風器可以是單室的或雙室的，此時在第一种情況下為普通并聯式通風，第二種情況下為分組并聯式。

第一個用分組并聯式通風的自通風電動機（圖 4.11）有兩個分開的入口，其一用于電樞內部之空氣流 *A*，另一用于沖洗電樞及極圈外表面之氣流 *B*。此電動機之小時容量在 490 轉/分時為 121 千瓦，其持續容量在 670 轉/分時則達 86 千瓦，即等于小時容量之 71%。

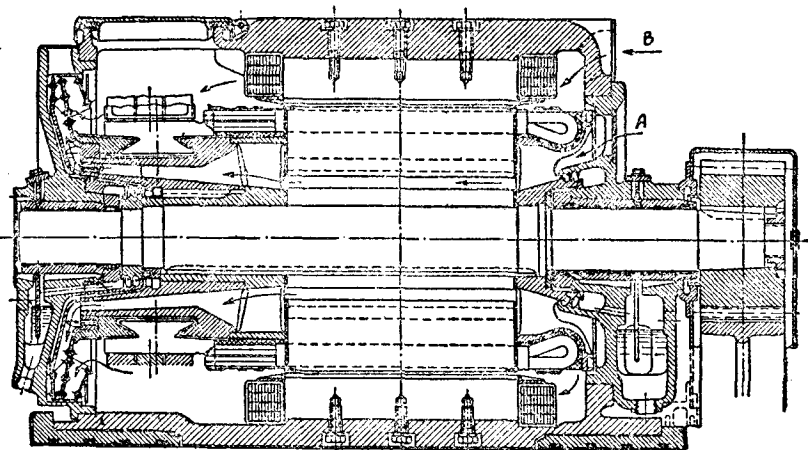


圖 4.11. 通風器在整流子邊的自通風電動機。

這類電動機的運行情況表示必需要將通風空氣淨化，這樣就要在空氣攔入孔上裝過濾器。過濾器 2 的設備及其如何裝到電動機上去都表示在圖 4,12 上。此電動機在 800 轉/分時之小時容量為 90 千瓦；其持續容量在 920 轉/分時為 68 千瓦。

電動機(圖 4,12)內入孔之面積約等於通風器出口面積之 50%；空氣通入電樞通風道之

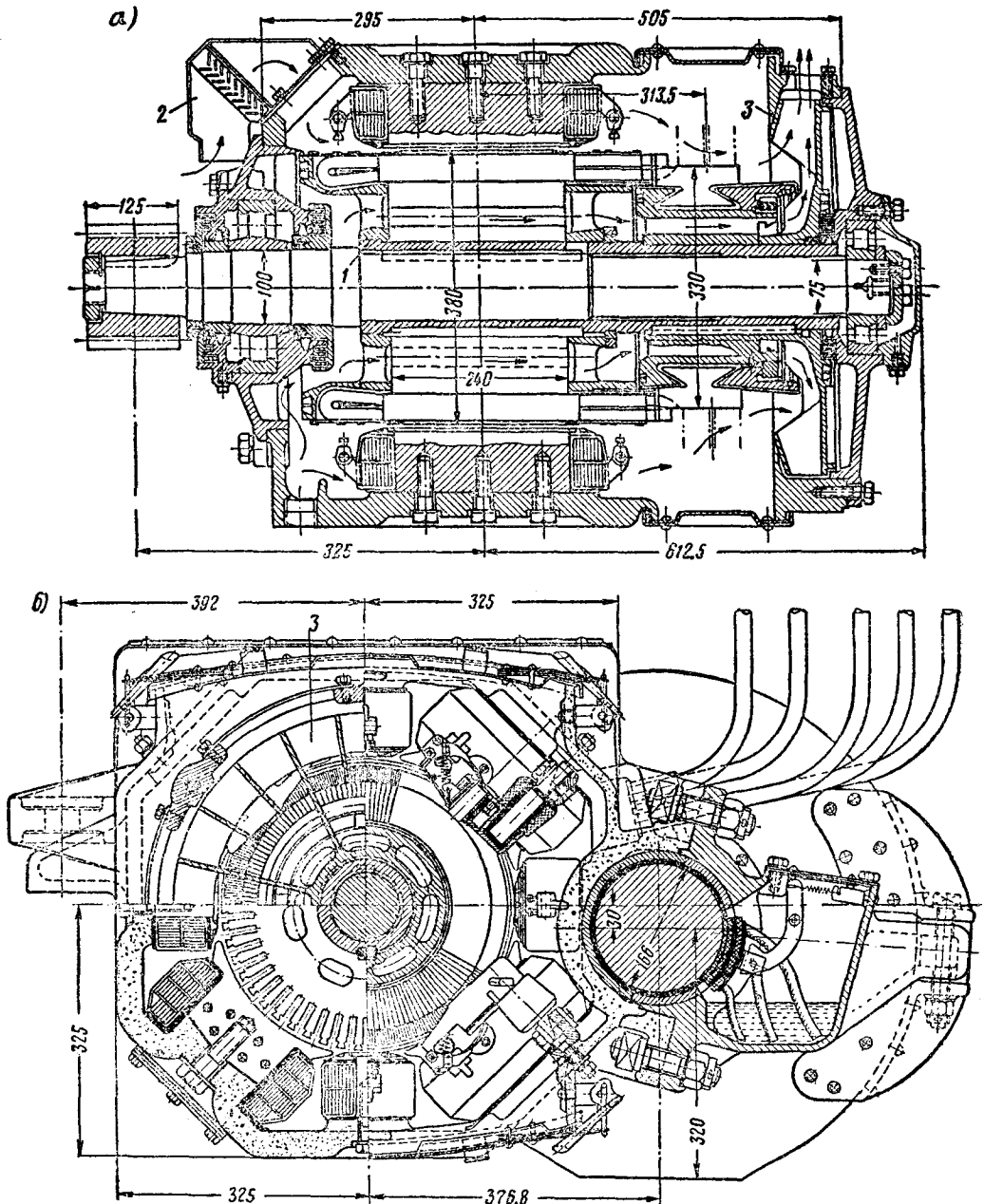


圖 4,12. 用單室通風器的牽引電動機,其小時容量 90 千瓦, 300 轉/分:

a—縱剖面; b—橫剖面。

路徑做得較為寬大；通風器之外直徑與電樞直徑之比，與圖 4,11 之電動機相比較，從 1.23 提高到 1.33，即達到將通風器裝在整流子相反邊時通常所有之值。通風器 3 由鋁硅合金做成，並將其配合在電樞套管上，而與整流子套管不相關；這樣避免由於通風器的迴轉力矩而使整流子套管有逐漸搖動和配合鬆動的可能性。在其他結構的電動機中，由於通風器而使整流子搖動，會導致電樞繞組元件在焊入整流子豎板處折斷的現象。

所研究的電動機中的通風器是做成單室的，但為了要維持分組通風的性質而不致縮減成為普通并聯式通風，就要將通風器之輻射式風葉直通到整流子套管之通風道。將通風器做成單室的，能使其鑄造較為簡易，此外，也使它較為堅固。應當注意，這類電動機中的通風器時常會由於其主要載重壁中發生裂縫而損壞。

在這種通風系統中，如整流子檢查孔蓋沒有關上，就會使電動機沒有任何的通風。在我們對牽引電動機製造的實踐中（“迪那莫”工廠），如通風器裝在整流子邊，則孔蓋要裝上鎖鏈 1（圖 3,77），並把孔蓋裝在鉸鏈上，亦即孔蓋在其本身重量之作用下閉合，並將其閉鎖鎖上。圖 4,12 的電動機中沒有這種東西。

通風器在整流子邊時，為了要達到并聯式通風的原則，在高速電動機中採用一種通風，它並不從內部來沖洗整流子（圖 4,13）。在這種通風方式中，雖然由於地位的限制，不能使空氣通過整流子，但畢竟還能使空氣通過電樞芯內的軸向通風道，其出口在繞組端接部分之間。此時，在出口處有相當大的吸入作用。圖 4,13 的電動機，其持續容量為小時容量之 70% 左右，而通風器之直徑高達電樞直徑之 1.35 倍。

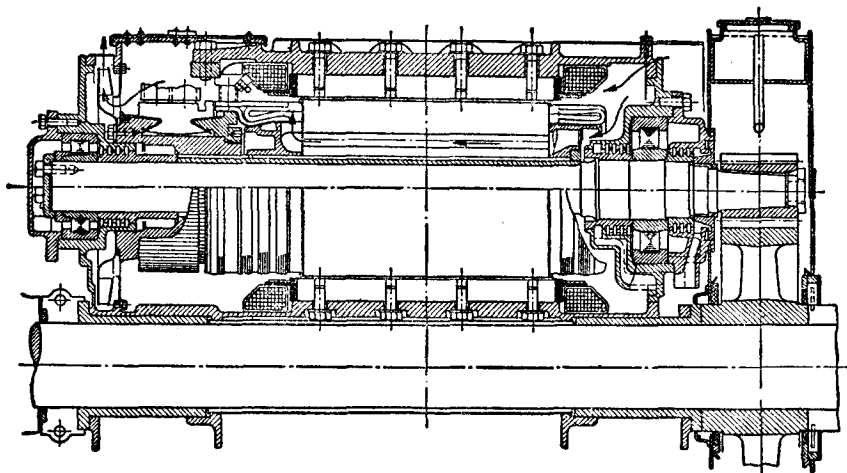


圖 4,13. 用并聯式通風但不沖洗整流子內部的電車電動機。

這種電動機的通風器是由鋼板做成，並直接固定在整流子套管上。這是一個重要的缺點，因為將通風器固定在套管上就必需將整流子的夾緊螺帽移放在內部，如圖 4,13 的電動機即如此。在電車的實際工作中，時常要調換整流子的前云母襯圈。如果整流子用放在外面的螺母固定，則在調換時，不需將整流子從電樞拆下，甚至於不必將繞組從整流子開焊，而只要簡單地將整流子的前壓環旋出，並用扎綫預先將整流片扎緊即可。如螺帽放在後面，就