

金屬切削机床改装 所用的电气設備

苏联金屬切削机床科学研究所編著



机械工业出版社

金屬切削机床改装 所用的电气設備

苏联金屬切削机床科学研究所編著

陈澤俊譯



机械工业出版社

1959

內 容 簡 介

本書闡述改装金屬切削机床时工程师和技术員所必需的关于設計和安裝电气設備的基本知識。

書中列举了机床用电动机容量的選擇方法，电动机和各种电气設備的主要技术数据，关于選擇各种电气設備、導綫和在金屬切削机床上安裝电气設備的基本資料。

苏联 Экспериментальный научно-исследовательский институт металлорежущих станков 編 Описание справочные данные по электрооборудованию, используемому при модернизации металлорежущих станков (Машигиз 1956 年 第一版)

NO. 2752

1959 年 4 月 第一版 1959 年 4 月 第一版 第一次印刷
850×1168 $1/32$ 字数 125 千字 印張 4 $15/16$ 0,001—7,100 册
机械工业出版社(北京阜成門外百万庄)出版
北京五三五工厂印刷 新华書店發行

北京市書刊出版业营业許可証出字第 008 号 定价 (11) 0.93 元

目 录

緒言	5
I. 改裝机床用的驅動電動機的主要型式及其選擇	6
A. 金屬切削机床驅動電動機的選擇	6
1 概論	6
2 在持續定值負載及短時負載時電動機容量的確定	7
3 在間歇工作方式下電動機容量的確定	8
4 在間歇方式下工作的鼠籠式异步電動機容量的選擇和驗算	8
5 机床電動機避免周圍介質有害影響的保護方式的選擇	15
6 根據轉數和動力特性選擇机床用電動機	29
7 根據結構型式(安裝方式)選擇机床的驅動電動機	29
8 在金屬切削机床上安裝電動機的技术要求	31
B. 統一的A系列三相鼠籠式异步電動機的主要技术 数据和外形尺寸	32
1 概論	32
2 基本型式的A系列防護式和封閉風冷式電動機	32
B. 統一的A系列修改型三相鼠籠式异步電動機的主 要技术数据和外形尺寸	50
1 АП, АОП型高起動轉矩電動機和AC, AOC型高轉差率電 動機	65
2 可變極數的多速三相鼠籠式异步電動機(2速, 3速和4 速)	65
II. 帶有三相鼠籠式异步電動機的机床驅動裝置的主要 控制電器	78
1 磁力起動器	78
2 中間繼電器	78
3 時間繼電器	79
4 電動機反接制動時的速度控制繼電器	81

5 电磁铁	83
6 多片式电磁摩擦离合器	90
7 电磁吸盘	90
8 控制按钮	90
9 行程(终端)开关	94
10 熔断保险器	96
11 信号灯	102
12 低压控制线路供电用 TB 系列单相降压变压器	103
13 可变极数多速电动机的磁极转换开关	107
14 组合开关和转换开关	107
15 机床的局部照明器和局部照明灯	110
16 接线端子组(接线板)	118
17 金属切削机床的数线	119

III. 关于改装金属切削机床时以苏联的电气设备代替进

口电气设备的基本指示	134
------------------	-----

1 概論	134
2 交流电动机	134
3 电器设备	134

附录 1	136
------------	-----

附录 2	152
------------	-----

附录 3	157
------------	-----

緒 言

在改装金屬切削机床时，常常需要提高驅動电动机的容量，以及在机床上安装輔助操作（零件的夹紧、刀架的加速行程等）自动化用的附加电动机，这就要求改变机床的电气傳动裝置电路，更换个别电器（磁力起动机）和在电路中放入新的电器（中間繼电器、時間繼电器等）。

本著作报导苏联工厂中从事于机床改装的工作人员关于机床用电动机和电气設備的选择方法，电气設備在机床上的安装方法，以及各种型式的机床上常用的苏联制造的电动机和电气設備的技术数据。

I 改装机床用的驱动电动机的

主要型式及其选择

改装金属切削机床时，常常需要更换电动机。

在更换电动机时，首先应采用同期转速为 3000, 1500 和 1000 转/分的高速三相鼠笼式异步电动机。它有良好的动力指标，并且在机床上的使用是最可靠的。

避免周围介质的有害影响，应该采用封闭风冷式电动机，因为它能保证机床在使用时最可靠和不间断地工作。

对于金属切削机床用的 A 及 AO 系列三相鼠笼式异步电动机之容量的选择，推荐下述方法。

A. 金属切削机床驱动电动机的选择

1 概 論

正确地选择金属切削机床电动机的容量有很大的实际意义。在电动机容量太低的情况下，机床将不能充分利用，也不可能机床上进行工艺规程所拟定的加工过程；电动机的使用期限可能缩短（有时还很显著），甚至发生事故。

电动机的容量太大，会引起电动机经常的欠负载，因而降低了异步电动机的效率和功率因数。

因此机床的驱动电动机应该这样来选择，使它能保证机床按照负载曲线工作，而其过热不致超过标准所规定的容许值。此外，按以下几点来正确地选择电动机，这对机床的可靠和间断地工作，有很大的意义：

- a) 按避免周围介质有害影响的保护方式；
- 6) 按安装方式（结构型式）；

B) 按轉數和動力特性。

2 在持續定值負載及短時負載時電動機容量的確定

電動機以定值負載長期工作時，經過一定的時間，便達到規定的過熱值。大型車床、立式機床、銑齒機以及和它們類似的機床的主驅動裝置都表征着這種工作狀態。

確定以定值負載長期工作的電動機的容量，並不十分困難，因為所選擇的電動機的額定功率值應該等於它的定值負載。如果產品目錄中沒有所需功率的電動機，則必須選擇最接近的而功率較大的電動機。

在短時工作方式下，電動機在工作時期內的發熱不會達到規定的溫度，而且停歇時間又較長，以致電動機實際上是處於冷卻狀態。

金屬切削機床的各種輔助驅動裝置（刀架、橫梁、座架的加速移動驅動裝置，夾緊零件的驅動裝置等）都表征着短時工作狀態。

這種驅動裝置的工作持續時間通常十分短，不會超過 5~15 秒。只有極大型的機床才達到 1~1.5 分。在這段時間內，電動機來不及發熱到其容許限度以上。在這種情況下，電動機的容量應按起動（開動）條件來確定，因為由發熱條件確定的容量，通常是十分小的。

機床的輔助驅動裝置工作時，阻轉矩 M_c 基本上是由摩擦力引起的。

因此，對於這種驅動裝置的電動機主要應按開始起動轉矩來選擇。

考慮到網路電壓可能波動，對於短時工作方式推薦按下面的條件來選擇電動機：

$$0.7M_{HAY} \geq M_c$$

式中 M_{HAY} ——電動機的開始起動轉矩；

M_c ——起動時的靜止阻轉距。

3 在間歇工作方式下電動機容量的確定

在金屬切削機床的驅動裝置中，按照工藝過程的條件有許多具有間歇（斷續的）工作方式，在這種情況下，電動機的起動和逆轉次數有時達到每小時數百次。

在這種工作方式時，電動機的溫度在每一工作時期內，不會達到規定值，而電動機斷開網路停歇時，也來不及冷卻到周圍介質的溫度。

間歇工作方式的電動機之計算，就在於判斷所選擇的電動機是否與已知負載曲線相適應（按綫卷的容許過熱）。

在間歇方式下工作的鼠籠式异步電動機的基本計算方法乃是熱平衡法，它是以電動機的損耗所產生的熱量和散熱量的計算為基礎的，這種方法通常在電力驅動課程中均有引述。

一些作者曾根據電動機產品目錄的數據和异步電動機參數間的某些關係，提出了許多計算公式，而這些參數是不能精確地確定的。因此在公式中含有許多假設，降低了計算的精確度，並且在按照不同的作者（А. Т. Голован, С. А. Пресс, В. К. Попов等）的計算公式來選擇間歇工作方式之電動機時，都會與實驗數據有很大的偏差。

如已知產品目錄中所沒有的一些附加數據，例如電動機起動和逆轉次數，則電動機的選擇可以更為精確。這就可以放棄公式中的某些假設。

下面引述已知電動機空載的容許起動和逆轉次數時，間歇工作方式的鼠籠式异步電動機之計算方法。

4 在間歇方式下工作的鼠籠式异步電動機

容量的選擇和驗算

確定電動機工作循環的機床或其它機器的工作循環，決定於

工艺要求。

电动机每小时的循环、起动或逆转次数是预先给定的。知道了电动机的额定功率损耗，可以将它与电动机在一个循环内的平均损耗（此损耗由计算求得）相比较，则根据热平衡条件可得：

$$\Delta P_n \geq \Delta P_{cp} = \frac{\Delta A_{n_1} + \Delta A_{n_2} + \dots + \Delta A_{n_i} + \Delta A_{m_1} + \dots + \Delta A_{m_i} + \Delta P_1 t_1 + \dots + \Delta P_i t_i}{\alpha \Sigma t_0 + \frac{1+\alpha}{2} \Sigma t_{nep} + t_1 + \dots + t_i} \quad (1)$$

式中 ΔP_n ——在额定负载时电动机中的功率损耗(瓩)；
 ΔP_{cp} ——在一个工作循环内电动机中的平均损耗(瓩)；

$\Delta A_{n_1}, \dots, \Delta A_{n_i}$ ——在已知负载下每一次起动的能量损耗(瓩秒)；

$\Delta A_{m_1}, \dots, \Delta A_{m_i}$ ——在已知负载下电动机每一次制动的能量损耗(瓩秒)；

$\Delta P_1, \dots, \Delta P_i$ ——在已知负载下电动机中的损耗(瓩)；

α ——转子不动时电动机散热量的恶化系数(α 值由实验确定)；

Σt_0 ——电动机断开網路时的总停歇时间(秒)(由机床的工作循环确定)；

Σt_{nep} ——电动机在负载下的起动和反接制动之总时间(秒)；

$t_1, \dots, t_i$ ——电动机在稳定负载下的工作时间(秒)(由负载曲线给出)。

1. 在额定负载下电动机损耗的确定：

$$\Delta P_n = P_n \frac{100 - \eta_n}{\eta_n} \text{瓩} \quad (2)$$

式中 P_n ——电动机的额定功率(瓩)；

η_n ——电动机的额定效率(%)。

一般情况下，在已知的任何负载时，电动机的功率损耗为：

$$\Delta P_i = P_i \frac{100 - \eta_i}{\eta_i} \text{ 千瓦}, \quad (2a)$$

式中 P_i ——在該負載下电动机軸上的功率，由机床的工作循环給出；

η_i ——在該負載下电动机的效率（%）。

在电动机空載工作时

$$\Delta P_i = P_0, \quad (2b)$$

式中 P_0 ——空載时电动机的鉄損和定子綫卷中的損耗。

2. 在一个工作循环內电动机平均功率損耗的确定。

在一个工作循环內，电动机中的平均功率損耗按公式(1)确定，并与額定功率时电动机的功率損耗相比較。 ΔP_{cp} 不应超过 ΔP_{no} 。

3. 在已知負載下每一次起动的能量損耗的确定。

知道了每一次无負載空轉起动的能量損耗 ΔA_{n_0} ，即可确定 ΔA_{n_i} 。在这种情况下

$$\Delta A_{n_i} = \Delta A_{n_0} \frac{GD_p^2 + GD_i^2}{GD_p^2} \cdot \frac{M_{n_0}}{M_{n_0} - M_{ci}} \text{ 瓦秒}, \quad (3)$$

式中 ΔA_{n_0} ——每一次空載起动的能量損耗（瓦秒）；

GD_p^2 ——轉子的飞輪慣量（公斤公尺²）；

GD_i^2 ——与电动机軸相連接的全部質量換算到电动机軸上的飞輪慣量（公斤公尺²）；

M_{n_0} ——等加速起動轉距（公斤公尺）；

M_{ci} ——在已知負載下的靜止阻轉距（公斤公尺）。

公式(3)可以改寫为

$$\Delta A_{n_i} = \Delta A_{n_0} \left(1 + \frac{GD_i^2}{GD_p^2} \right) \cdot \frac{1}{1 - \frac{M_{ci}}{M_{n_0}}}; \quad (3a)$$

$$M_{n_0} = 0.5(K_{\kappa} + 1)M_{\kappa} \text{ 公斤公尺}, \quad (4)$$

式中 $K_{\kappa} = \frac{M_{\kappa \max}}{M_{\kappa}}$ ——开始起動轉距倍数；

$\lambda = \frac{M_{\max}}{M_{\kappa}}$ ——最大轉距倍数。

将公式 (4) 中的 M_{n_0} 值代入公式 (3a), 则得

$$\Delta A_{n_i} = \Delta A_{n_0} \left(1 + \frac{GD_i^2}{GD_p^2} \right) \cdot \frac{1}{1 - \frac{1}{0.5(K_{\Sigma} + \lambda)M_n}} \cdot \frac{1}{M_{c_i}}; \quad (4a)$$

采用代号

$$1 + \frac{GD_i^2}{GD_p^2} = K_{10} \quad (45)$$

$$\frac{1}{1 - \frac{1}{0.5(K_{\Sigma} + \lambda)M_n}} = K_{20} \quad (4B)$$

$$\text{那么} \quad \Delta A_{n_i} = \Delta A_{n_0} \cdot K_{10} \cdot K_{20} \quad (5)$$

电动机的额定转矩

$$M_n = \frac{P_n \cdot 975}{n} \text{ 公斤公尺}, \quad (6)$$

式中 n —— 电动机的额定转速 (转/分)。

4. 在已知负载下每一次制动的能量损耗的确定:

$$\Delta A_{m_i} = \Delta A_{m_0} \cdot \frac{GD_p^2 + GD_i^2}{GD_p^2} \cdot \frac{M_{m_0}}{M_{m_0} + M_{c_i}} \text{ 瓩秒}, \quad (7)$$

式中 ΔA_{m_0} —— 电动机空载时每一次制动的能量损耗 (瓩秒);

M_{m_0} —— 等加速制动转矩 (公斤公尺)。

将公式 (7) 改成下面的形式

$$\Delta A_{m_i} = \Delta A_{m_0} \left(1 + \frac{GD_i^2}{GD_p^2} \right) \cdot \frac{1}{1 + \frac{M_{c_i}}{M_{m_0}}}; \quad (8)$$

$$M_{m_0} = 0.914 K_{\Sigma} M_n \text{ 公斤公尺}. \quad (9)$$

将公式 (9) 中的 M_{m_0} 值代入公式 (8), 则得

$$\Delta A_{m_i} = \Delta A_{m_0} \left(1 + \frac{GD_i^2}{GD_p^2} \right) \cdot \left(\frac{1}{1 + \frac{1}{0.914 K_{\Sigma} M_n}} \right). \quad (10)$$

由于

$$1 + \frac{GD_i^2}{GD_p^2} = K_{11}$$

採用代号

$$\frac{1}{1 + \frac{M_{c_2}}{0.914 K_{\Delta} M_K}} = K_3, \quad (11)$$

則得

$$\Delta A_{m_1} = \Delta A_{m_0} \cdot K_1 \cdot K_3 \text{ 瓦秒。} \quad (12)$$

5. 电动机空載及負載时的起動和反接制動時間的確定。

達到額定轉速以前的空載起動時間

$$t_{n_0} = \frac{GD_p^2 \cdot n_n}{375 \cdot M_{n_0}} \text{ 秒。} \quad (13)$$

由額定轉速起的空載反接制動時間

$$t_{m_0} = \frac{GD_p^2 \cdot n_n}{375 \cdot M_{m_0}} \text{ 秒。} \quad (14)$$

對於任何已知負載，電動機的起動時間

$$t_{n_1} = t_{n_0} \cdot K_1 \cdot K_2 \text{ 秒。} \quad (15)$$

對於任何已知負載，電動機的反接制動時間

$$t_{m_1} = t_{m_0} \cdot K_1 \cdot K_3 \text{ 秒。} \quad (16)$$

系數 K_1 、 K_2 、 K_3 之值參看公式 (46)、(4B) 和 (11)。

現在蘇聯出品的異步電動機，絕大多數是統一的 A 系列基本型電動機或修改型電動機。

因此，簡化一下在間歇方式下工作的統一系列電動機的容量選擇，便減輕了設計工作，在大多數情況下所碰到的正是這種系列的電動機。

把驗算時所必需的 A 系列電動機的許多數據預先計算出來並分類列於表中是適宜的。為此目的，金屬切削機床科學研究實驗所的機床電氣化科 (ОЭС ЭННМС) 編製成表 1~7。

除了利用產品目錄的數據 (K_{Δ} 、 λ 、 GD^2 、額定效率) 以外，在這些表中尚刊載出了以產品目錄的數據為基礎而計算出來的數據 (M_n 、 ΔP_n 、 t_{n_0} 、 t_{m_0})。

統一系列電動機的許多計算和實驗數據是在電氣工業部科學

研究所 (НИИ МЭП) 中得出的, 如: 定子繞卷的电阻、鉄損、空轉电流、空載起動和逆轉次數、 α 、在部分負載時的效率和 $\cos \varphi$ 值。根据电气工业部科学研究所获得的資料, 計算出 P_0 、 ΔA_{τ_0} 和 ΔA_{m_0} 之值, 并載在表 1~7 內。

因此, 表 1~7 中所列的数据給出了 A 系列电动机按公式 (2) (26)、(6)、(13)、(14) 所計算出来的結果。

系数 K_2 和 K_3 [公式 (4b) 和 (11)], 系按照金屬切削机床科学研究所机床电气化科拟制的綫圖来进行确定的, 該綫圖表示在圖 1 和圖 2 上。

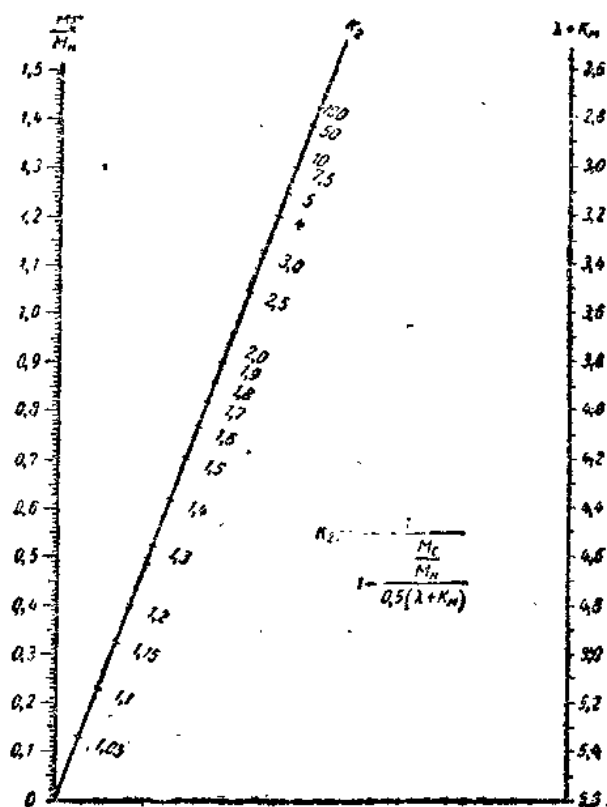


圖 1 确定系数 K_2 的綫圖。

系数 K_2 按下述方法确定 (圖 1): 将确定电动机在該負載下的 $\frac{M_c}{M_H}$ 和 $K_{\mu} + \lambda$ 值的点, 用直綫連接起来。标綫 K_2 与該直綫的交点便給出系数 K_2 值。

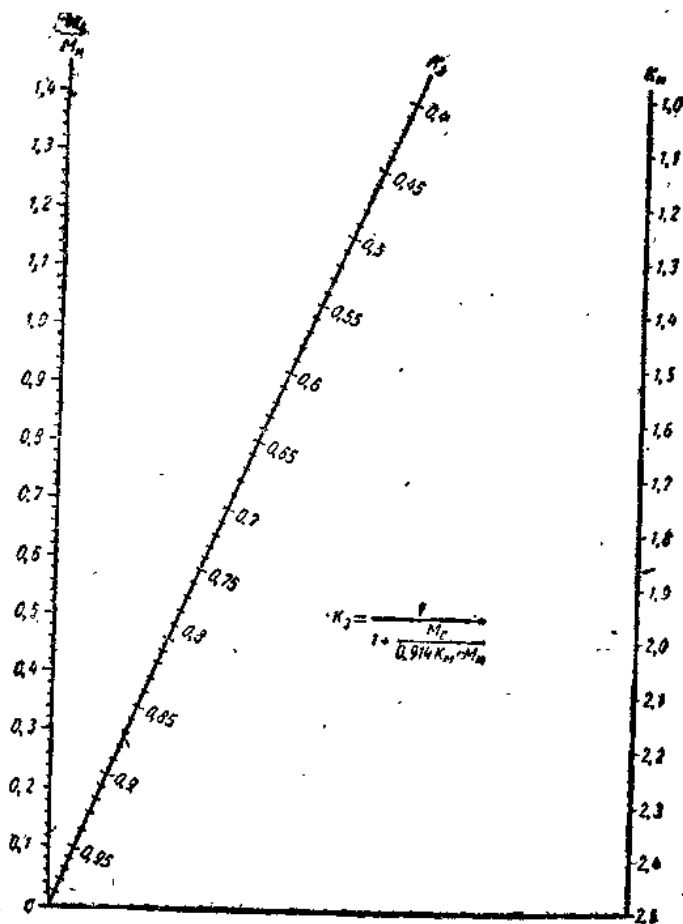


圖 2 确定系数 K_3 的綫圖。

为了求出系数 K_3 (圖 2), 在标綫 K_{μ} 和 $\frac{M_c}{M_H}$ ● 上, 将确定电

● 原为 $\frac{M_{c2}}{M_H}$, 应改为 $\frac{M_c}{M_H}$ 。——譯者

动机在该负载下的 K_M 和 $\frac{M_{c_i}}{M_M}$ 值的点，通过标线 K_3 用直线连接起来。在标线 K_3 上所得的点给出系数 K_3 值。

由上面可以看出，采用金属切削机床科学研究实验所拟制的表格和线图，大大简化了在选择间歇工作的 A 系列电动机时的验算，并缩短了验算时间。

可能有这种情况，此时由于旋转质量有很大的惯性，电动机的起动时间将增长，以致在第一次起动和制动时，电动机的线卷就达到极限容许过热，这是由于电动机中产生的热量来不及散发之故。在类似的循环下工作时，甚至在每小时的循环次数不多并且每一循环中的容许平均损耗也不大时，电动机的线卷亦会过热到其容许限度以上。对于这种情况，上述的计算方法是不适用的。

是否能应用上面所提出的方法来选择电动机的容量，可以采用在负载下起动的时间与空载起动时间的比值 $\frac{t_{n_i}}{t_{n_0}}$ 作为预定的准则。

当 $t_{n_i} > (10 \sim 15)t_{n_0}$ 时，不推荐利用上面提出的方法。

5 机床电动机避免周围介质有害影响的

保护方式的选择

机床的驱动电动机应加保护，避免周围介质的有害影响。保护方式与机床的工作及安装情况有关，可按照表 8 中所列的指示来确定。

在磨床、抛光机、刃磨机床和木材加工机床上，必须安装封闭风冷式电动机。封闭风冷式电动机也应该安装在那些在工作情况下产生铸铁和磨料尘埃的所有机床上。

附注 在上述机床上采用内装式电动机^①时，电动机的通风装置应保证以不含尘埃的清洁空气来冷却电动机。

① 原书为 $\frac{M_c}{M_M}$ ，应改为 $\frac{M_{c_i}}{M_M}$ 。——译者

② 即该电动机装于机床的内部，并利用机床的一部分作为自己的壳体。——译者

表1 按已知循环计算统一的A系列异步电动机所必需的参数
(防护式, A型)

电动机 型号	P_H (瓩)	P_0 (瓩)	ΔP_H (瓩)	K_m	λ	GD ² (公斤 公尺 ²)	t_{H_0} (秒)	t_{m_0} (秒)	M ₀ (公斤 公尺)	ΔA_{H_0} (瓦秒)	ΔA_{m_0} (瓦秒)	效率(%)				
												負載占額定容量的百分值(%)				
												25	50	75	100	125

3000轉/分(同期轉速)																
A31-2	1.0	0.09	2.7	1.8	2.2	0.008	0.09	0.11	0.34	0.38	0.83	63	77	79	79	77
A32-2	1.7	0.1	3.9	2.0	2.4	0.014	0.08	0.10	0.58	0.66	1.21	68.5	79.5	82.5	81.5	81.5
A41-2	2.8	0.14	5.3	1.6	2.2	0.024	0.10	0.14	0.96	1.02	1.62	71.5	83	85	85	81.5
A42-2	4.5	0.22	7.6	1.8	2.4	0.034	0.08	0.11	1.53	1.55	2.4	76.5	84.5	86.5	85.5	81.5
A51-2	7.0	0.27	10.5	1.5	2.2	0.11	0.2	0.27	2.33	2.58	3.9	83	88	90	87	84
A52-2	10.0	0.28	1.5	1.6	2.4	0.16	0.18	0.26	3.38	2.70	7.55	83.5	87.5	88.5	87.5	86.5
A61-2	14.0	0.67	2.0	1.1	1.2	0.27	0.24	0.42	4.68	5.96	12.4	71	86	87.5	87.5	86.5
A62-2	20.0	1.15	2.6	1.1	1.3	0.35	0.20	0.35	6.58	8.5	19.02	76.5	85.5	87	88.5	90
A71-2	28.0	1.02	3.5	1.0	1.0	0.57	0.30	0.53	9.3	12.0	25.6	—	88	89	89	87.5
A72-2	40.0	1.33	4.45	1.1	2.4	0.73	0.25	0.44	13.3	17.3	39.9	82	90	90	90	90
A81-2	55.0	1.26	5.8	1.0	2.2	1.4	0.37	0.67	18.3	25.2	61.8	86	90	91	90.5	89
A82-2	75.0	—	7.4	0.09	1.1	1.8	0.32	0.57	25.0	38.3	88.2	84.5	89.5	90.5	91	89.5
A91-2	100	2.59	9.3	1.0	2.2	3.3	0.49	0.87	33.0	54.1	121.5	84.5	89.5	91.5	91.5	91.5
A92-2	125	—	10.9	1.0	2.2	4.3	0.51	0.91	41.3	64.5	154.0	82	89.5	92	92	91.5

1500轉/分(同期轉速)																
A31-4	0.5	0.07	0.2	1.7	2.0	0.013	0.05	0.08	0.415	0.11	0.23	60.5	69	72	74	70
A32-4	1.0	0.09	0.27	1.8	2.0	0.019	0.05	0.07	0.69	0.16	0.38	58.5	76.5	78.5	78.5	77.5
A41-4	1.7	0.12	0.39	1.8	2.0	0.042	0.07	0.09	1.17	0.32	0.66	73.5	80.5	82.5	81.5	78.5
A42-4	2.8	0.17	0.56	1.9	2.0	0.06	0.06	0.07	1.92	0.55	1.08	61	83.5	84.5	83.5	81.5
A51-4	4.5	0.23	0.76	1.4	2.0	0.17	0.13	0.17	3.04	0.88	1.8	78.5	84.5	86.5	85.5	82.5
A52-4	7.0	0.31	1.05	1.5	2.0	0.25	0.12	0.15	4.74	2.14	4.24	79.5	84.5	83.5	87	85.5
A61-4	10	0.33	1.5	1.2	2.0	0.36	0.13	0.20	6.72	2.67	4.4	80.5	86.5	87.5	87.5	86.5