

变频器的选型与应用设计



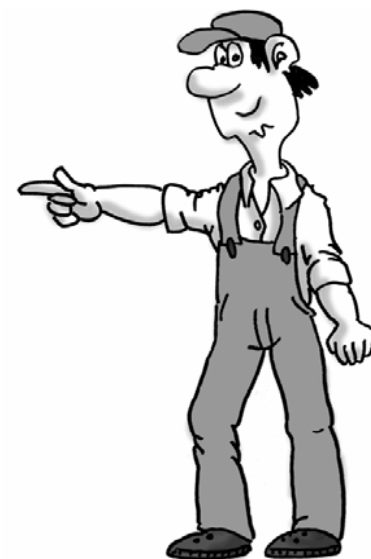
变频器的选型与负载的关系

对一个变频器传动系统进行选型是一个系统工程，要细致和全面。

传动选型要求具备以下知识：

电力供电知识、负载机械特性、环境条件如温度湿度海拔、设备运行工艺等等。

花费精力和时间在传动选型上意味着节省投资，这是值得的。





选型过程分如下几个步骤：

1. 检查确认供电电压等级：（380VAC或者690VAC等等）。

2. 了解工艺过程的要求：

有无启动转矩要求？运行速度范围是多少？负载是什么特性？

3. 选定电机

电动机是负载所需转矩的发生器。

它必须能承受运行期间的过载要求，全速度范围提供负载所需的转矩；

电机不能过热；

依据选型经验，电机的最大转矩要有30%的富裕量。

4. 选定变频器

变频器要依据供电电压和已经选定的电机和运行工艺进行选型：

要检查变频器的输出电流和功率满足负载要求；

考虑变频器的短时间过载情况。

科学、专业的变频器选型：

1. 依据负载的转矩/转速曲线，得知变频器所驱动的电动机所输出的最大转矩，
2. 特别要注意：若是要求电动机在弱磁区输出较大的转矩，要依此向额定点推算最大电动机功率型号。
3. 依据电动机的转矩输出要求，推算变频器的输出电流需求，注意要考虑电动机的效率。

若充分了解机械运行工艺，那末，机械能量——电能量是最正确最根本的传动选型手段！



电机的选择

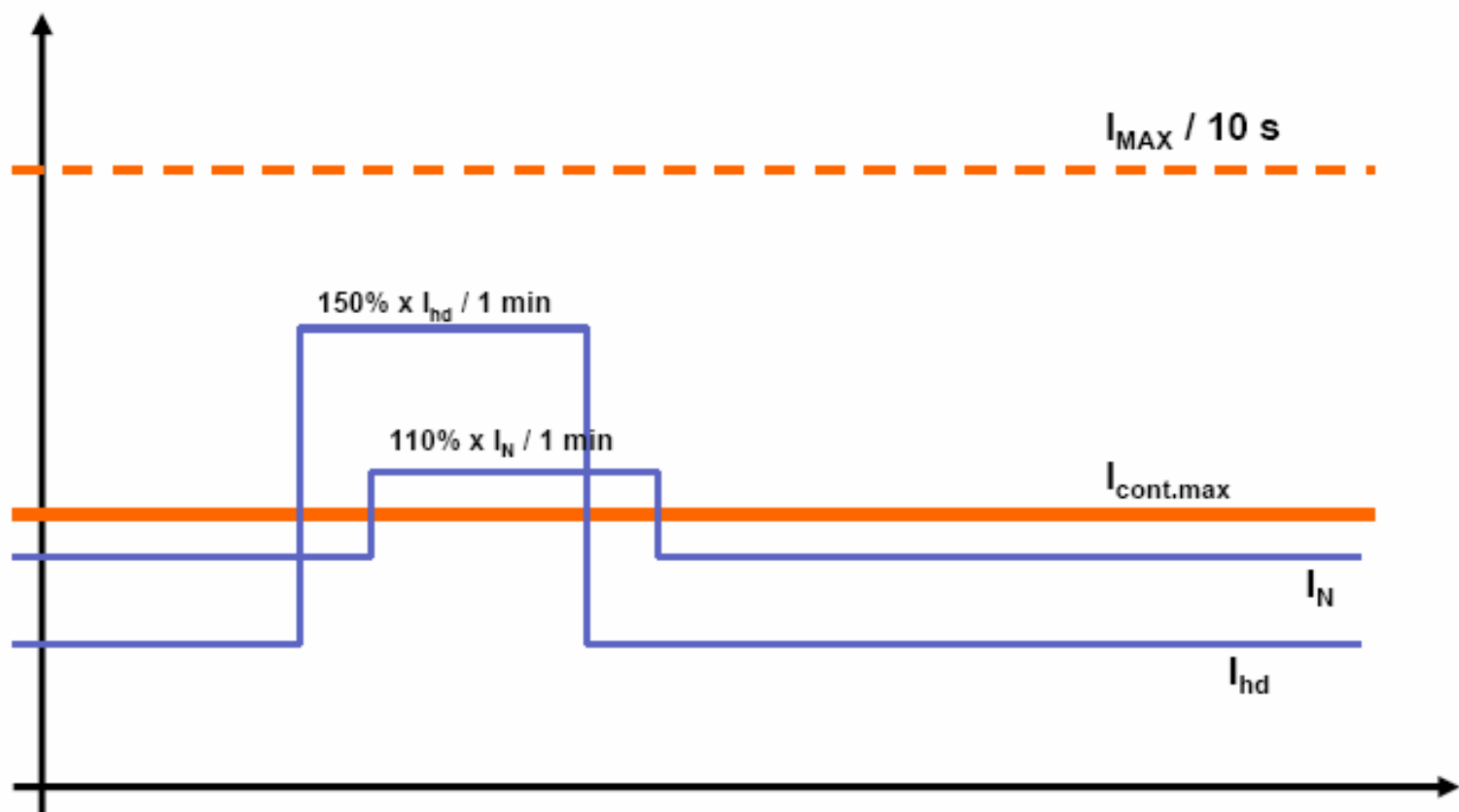
1. 电机热负荷选型

- 速度范围
- 负载转矩
- 电机极数的选择

2. 最大转矩

- 检查在最大转速下的限制
- 最大转矩留**30%**的余量

ACS 800 电流额定等级



ACS 800 额定等级

- I_{\max} = 最大允许电流 (绝对值, 不依赖于温度)
- $I_{\text{cont.max}}$ = 在40度时的最大连续电流
- I_N = 基本电流, 每5分钟允许1分钟1.1倍的过载 (计算值)
- I_{hd} = 基本电流, 每5分钟允许1分钟1.5倍的过载 (计算值)
- I_{\max} 总是有效的, 只要温度足够低
- 除 I_{\max} 外, 以上电流和时间的描述为典型值
- 实际的有效值随环境温度和传动的结构而改变
- 单传动最大输出功率限制在 $1.5 * P_{\text{hd}}$

ACS800 选型

- 产品目录给出了传动基本选择的典型值 - 简单直接

额定等级		无过载应用	轻过载应用		重载应用		噪音等级	散热量	风量	型号代码	外形尺寸
$I_{cont. max}$	I_{max}	$P_{cont. max}$	I_N	P_N	I_{hd}	P_{hd}					
A	A	kW	A	kW	A	kW	dB(A)	kW	m ³ /h		
$U_N = 400 V$ (范围 380-415 V)。功率值在额定电压400 V有效。											
141	164	75	132	55	97	45	63	1.44	405	ACS800-07-0070-3	R6
166	202	90	155	75	115	55	63	1.94	405	ACS800-07-0100-3	R6
202	282	110	184	90	141	75	63	2.31	405	ACS800-07-0120-3	R6
212/215 ¹⁾	282	110	209/220 ¹⁾	110	162	90	65	2.57	405	ACS800-07-0130-3	R6
206	326	110	202	110	163	90	71	3.00	540	ACS800-07-0140-3	R7
248	404	132	243	132	202	110	71	3.65	540	ACS800-07-0170-3	R7
289	432	160	284	160	240 ¹⁾	132	71	4.30	540	ACS800-07-0210-3	R7

- 用 DriveSize 软件进行优化选型:
 - 高启动转矩
 - 周期性负载
 - 不同的环境温度
 - 高海拔
 - 不同电压等级

电动机输出的轴功率计算公式：

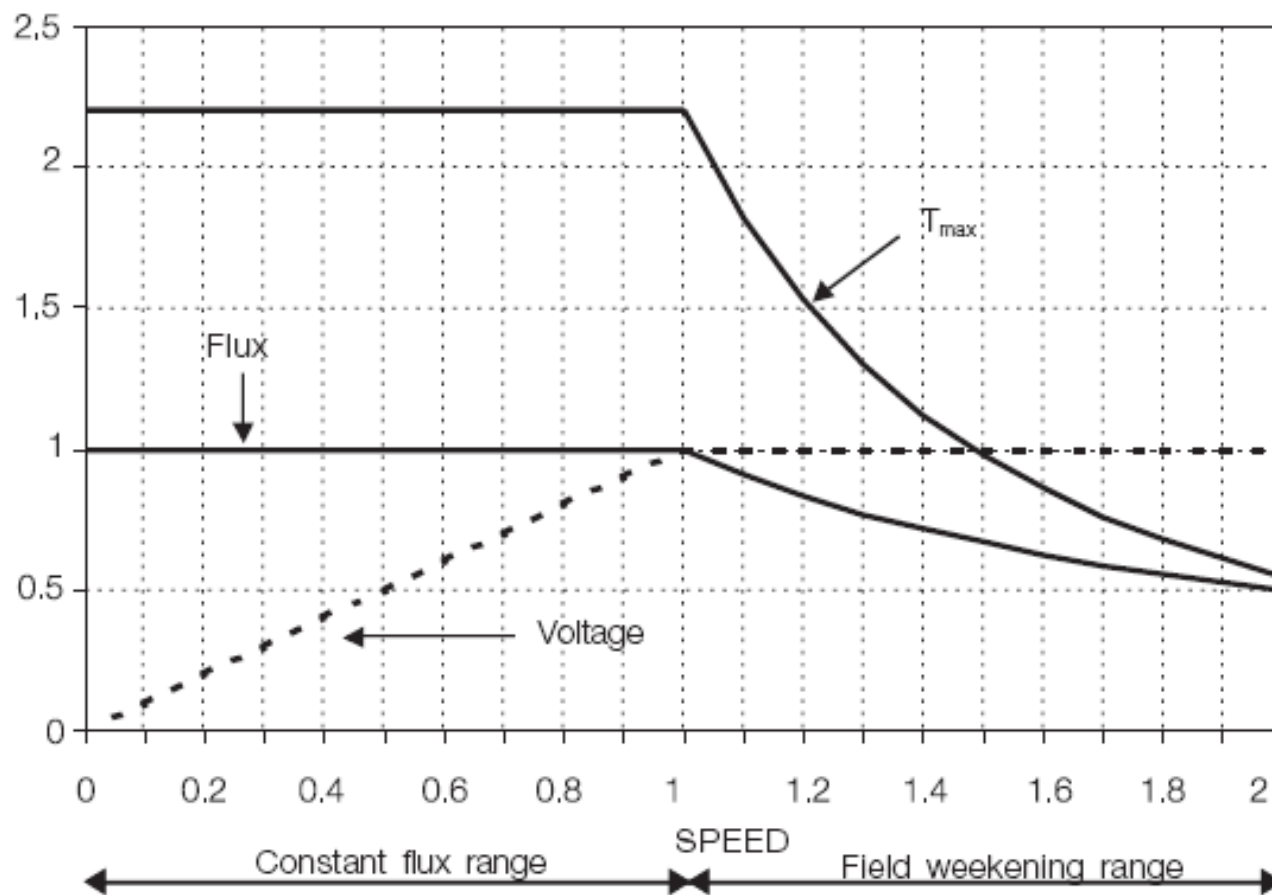
$$P_{\text{out}} [\text{kW}] = \frac{T [\text{Nm}] * n [\text{rpm}]}{9550}$$

变频器输出的电功率计算公式：

$$P_{\text{in}} = \sqrt{3} * U * I * \cos(\varphi)$$

以功率相等为联结，可以得知变频器输出电流与电动机输出转矩之间的关系。知道了变频器输出电流要求，则变频器确定。

电动机的最大输出转矩/转速曲线以及磁通、输出电压曲线



降容

环境温度对降容的影响

在40°C 时负荷能力是 100%

电机 0.7% / 1°C

传动 1% / 1°C



海拔高度对降容的影响

在海拔高度 1000m时 负荷能力是 100%

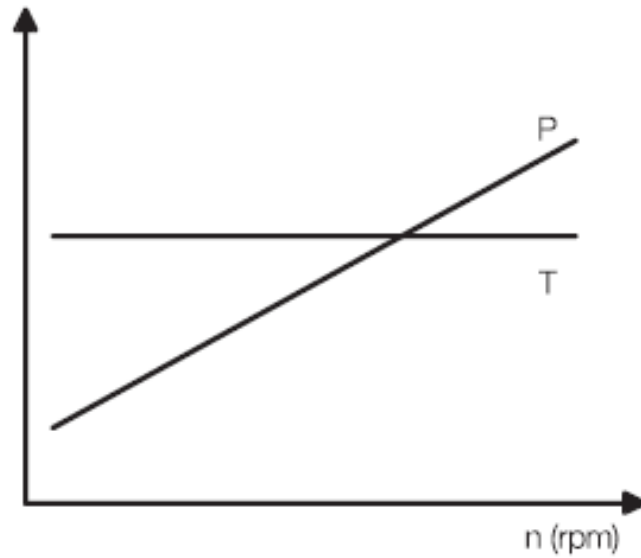
电机 0.8% / 100m over 1000m

传动 1% / 100m over 1000m



典型机械负载——恒转矩负载：

螺杆压缩机、喂料机、传送带等：负载转矩不变，负载功率线性增加。



典型机械负载——恒转矩负载：

螺杆压缩机、喂料机、传送带等：负载转矩不变，负载功率线性增加。

传送带、搅拌机、挤出机以及吊车、提升机等负载都属于恒转矩负载。

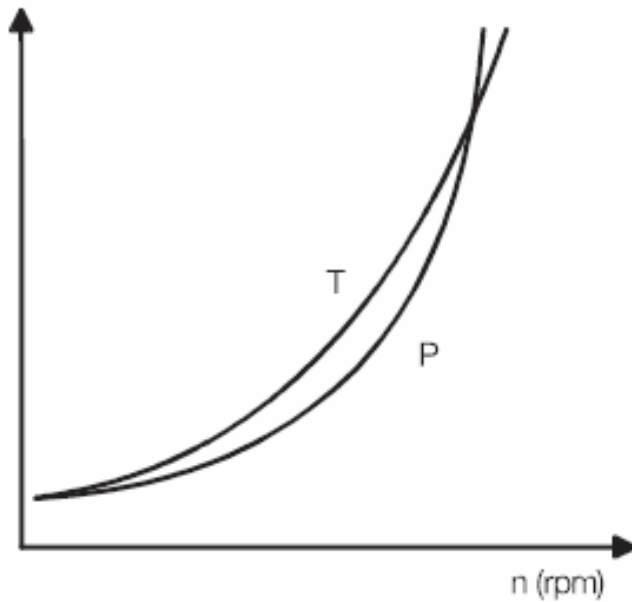
变频器拖动恒转矩性质的负载时，低速下的转矩要足够大，并且有足够的过载能力。

如果在低速情况下运行时，要考虑异步电动机的散热情况，避免电动机温升太高。



典型机械负载——平方转矩负载：

离心水泵、风机等：负载转矩平方增加，负载功率立方增加。



典型机械负载——平方转矩负载：

离心水泵、风机等：负载转矩平方增加，负载功率立方增加。

负载转矩与转速的平方成正比。

这种负载所需的功率与速度的立方成正比。最典型的如离心泵、离心风机。

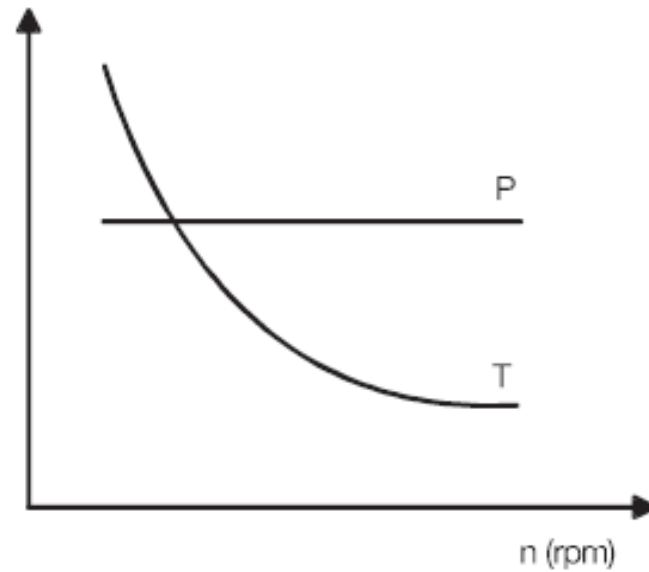
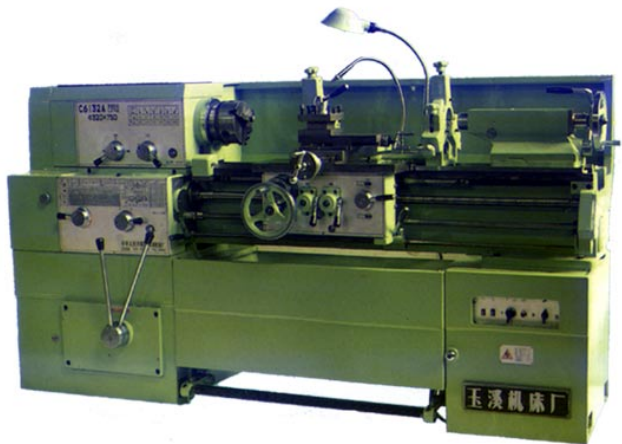
当所需流量、风量减少时，利用调速的方式来调节流量、风量，可以大幅度地节约电能。

但是此种负载通常不应超过工频运行。



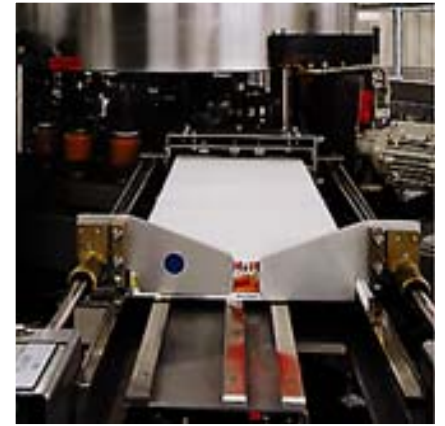
典型机械负载——恒功率负载：

收卷机、机床主轴等：负载转矩减小，负载功率不变。



典型机械负载——恒功率负载：

收卷机、机床主轴等：负载转矩减小，负载功率不变。



机床主轴、造纸机、卷取机、开卷机等要求转矩与转速成反比，而功率基本保持不变。

需指出的是，在低速运行时，受机械强度的限制，转矩不可能无限增大，负载还是转变为恒转矩类型。

电动机在恒磁通调速时，最大容许输出转矩不变，属于恒转矩调速；而在弱磁调速时，最大容许输出转矩与速度成反比，属于恒功率调速。

如果电动机的恒转矩和恒功率调速的范围与负载的恒转矩和恒功率范围一致时，即所谓“匹配”的情况下，电动机的容量与变频器的容量均最小。

Load Examples	负载例举	总惯性矩/ 电机惯性 矩	启动转矩/ 额定负载转 矩	负载归类
Centrifugal Fan	离心风机	15	10%	风机类负载
Centrifugal Pump	离心泵	1	20%	水泵类负载
Centrifuge	离心过滤（分离） 机	30	20%	风机类负载
Conveyor Belt	皮带输送机	10	40%	皮带运输类负载
Crusher	粉碎机	10	40%	碾轧类负载
Heat Pump	热泵	0.5	40%	水泵类负载
Lifting Equip	提升机	10	50%	碾轧类负载
Mill	碾磨（滚扎）机	15	100%	碾轧类负载
Piston Compressor	活塞式压缩机	1	100%	压缩机类负载
Scraper	切料机	10	100%	碾轧类负载
Screw Conveyor	螺旋式输送机	15	100%	皮带运输类负载
Stirrer	搅拌机	10	100%	碾轧类负载
Wire Drawing Machine	拉丝机	10	120%	压缩机类负载
Screw Compressor	螺旋式压缩机	1	120%	压缩机类负载

变压器的选择

变压器的视在功率

$$S_n = 1.2 \times \text{Sum}(1.1 \times P_{\text{motor}} - 0.9 \times P_{\text{gen}}) \quad \text{电动发电同时发生的情况}$$

系数 1.2 考虑到供电单元的效率和功率因数以及变压器的载荷能力和电压降落的影响

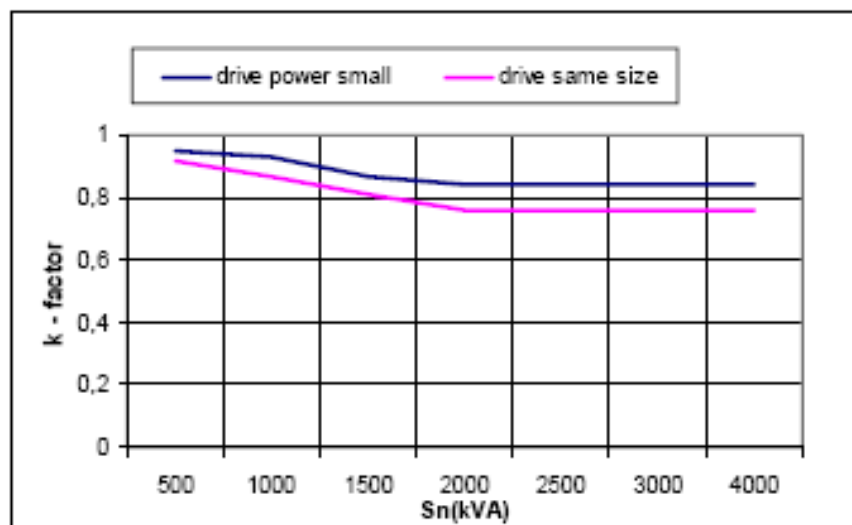
更简单的算法 $= 1.3 \times P_{\text{motor}}$ 如果没有发电

精确的公式

$$S_n \geq \frac{P_n}{h_m} \cdot \frac{1}{h_r} \cdot \frac{1}{k} \cdot \frac{1}{h_f} \cdot \frac{1}{\cos \alpha} \cdot \frac{1.05}{0.95}$$

Where:

- P_n = Total motor shaft power
- η_m = Motor efficiency (typically 0.95, 0.96 or 0.97)
- η_r = Incoming supply rectifier efficiency
- 1.05 = Supply transformer voltage drop
- 0.95 = Incoming supply rectifier factor
- η_f = Efficiency of an AC filter if present
- k = Transformer loadability
- α = Control angle of the incoming supply rectifier



K因子-变压器越大，选型时越要留更大的裕量

举例：

电动机的额定电流71A，若要求电动机在1.2倍额定速度时输出100%的额定转矩，计算此时的电动机电流（一般电动机可以输出2—3倍的额定转矩，但要注意过载散热）。

计算：

$$i_m = \frac{T_{\text{load}}}{T_n} * \frac{n}{n_n} I_n = 1 * 1.2 * 71 = 85.2 \text{ A}$$

则变频器可以确定。



例子 - 平方转矩

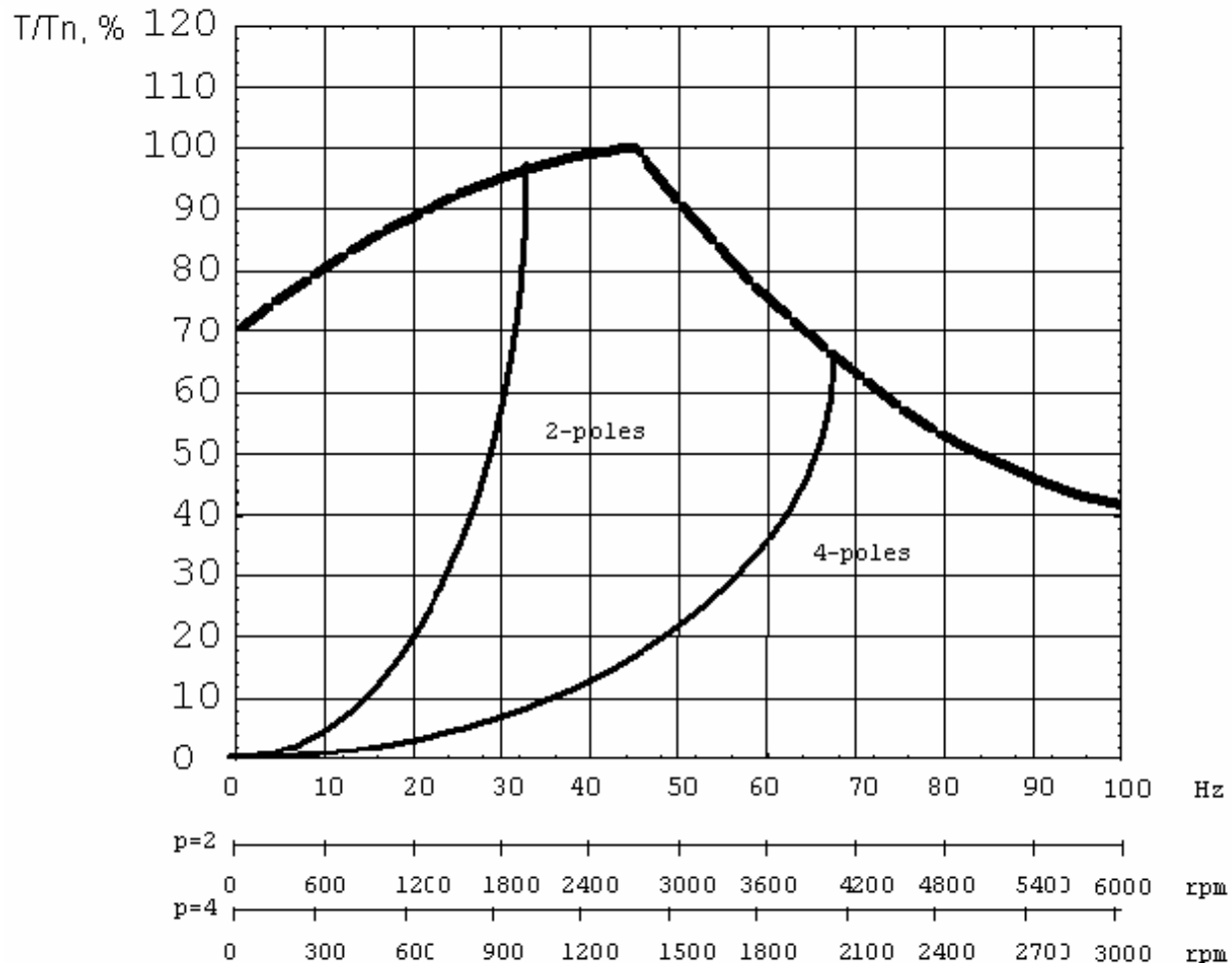
- 泵负荷是 150 kW 在 2000 rpm => 在 2000 rpm 转矩 $T = (9550 \cdot 150) / 2000 = 716 \text{ Nm}$

二种选择:

2极电机

或者

4极电机



2极电机和4极电机带动同一个泵时，其泵输出特性曲线与电机输出特性曲线

若选则2极电机———

- 在 2000 rpm 负荷能力是97%. 因此额定转矩 $T_n > 716 / 0.97 \text{ Nm} = 738 \text{ Nm}$.
- 相应的额定功率 $P_n > (738 * 3000) / 9550 = 232 \text{ kW}$
- 根据上面的计算可选则功率 P_n 大一些的电机
- M3PB 355SMA2 250 kW ($I_n = 425 \text{ A}$, $T_n = 800 \text{ Nm}$)
- 估算的电机电流 $i_m = (T_{\text{load}} / T_n) * I_n = 380 \text{ A}$

则可以确定变频器：ACS800-04-0260-3 ($I_{\text{contmax}}=445\text{A}$)

若选则4极电机———

- 在2000 rpm负荷能力是67%. 因此额定转矩 $T_n > 716 / 0.67 \text{ Nm} = 1069 \text{ Nm}$.
- 相应的额定功率 $P_n > (1069 * 1500) / 9550 = 167 \text{ kW}$
- 根据上面的计算可选则功率 P_n 大一些的电机
- M3PB 315SMLA4 200 kW ($I_n = 351 \text{ A}$, $T_n = 1285 \text{ Nm}$)
- 近似的电机电流 $i_m = (P_{\text{load}} / P_n) * I_n / 0,92 = 286 \text{ A}$

则可以确定变频器：ACS800-04-0210-3 ($I_{\text{contmax}}=289\text{A}$)

例子- 恒转矩

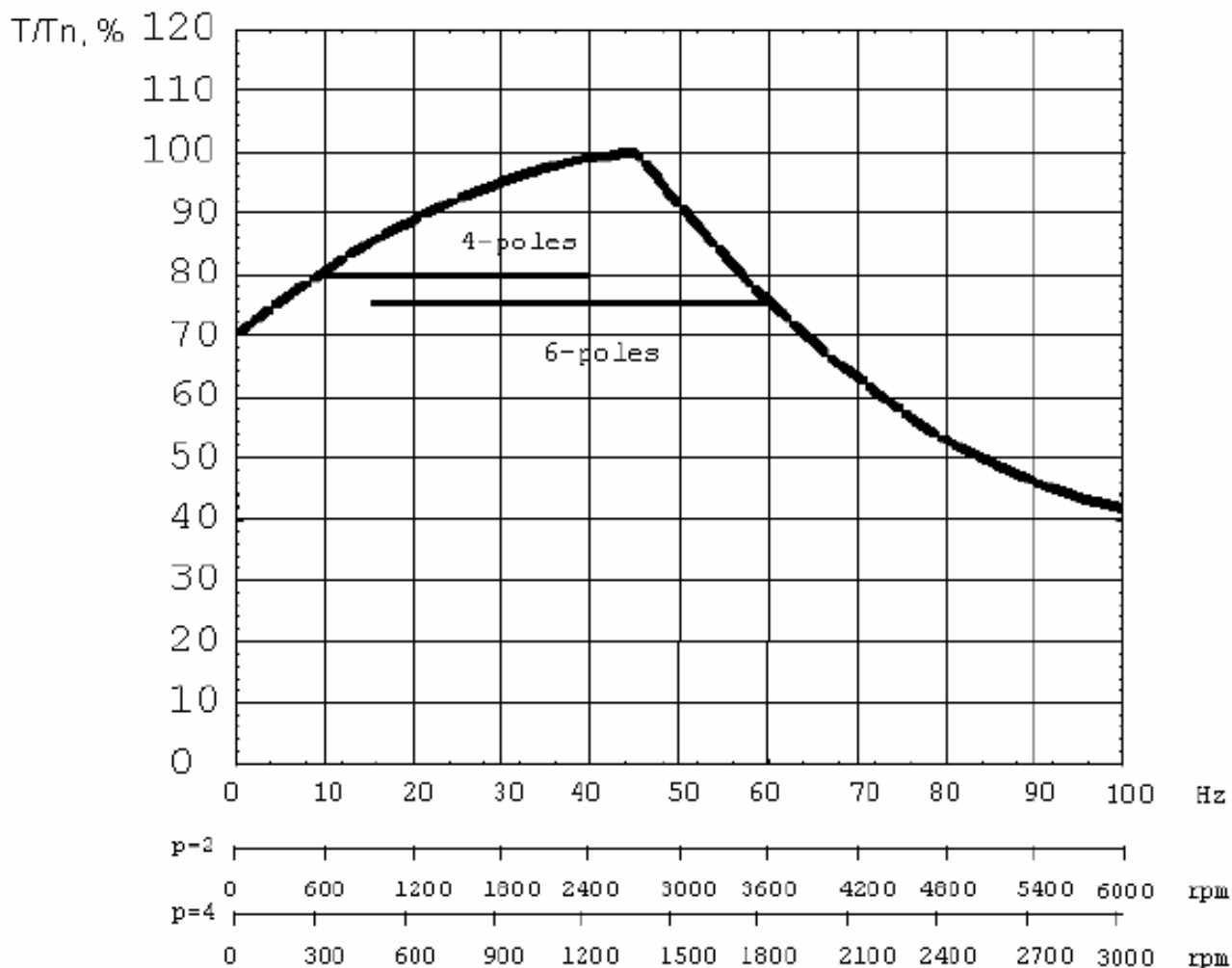
- 挤压机速度范围是300-1200 rpm，在1200 rpm 的负载是 49 kW => 需要的恒定转矩 $T = (9550 \cdot 49) / 1200 = 390 \text{ Nm}$

二种选择:

4极电机

或者

6极电机



若选则4极电机———

- 在 300 rpm 负荷能力是 80%.因此额定转矩 $T_n > 390 / 0.8 \text{ Nm} = 488 \text{ Nm}$.
- 相应的额定功率 $P_n > (488 * 1500) / 9550 = 77 \text{ kW}$
- 根据上面的计算可选则功率 P_n 大一些的电机
M3AA 280SMA4 90 kW ($I_n = 157 \text{ A}$, $T_n = 583 \text{ Nm}$)
- 近似的电机电流 $i_m = (T_{\text{load}} / T_n) * I_n = 105 \text{ A}$

则可以确定变频器：ACS800-01-0070-3 ($I_{\text{contmax}}=132\text{A}$)

若选则6极电机———

- 在 300 & 1200 rpm 负荷能力是75%.因此额定转矩 $T_n > 390 / 0.75 \text{ Nm} = 520 \text{ Nm}$.
- 相应的额定功率 $P_n > (520 * 1000) / 9550 = 54 \text{ kW}$
- 根据上面的计算可选则功率 P_n 大一些的电机
M3BP 280SMB6 55 kW ($I_n = 101 \text{ A}$, $T_n = 531 \text{ Nm}$)
- 近似的电机电流 $i_m = (P_{\text{load}} / P_n) * I_n / 0,92 = 96 \text{ A}$

则可以确定变频器：ACS800-01-0060-3 ($I_{\text{contmax}}=103\text{A}$)