

慣性モーメント・GD²

■慣性モーメント・GD²と始動時間

相手機械を完全に始動させるためには、始動トルクが負荷トルクより十分に大きく、また動き始めてから全負荷速度に達するまでの間もモータトルクが常に負荷トルクを上回っていなければなりません。

始動期間中のモータトルクと負荷トルクとの差が加速トルクで、平均加速トルクを \bar{T}_a (N・m, kgf・m) とすると回転速度 n (r/min) までの始動時間 t_s (s) は、慣性モーメント又はGD²を用いて次式で計算されます。

$$t_s = \frac{(J_M + J_C + J_L) \cdot n}{9.55 \cdot \bar{T}_a} \quad (S)$$

$$t_s = \frac{(GD_M^2 + GD_C^2 + GD_L^2) \cdot n}{375 \cdot \bar{T}_a} \quad (S)$$

ただし、 J_M : モータ (ブレーキドラムを含む) の慣性モーメント (kg・m²)

J_C : サイクロ減速機の慣性モーメント (kg・m²)

J_L : モータ軸に換算した相手機械 (カップリング、プーリを含む) の慣性モーメント (kg・m²)

GD_M^2 : モータ (ブレーキドラムを含む) のGD² (kgf・m²)

GD_C^2 : サイクロ減速機のGD² (kgf・m²)

GD_L^2 : モータ軸に換算した相手機械 (カップリング、プーリを含む) のGD² (kgf・m²)

平均加速トルク \bar{T}_a

ここで平均トルクとは、右図のようにモータトルクと負荷トルクとの差すなわち負荷を加速させるための実際のトルクの平均値のことをいい、始動時間を求めるには、このモータトルク曲線と負荷トルク曲線が必要です。しかしこの方法では、平均加速トルクを求めるのは非常に困難であるため実際の負荷時の平均加速トルクは次のようにして計算します。

全電圧始動の場合、始動期間中の平均加速トルク \bar{T}_a [N・m, kgf・m] は、次式で概略計算されます。

$$\bar{T}_a \approx 0.8 \left(\frac{T_s + T_m}{2} \right) - \bar{T}_L \quad (N \cdot m, \text{kgf} \cdot m)$$

また、始動期間中の平均負荷トルク \bar{T}_L (N・m, kgf・m) は、モータ全負荷トルクを T_L (N・m, kgf・m) とすると、大体次のように考えられます。

定トルク負荷の場合・・・・・・・・・・ $\bar{T}_L \approx T_L$ (N・m, kgf・m)

二乗低減トルク負荷の場合・・・・・・・・・・ $\bar{T}_L \approx 0.34T_L$ (N・m, kgf・m)

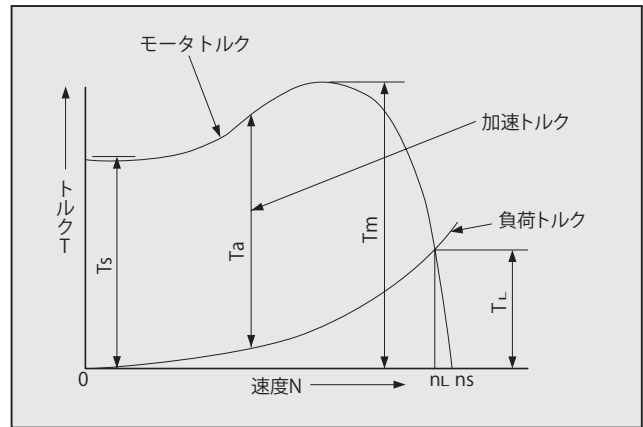


図 D5 トルク線図

- Ts : 始動トルク
- Tm : 最大トルク (停動トルク)
- Ta : 加速トルク
- T_L : 全負荷トルク
- ns : 同期回転速度
- nL : 全負荷回転速度

■慣性モーメントJの算出方法

(1) 回転体の慣性モーメント

回転軸が重心を通る場合		回転軸が重心を通らない場合	
	$J = \frac{1}{8} MD^2 \text{ [kg}\cdot\text{m}^2]$		$J = \frac{M}{4} \left(\frac{1}{2} D^2 + 4R^2 \right) \text{ [kg}\cdot\text{m}^2]$
	$J = \frac{1}{8} M (D^2 + d^2) \text{ [kg}\cdot\text{m}^2]$		$J = \frac{M}{4} \left(\frac{a^2 + b^2}{3} + 4R^2 \right) \text{ [kg}\cdot\text{m}^2]$
	$J = \frac{1}{12} M (a^2 + b^2) \text{ [kg}\cdot\text{m}^2]$		$J = \frac{1}{12} M (4L^2 + C^2) \text{ [kg}\cdot\text{m}^2]$

(2) 直線運動の慣性モーメント (負荷側軸における慣性モーメント)

一般用途		$J = \frac{M}{4} \left(\frac{V}{\pi \cdot N_s} \right)^2 = \frac{M}{4} D^2 \text{ [kg}\cdot\text{m}^2]$
コンベアによる水平運動		$J = \frac{1}{4} \left(\frac{M_1 + M_2}{2} + M_3 + M_4 \right) \times D^2 \text{ [kg}\cdot\text{m}^2]$
リードネジによる水平運動		$J = \frac{M}{4} \left(\frac{V}{\pi \cdot N_s} \right)^2 = \frac{M}{4} \left(\frac{P}{\pi} \right)^2 \text{ [kg}\cdot\text{m}^2]$
巻き上げ機による上下運動		$J = \frac{M_1 D^2}{4} + \frac{1}{8} M_2 D^2 \text{ [kg}\cdot\text{m}^2]$


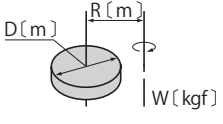
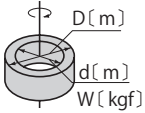
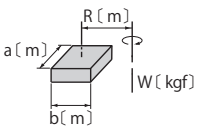
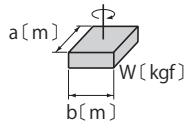
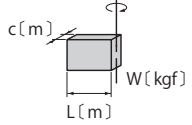
(3) モータ軸 (入力軸) への換算

	$J_L = \left(\frac{N_{s2}}{N_{s1}} \right)^2 J_R = \left(\frac{1}{Z} \right)^2 J_R$
<p>モータ軸 (入力軸) $N_{s1} (r/min)$</p> <p>負荷側軸 $N_{s2} (r/min)$</p> <p>負荷の慣性モーメント J_R</p>	<p>Z: 総減速比</p>

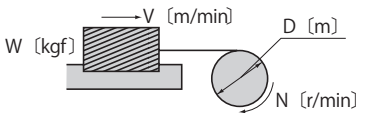
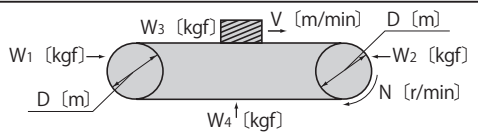
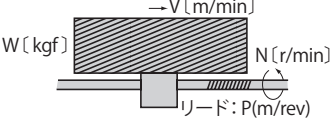
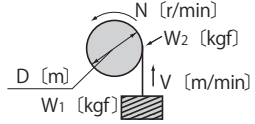
慣性モーメント・GD²

GD²の算出方法

(1) 回転体のGD²

回転軸が重心を通る場合		回転軸が重心を通らない場合	
	$GD^2 = \frac{1}{2} WD^2$ [kgf・m ²]		$GD^2 = W \left(\frac{1}{2} D^2 + 4R^2 \right)$ [kgf・m ²]
	$GD^2 = \frac{1}{2} W (D^2 + d^2)$ [kgf・m ²]		$GD^2 = W \left(\frac{a^2 + b^2}{3} + 4R^2 \right)$ [kgf・m ²]
	$GD^2 = \frac{1}{3} W (a^2 + b^2)$ [kgf・m ²]		$GD^2 = \frac{1}{3} W (4L^2 + C^2)$ [kgf・m ²]

(2) 直線運動のGD² (負荷側軸におけるGD²)

一般用途		$GD^2 = W \left(\frac{V}{\pi \cdot N} \right)^2 = WD^2$ [kgf・m ²]
コンベアによる水平運動		$GD^2 = \left(\frac{W_1 + W_2}{2} + W_3 + W_4 \right) \times D^2$ [kgf・m ²]
リードネジによる水平運動		$GD^2 = W \left(\frac{V}{\pi \cdot N} \right)^2 = W \left(\frac{P}{\pi} \right)^2$ [kgf・m ²]
巻き上げ機による上下運動		$GD^2 = W_1 D^2 + \frac{1}{2} W_2 D^2$ [kgf・m ²]

(3) モータ軸 (入力軸) への換算

	$GD_t^2 = \left(\frac{N_2}{N_1} \right)^2 GD^2 = \left(\frac{1}{Z} \right)^2 GD^2$
	Z: 総減速比

■ライタックス減速機の慣性モーメント・GD²

ライタックス減速機のモータ軸における慣性モーメントおよびGD²を示します。

表 D9 ライタックス減速機のモータ軸における慣性モーメント J・GD²

減速比 枠番	10		12		15		20	
	J [kg・m ²]	GD ² [kg・m ²]	J [kg・m ²]	GD ² [kg・m ²]	J [kg・m ²]	GD ² [kg・m ²]	J [kg・m ²]	GD ² [kg・m ²]
72	0.00176	0.00703	0.00121	0.00483	0.000805	0.00322	0.000740	0.00296
82	0.00308	0.0123	0.00235	0.00938	0.00164	0.00657	0.00154	0.00616
92、95	0.00755	0.0302	0.00565	0.0226	0.00380	0.0152	0.00258	0.0103
102、105	0.0168	0.0372	0.0123	0.0490	0.00890	0.0356	0.00585	0.0234
112、115	0.0224	0.0894	0.0158	0.0631	0.0112	0.0449	0.00718	0.0287

減速比 枠番	25		30		40	
	J [kg・m ²]	GD ² [kg・m ²]	J [kg・m ²]	GD ² [kg・m ²]	J [kg・m ²]	GD ² [kg・m ²]
72	0.00112	0.00447	0.000800	0.00320	0.000558	0.00223
82	0.00199	0.00794	0.00156	0.00622	0.00115	0.00461
92、95	0.00368	0.0147	0.00283	0.0113	0.00201	0.00804
102、105	0.00838	0.0335	0.00680	0.0272	0.00468	0.0187
112、115	0.0100	0.0401	0.00798	0.0319	0.00533	0.0213

減速比 枠番	50		60		80	
	J [kg・m ²]	GD ² [kg・m ²]	J [kg・m ²]	GD ² [kg・m ²]	J [kg・m ²]	GD ² [kg・m ²]
72	0.000458	0.00183	0.000358	0.00143	0.000231	0.000923
82	0.00081	0.00324	0.000640	0.00256	0.000385	0.00154
92、95	0.00141	0.00564	0.00109	0.00437	0.000690	0.00276
102、105	0.00333	0.0133	0.00236	0.00944	0.00158	0.00633
112、115	0.00375	0.0150	0.00263	0.0105	0.00174	0.00695

減速比 枠番	100		120	
	J [kg・m ²]	GD ² [kg・m ²]	J [kg・m ²]	GD ² [kg・m ²]
72	0.000158	0.000633	0.000128	0.000510
82	0.000290	0.00116	0.000233	0.000930
92、95	0.000495	0.00198	0.000388	0.00155
102、105	0.00118	0.00471	0.000845	0.00338
112、115	0.00128	0.00512	0.000913	0.00365

減速比 枠番	170		200		235		265	
	J [kg・m ²]	GD ² [kg・m ²]	J [kg・m ²]	GD ² [kg・m ²]	J [kg・m ²]	GD ² [kg・m ²]	J [kg・m ²]	GD ² [kg・m ²]
72DA	0.0000773	0.000309	0.0000755	0.000302	0.0000745	0.000298	0.0000778	0.000311
82DA	0.000205	0.000820	0.000151	0.000604	0.000145	0.000580	0.000127	0.000509
92DA	0.000213	0.000852	0.000201	0.000805	0.000194	0.000775	0.000144	0.000577
102DA	0.000375	0.00150	0.000350	0.00140	0.000335	0.00134	0.000325	0.00130
112DA	0.000738	0.00295	0.000705	0.00282	0.000355	0.00142	0.000340	0.00136

減速比 枠番	330		390		450		545	
	J [kg・m ²]	GD ² [kg・m ²]	J [kg・m ²]	GD ² [kg・m ²]	J [kg・m ²]	GD ² [kg・m ²]	J [kg・m ²]	GD ² [kg・m ²]
72DA	0.0000755	0.000302	0.0000495	0.000198	0.0000488	0.000195	0.0000480	0.000192
82DA	0.000123	0.000790	0.000120	0.000479	0.000118	0.000472	0.000111	0.000442
92DA	0.000138	0.000553	0.000121	0.000485	0.000119	0.000477	0.000118	0.000470
102DA	0.000313	0.00125	0.000211	0.000844	0.000207	0.000828	0.000188	0.000751
112DA	0.000323	0.00129	0.000313	0.00125	0.000308	0.00123	0.000207	0.000826

- 注) 1. 表 D9 にはモータの慣性モーメント・GD²は含まれていません。
 2. モータ直結形の慣性モーメント・GD²は本表の値にモータの慣性モーメント・GD² (表 D10 ~ D13) を加算して求めてください。
 3. 減速比 670 以上の慣性モーメント・GD² はご照会ください。
 4. 上表の数値は予告なしに変更する事があります。

慣性モーメント・GD²

■モータの慣性モーメント・GD²

表 D10 三相モータの慣性モーメント・GD²

[4P モータ] 単位: J_M (慣性モーメント) (× kg·m²) GD_M² (× kgf·m²)

kW × P	0.4kW × 4P		0.55kW × 4P	
	J _M	GD _M ²	J _M	GD _M ²
ブレーキ無	0.000650	0.0026	0.00101	0.0041
ブレーキ付	0.000675	0.0027	0.00111	0.0045

表 D11 プレミアム効率三相モータの慣性モーメント・GD²

[4P モータ] 単位: J_M (慣性モーメント) (× kg·m²) GD_M² (× kgf·m²)

kW × P	0.75kW × 4P		1.1kW × 4P		1.5kW × 4P		2.2kW × 4P		3.0kW × 4P		3.7kW × 4P		5.5kW × 4P	
	J _M	GD _M ²	J _M	GD _M ²	J _M	GD _M ²	J _M	GD _M ²	J _M	GD _M ²	J _M	GD _M ²	J _M	GD _M ²
ブレーキ無	0.00235	0.00942	0.00337	0.0135	0.00391	0.0156	0.00880	0.0352	0.0100	0.0400	0.0194	0.0777	0.0291	0.116
ブレーキ付	0.00258	0.0103	0.00396	0.0158	0.00450	0.0180	0.00978	0.0391	0.0110	0.0440	0.0209	0.0835	0.0306	0.122

kW × P	7.5kW × 4P		11kW × 4P		15kW × 4P		18.5kW × 4P		22kW × 4P		30kW × 4P		37kW × 4P	
	J _M	GD _M ²	J _M	GD _M ²	J _M	GD _M ²	J _M	GD _M ²	J _M	GD _M ²	J _M	GD _M ²	J _M	GD _M ²
ブレーキ無	0.0409	0.164	0.0561	0.224	0.0995	0.398	0.256	1.02	0.256	1.02	0.326	1.31	0.390	1.56
ブレーキ付	0.0450	0.180	0.0602	0.241	0.115	0.460	0.271	1.08	0.271	1.08	0.342	1.37	0.404	1.62

kW × P	45kW × 4P	
	J _M	GD _M ²
ブレーキ無	0.731	2.92
ブレーキ付	0.745	2.98

表 D12 インバータ用 AF モータの慣性モーメント・GD²

[4P モータ] 単位: J_M (慣性モーメント) (× kg·m²) GD_M² (× kgf·m²)

kW × P	0.4kW × 4P	
	J _M	GD _M ²
ブレーキ無	0.00120	0.0048
ブレーキ付	0.00130	0.0052

表 D13 インバータ用プレミアム効率三相モータの慣性モーメント・GD²

[4P モータ] 単位: J_M (慣性モーメント) (× kg·m²) GD_M² (× kgf·m²)

kW × P	0.75kW × 4P		1.5kW × 4P		2.2kW × 4P		3.7kW × 4P		5.5kW × 4P		7.5kW × 4P		11kW × 4P	
	J _M	GD _M ²	J _M	GD _M ²	J _M	GD _M ²	J _M	GD _M ²	J _M	GD _M ²	J _M	GD _M ²	J _M	GD _M ²
ブレーキ無	0.00235	0.00942	0.00391	0.0156	0.00880	0.0352	0.0194	0.0777	0.0291	0.116	0.0409	0.164	0.0561	0.224
ブレーキ付	0.00258	0.0103	0.00450	0.0180	0.00978	0.0391	0.0209	0.0835	0.0306	0.122	0.0450	0.180	0.0602	0.241

kW × P	15kW × 4P		18.5kW × 4P		22kW × 4P		30kW × 4P		37kW × 4P		45kW × 4P	
	J _M	GD _M ²	J _M	GD _M ²	J _M	GD _M ²	J _M	GD _M ²	J _M	GD _M ²	J _M	GD _M ²
ブレーキ無	0.0995	0.398	0.256	1.02	0.256	1.02	0.326	1.31	0.390	1.56	0.731	2.92
ブレーキ付	0.115	0.460	0.271	1.08	0.271	1.08	0.342	1.37	0.404	1.62	0.745	2.98