

In order to determine the dimensions of an INDEX DRIVE suitable for meeting the needs of a specific application, it is necessary to calculate the peak torque required by the intermittent motion system involved.

4.1 - SYMBOLS, UNITS OF MEASUREMENT, DESCRIPTION

a_{max}	[rad/s ²]	Peak angular acceleration of output shaft.
B	[deg]	Index period (see catalogue values)
B_p	[deg]	Dwell period.
C_a	--	Acceleration factor (see catalogue values).
C_d	--	Life factor (see table 2).
C_v	--	Velocity factor (see catalogue values)
G_F	[daN]	Strength of weight force.
F_L	[daN]	Strength of tangential forces during indexing.
F_p	[daN]	Strength of tangential forces during dwell.
i	--	S/S1 Transmission ratio.
l	[m]	Centre distance of CF3 INDEX DRIVE shafts (see catalogue values)
l_s	[m]	Centre distance of workstations.
J_i	[kg•m ²]	Equivalent moment of inertia of a body, referred to the output shaft (table 1).
J_A	[kg•m ²]	Internal moment of inertia of output shaft (tab. 3).
J_T	[kg•m ²]	ΣJ_i Total equivalent moment of inertia relating to output shaft.
K	--	Cam shaft torque factor due to inertia at output (see catalogue values)
M_D	[daN•m]	Total dynamic torque applied to the output.
M_e	[daN•m]	Cam shaft torque.
M_i	[daN•m]	Internal dynamic torque of output shaft
M_j	[daN•m]	Inertia torque at the output.
M_F	[daN•m]	Friction torque at the output.
M_L	[daN•m]	Torque due to external forces.
M_p	[daN•m]	Torque due to external forces during dwell.
M_v	[daN•m]	Max torque applied to the output.
N	[kW]	Peak input power during the index period.
n_e	[rpm]	Rotation speed of input shaft.
n_u	[index/min]	
r_F	[m]	Friction force radius.
r_L	[m]	External forces radius during indexing.
r_p	[m]	External forces radius during dwell.
S	--	Number of stops of CF3 INDEX DRIVE (see catalogue values).
S_1	--	Number of stations of the indexed part.
t	[s]	Total cycle time (t_1+t_2).
t_1	[s]	Index time.
t_2	[s]	Dwell time.
w_{MAX}	[rad/s]	Peak angular velocity of output shaft.
μ	--	Coefficient of friction.
m	[kg]	Mass.

4.2 - RELATIONSHIP BETWEEN CYCLE TIMES AND SPEED

The transfer and dwell time are normally data specific to the application, and determine the total time of the operational cycle and the number of revolutions of the input shaft. The choice of these two times can be made on the basis of two different application criteria.

- If the input shaft is to rotate continuously, the times selected must be such that their ratio is compatible with the values of index period B specified in the catalogues. The following equations should be true:

$$\frac{t_1}{t_2} = \frac{B}{360^\circ - B} \quad B = \frac{360^\circ \cdot t_1}{t_1 + t_2} \quad (1)$$

$$t_1 = \frac{B \cdot t_2}{360^\circ - B} \quad t_2 = \frac{(360^\circ - B) \cdot t_1}{B} \quad (2)$$

- If the input shaft is to rotate intermittently, or the dwell time required is much longer than the index time and their ratio does not fall within the standard values, or the drive is required to work on an enable mechanism, take the highest of the values in the catalogue for index period B in correspondence with the number of stations selected and fix index time "t₁" (in seconds) which is to be used for effecting transfers from one station to the next. In this case, dwell time "t₂" will be independent of index time "t₁". This will give a dwell period $B_p = 360^\circ - B$ on the cam, within which the motor drive can be stopped with the guarantee that the index drive output shaft is stationary in the station.

In both cases the number of cycles per min. effected by the index drive, assuming that the input shaft revolves continuously, is given by the equation:

$$n_u = \frac{B}{t_1 \cdot 6} \quad [\text{index/min.}] \quad (3)$$

The number of revolutions of the input shaft is given by the equation:

- For 1/2/3/4 stops INDEX DRIVES

$$n_e = n_u \quad [\text{rpm}] \quad (4)$$

- For 6/8 stops INDEX DRIVES

$$n_e = \frac{n_u}{2} \quad [\text{rpm}] \quad (5)$$

4.3 - MAXIMUM ANGULAR VELOCITY AND ACCELERATION OF OUTPUT SHAFT

The peak angular velocity and acceleration values of the output shaft are essential elements in the study of certain applications, depending on the motion law adopted in the construction of the cams

- Peak angular velocity w_{max} [rad/s]

$$w_{MAX} = Cv \frac{12 \pi n_u}{S B} \quad [\text{rad/s}] \quad (6)$$



- Accelerazione angolare massima a_{max} [rad/s²]

$$a_{MAX} = Ca \cdot \frac{72 \pi n_u^2}{S B^2} \quad [\text{rad/s}^2] \quad (7)$$

4.4 - MOMENTO TORCENTE DOVUTO ALL'INERZIA M_J

Questo è il momento torcente richiesto per accelerare e decelerare gli organi a moto intermittente del sistema, generalmente è l'elemento determinante al dimensionamento dell'INTERMITTORE.

$$M_J = J_T \cdot Ca \cdot \frac{0.628}{S \cdot t_1^2} \quad [\text{daN}\cdot\text{m}] \quad (8)$$

NB: Alcuni esempi di calcolo del momento d'inerzia di massa J [Kg·m²] sono riportati in tabella 1.

4.5 - MOMENTO TORCENTE DOVUTO ALL'ATTRITO M_F

Questo è il momento torcente necessario a vincere le forze d'attrito del sistema a moto intermittente, esso dipende: dalle masse, dal raggio e dal coefficiente d'attrito dei supporti.

$$M_F = G_F \cdot r_F \cdot \mu \cdot i \quad [\text{daN}\cdot\text{m}] \quad (9)$$

4.6 - MOMENTO TORCENTE DOVUTO A FORZE ESTERNE M_L

Questo momento torcente è presente solamente in alcune applicazioni. È dovuto a forze esterne che si verificano o vengono applicate durante il periodo di spostamento ad esempio:

- Carichi sbilanciati che vengono mossi in opposizione alla forza di gravità.
- Applicazioni nelle quali i pezzi devono vincere la resistenza dell'aria o di un altro mezzo.
- Forze dovute a lavorazioni o a resistenze opposte da molle ecc.

In generale M_L comprende ogni momento torcente presente nel sistema a moto intermittente e diverso da M_J o M_F .

$$M_L = F_L \cdot r_L \cdot i \quad [\text{daN}\cdot\text{m}] \quad (10)$$

4.7 - MOMENTO TORCENTE DINAMICO TOTALE M_D

È la somma di tutti i momenti torcenti dinamici precedentemente calcolati e presenti nel sistema a moto intermittente.

$$M_D = M_J + M_F + M_L + \dots \quad [\text{daN}\cdot\text{m}] \quad (11)$$

4.8 - MOMENTO TORCENTE IN PAUSA M_P

In alcune applicazioni la massa di carichi sbilanciati o forze di lavoro applicate durante il periodo di pausa provocano un momento torcente che l'albero d'uscita dell'INTERMITTORE deve sopportare quando è fermo in stazione.

$$M_P = F_P \cdot r_P \cdot i \quad [\text{daN}\cdot\text{m}] \quad (12)$$

4.9 - DETERMINAZIONE DELLA GRANDEZZA DELL'INTERMITTORE

Calcolati i valori del momento torcente dinamico M_D e del momento torcente in pausa M_P poiché essi agiscono in periodi diversi del ciclo, per determinare la grandezza dell'INTERMITTORE assumeremo il maggiore dei due momenti torcenti e lo indicheremo con M_V .

$$M_V = \max(M_D; M_P) \quad [\text{daN}\cdot\text{m}] \quad (13)$$

I momenti torcenti in uscita M_u alle diverse velocità (cicli/1') applicabili agli INTERMITTORI e riportati nelle tabelle delle caratteristiche dei cataloghi tengono conto di una durata effettiva di 8000 [h]. Si dovrà quindi scegliere un INTERMITTORE che verifichi la relazione

$$M_u \geq M_V \cdot C_d \quad [\text{daN}\cdot\text{m}] \quad (14)$$

Il momento torcente statico M_s [daN·m] riportato nelle tabelle delle caratteristiche dei cataloghi, è il momento torcente limite che può essere applicato all'albero d'uscita dell'INTERMITTORE, nel tratto di pausa e a meccanismo fermo, senza che venga pregiudicato in seguito il buon funzionamento dell'INTERMITTORE stesso.

Una ulteriore verifica da effettuare, quando si prevede il calettamento diretto dell'INTERMITTORE CF3 all'albero intermittente della macchina è il rapporto che si viene a determinare tra il diametro su cui sono applicate le stazioni e l'interasse tra gli alberi dell'INTERMITTORE CF3 stesso. Il valore massimo consigliato di tale relazione, per applicazioni generiche è:

$$\frac{l_s}{l} \leq 4 \quad (15)$$

all'aumento del valore di questo rapporto diminuiscono proporzionalmente la rigidità della trasmissione e la precisione di posizionamento.

4.10 - MOMENTO TORCENTE RICHIESTO ALL'ENTRATA M_i

È il momento torcente nominale di picco che deve essere fornito all'albero d'entrata per vincere il momento torcente M_D richiesto all'uscita dai carichi dinamici compreso il momento torcente d'inerzia dell'albero d'uscita dell'INTERMITTORE stesso, che è dato dalla relazione

$$M_i = J_A \cdot C_a \cdot \frac{0.628}{S \cdot t_1^2} \quad [\text{daN}\cdot\text{m}] \quad (16)$$

Il momento torcente all'entrata deve essere utilizzato per dimensionare tutti gli organi in entrata aggiungendo eventuali momenti torcenti derivanti da altri carichi applicati all'albero d'entrata dell'INTERMITTORE.

$$M_e = (M_J + M_i) \cdot K + \frac{360}{S \cdot B} \cdot C_v \cdot (M_F + M_L) \quad [\text{daN}\cdot\text{m}] \quad (17)$$

4.11 - POTENZA RICHIESTA N

È la potenza richiesta per azionare il meccanismo. Gli INTERMITTORI richiedono la potenza massima solamente durante il tratto di accelerazione del ciclo, durante il tratto di decelerazione l'energia viene resa al sistema di motorizzazione. In pratica la potenza necessaria ad azionare il sistema a moto intermittente è molto spesso inferiore e giunge fino alla metà della potenza di picco che viene calcolata con le seguenti relazioni. Importante è che il sistema di motorizzazione abbia un effetto volano sufficiente ad impedire eccessive fluttuazioni della velocità durante tutto il periodo di spostamento.

$$N = \frac{M_e \cdot n_e}{974} \quad [\text{kW}] \quad (18)$$

