

台達電子



ЯК ВИБРАТИ СЕРВОСИСТЕМУ

Цільова аудиторія

Для користувачів, які цікавляться сервосистемою.

Перегляд презентації

Редакція: 28.10.2010

Основи вибору сервосистеми

Основна фізична формула, специфікація, профіль руху, максимальний крутний момент, середньоквадратичний крутний момент і регенеративна енергія

Приклад

Демонстрація того, як вибрати сервосистему

Delta ASDA MSizing

Допоміжне програмне забезпечення вибору сервоприводу Delta

■ Потужність і крутний момент

- Потужність: $P = T * \omega$ (потужність = крутний момент * кутова швидкість);

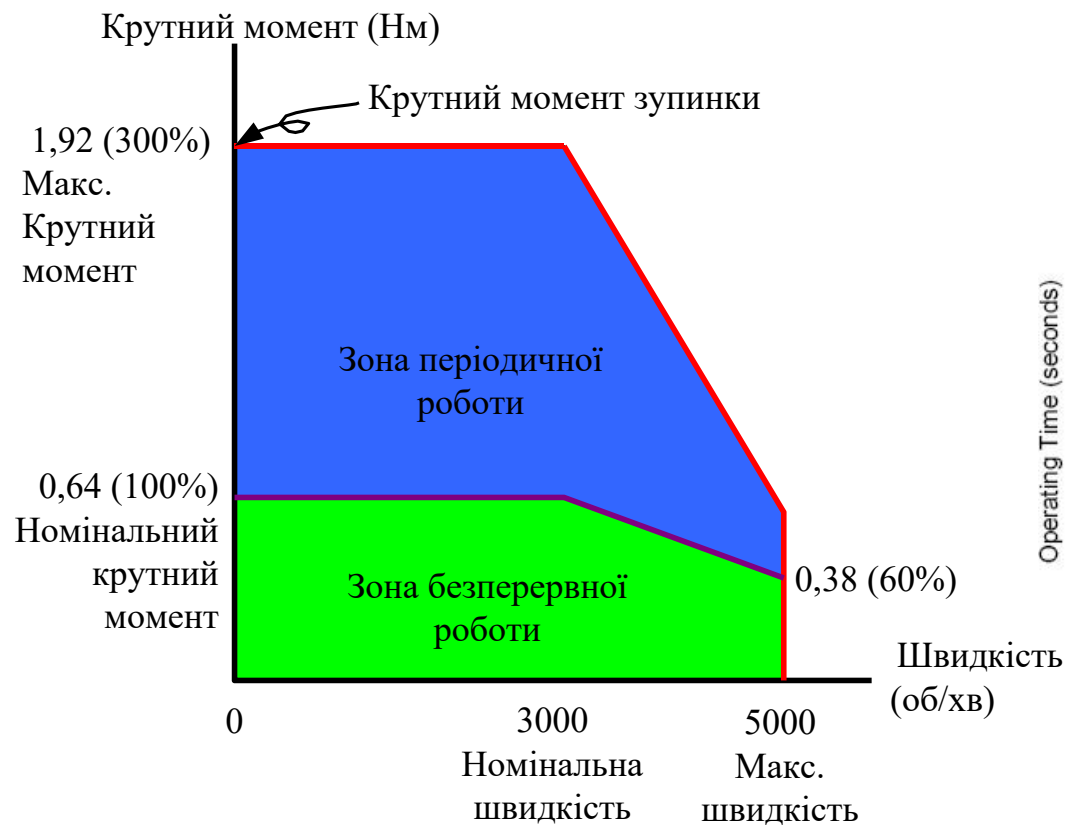
$$\text{Вт} = \text{Нм} * \text{рад/сек}$$

- Кутова швидкість: RPM (обертів за хвилину)
= 60 * RPS (обертів за секунду)
RPS * 2 π (радіан за секунду)

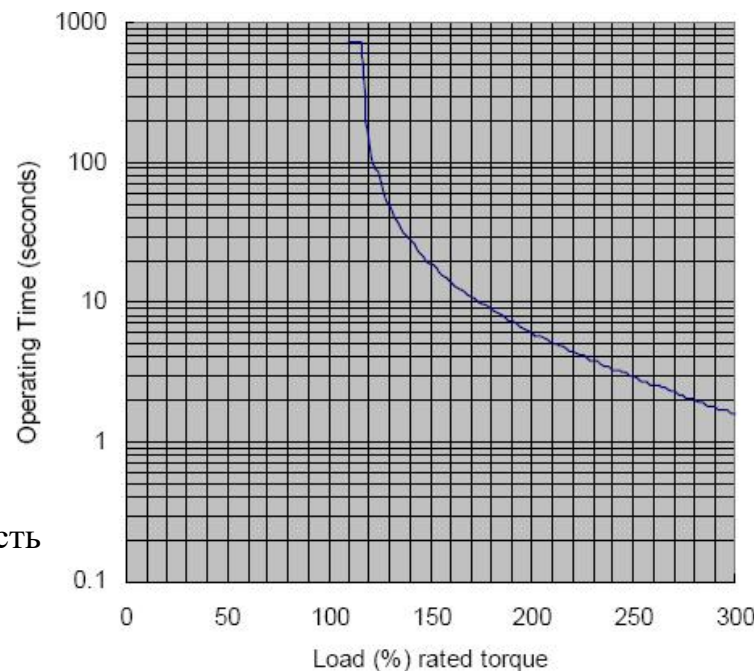
- Крутний момент: $T = I * \alpha$ (крутний момент = інерція * кутове прискорення);
 $\text{Нм} = \text{кг-м}^2 * \text{рад/сек}^2$

■ Технічні характеристики серводвигуна

- Крива швидкість-крутний момент представляє здатність двигуна.
- Як довго двигун може працювати в переривчастій зоні, визначається його «Графіком навантаження та часу роботи».



ESMA-C30602-S

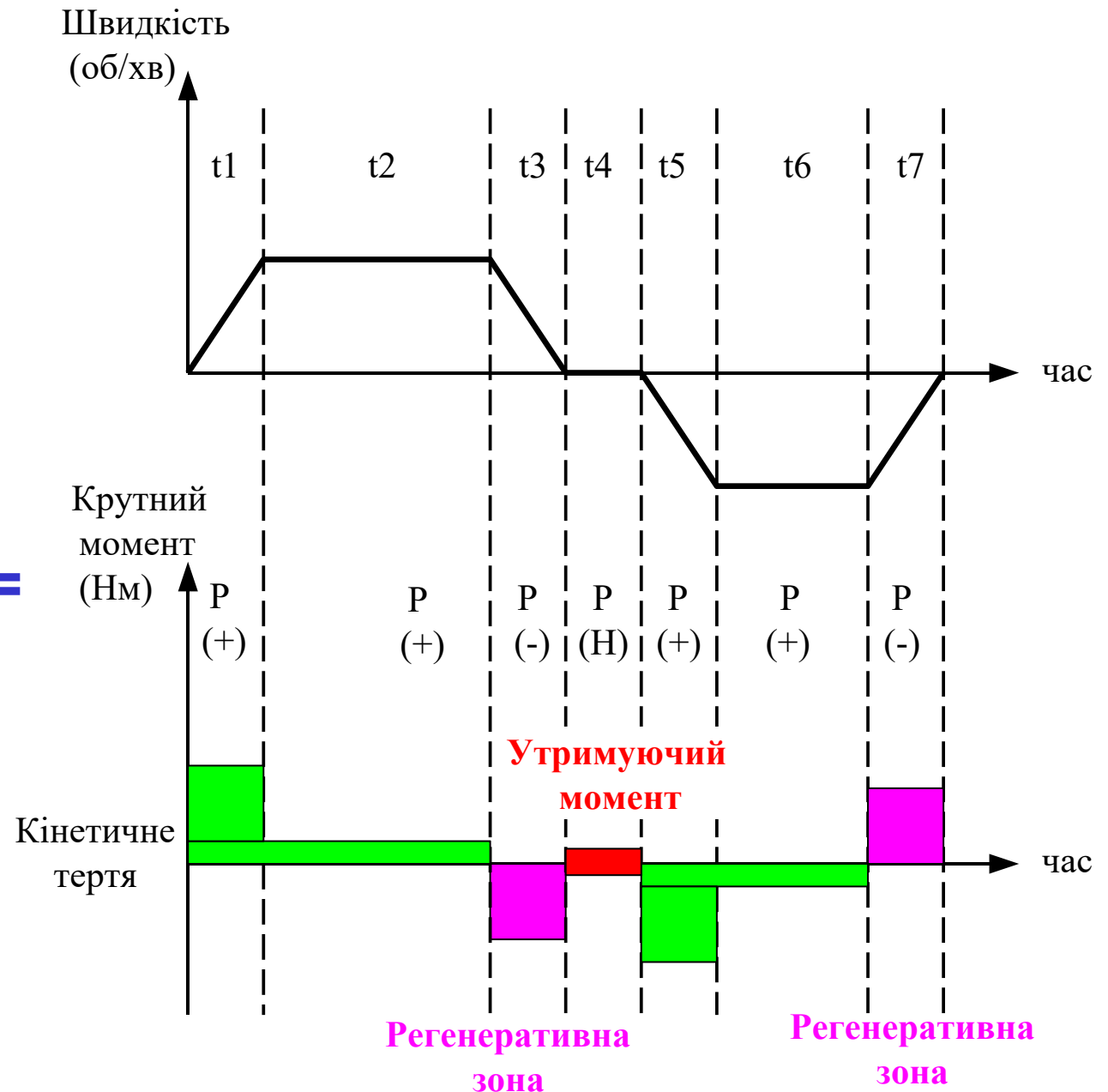


Load	Operating Time
120%	139.335s
140%	27.585s
160%	14.235s
180%	8.9625s
200%	6s
220%	4.4925s
240%	3.2925s
260%	2.58s
280%	2.07s
300%	1.6125s

Робочий цикл сервосистеми

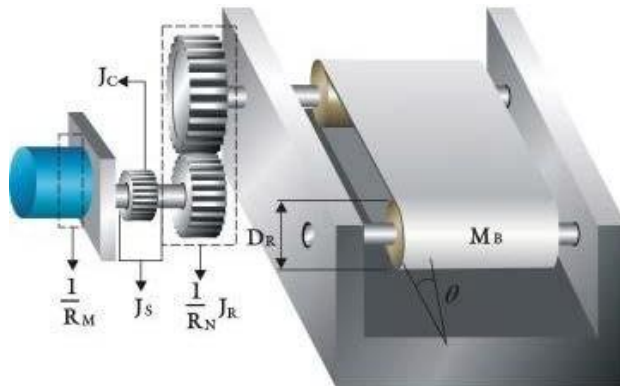
- Він позначає, як енергія перетворюється з електрики на кінетичну силу. Трапецієподібна крива є дуже типовим профілем руху.

- $P = T * \omega$ (Потужність = Крутний момент * Кутова швидкість).

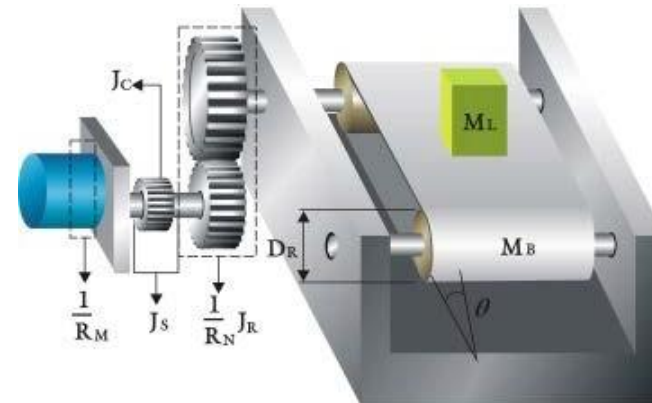


■ Інерція машини

- Для найгіршого сценарію необхідно спочатку знати інерцію механізму щодо валу двигуна.
- Найбільша швидкість, найкрутіше прискорення та макс. навантаження, додане для оцінки інерції, означає «найгірший сценарій».

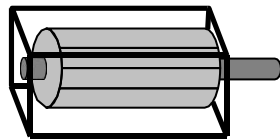


Машина працювала без навантаження

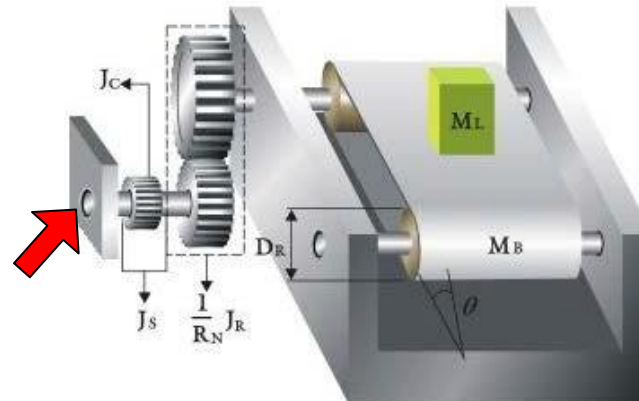


Машина працювала з максимальним навантаженням

- **Інерція сервомотора**
 - Необхідно врахувати інерцію ротора двигуна в інерцію системи, оскільки вона пов'язана з системою, щоб рухатися разом.
 - Ви можете знайти в Інтернеті або звернутися до інженерних книг для розрахунку інерції системи.

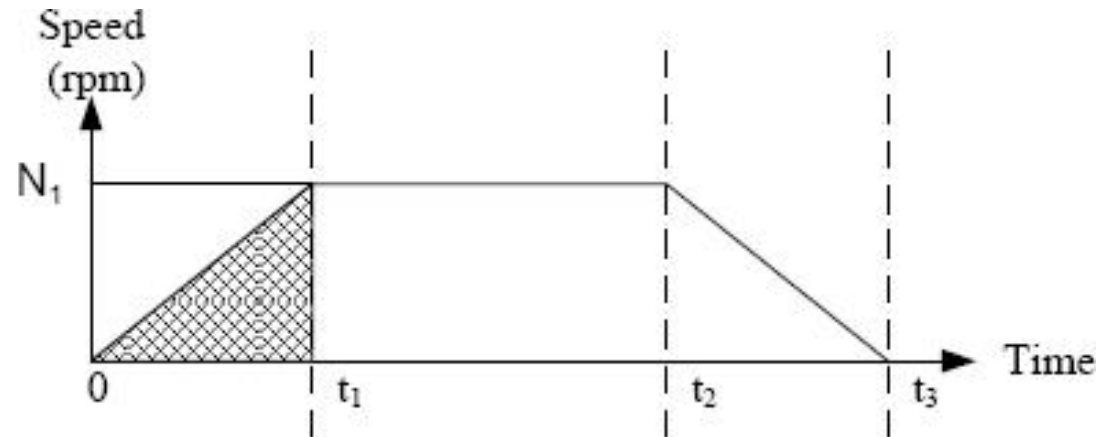


Інерційність
ротора



Інерція машини до валу
двигуна

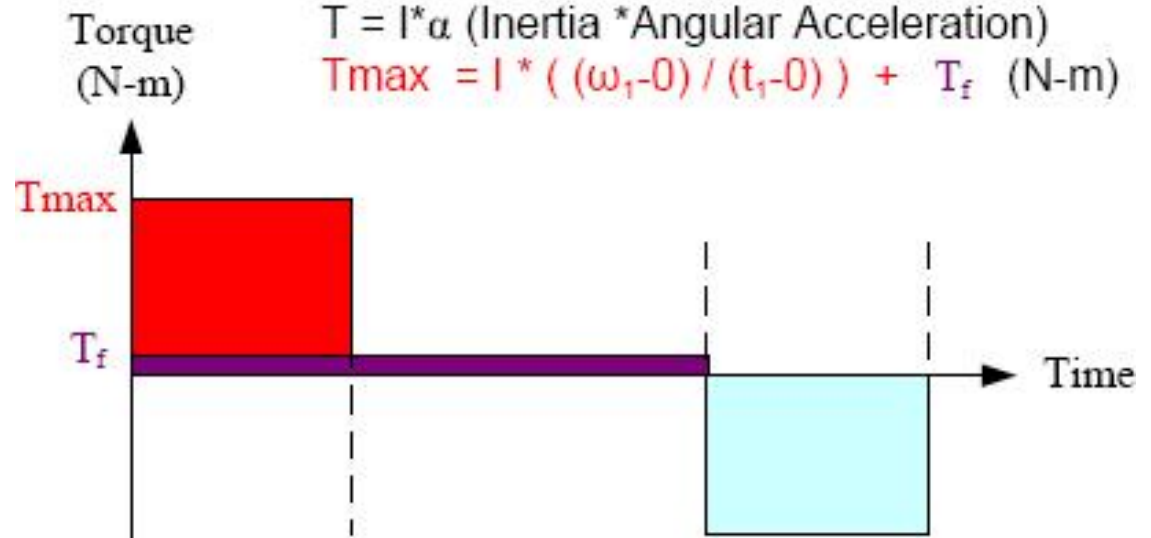
- Від профілю руху до кривої крутного моменту
- Максимальний крутний момент застосовується для перевірки переривчастої здатності серводвигуна.
- Крива крутного моменту може бути отримана з його профілю руху, що супроводжує інерцію руху.
- T_f означає кінетичне тертя.



$$\omega_1 \text{ (rad/s)} = N_1 \text{ (rpm)} / 60 * 2\pi$$

$$T = I * \alpha \text{ (Inertia * Angular Acceleration)}$$

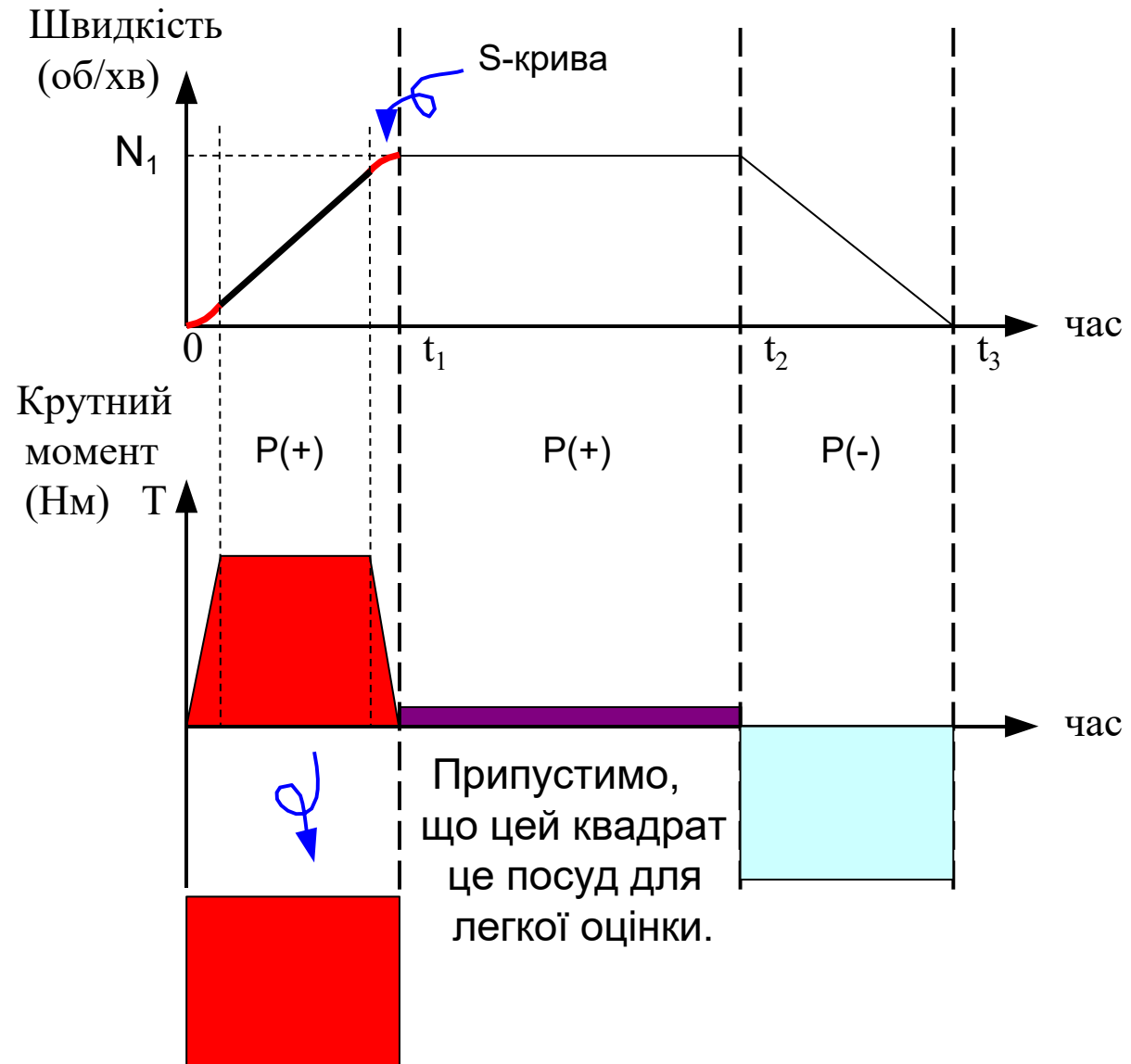
$$T_{max} = I * ((\omega_1 - 0) / (t_1 - 0)) + T_f \text{ (N-m)}$$



■ Спосіб

апроксимації

- Профіль швидкості використовує s-криву на обох кінцях, яка вийде трапецієподібною кривою крутного моменту. Розглядайте трапецієподібну криву крутного моменту як квадратну для зручності розрахунку.



- **Середньоквадратичне значення крутного моменту, що використовується для відповідності номінальному крутному моменту.**

- **Середньоквадратичний крутний момент – це зважений у часі середній крутний момент, який можна розглядати як довгостроковий середній крутний момент.**

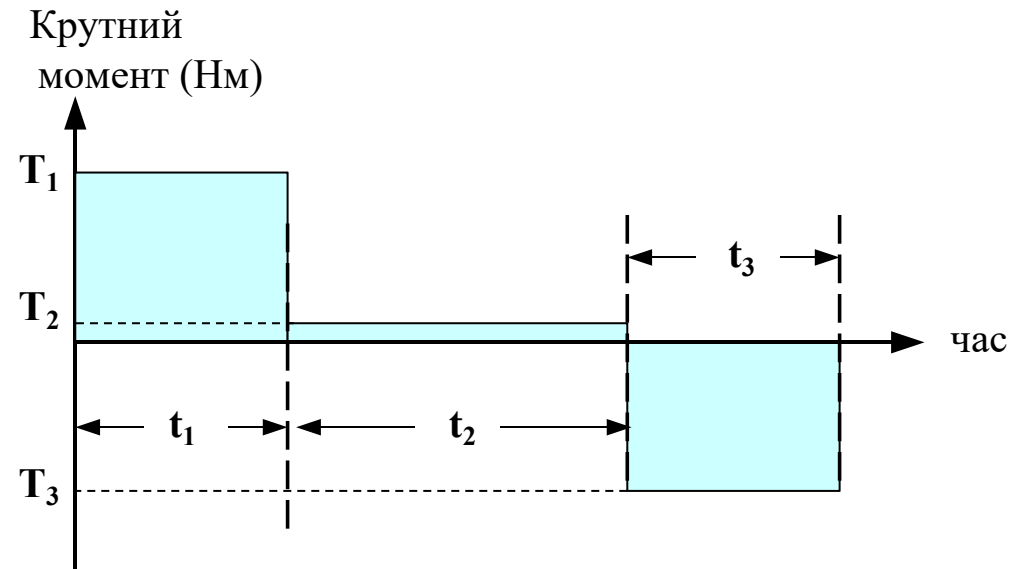
- **Тепло серводвигуна накопичуватиметься та перетинатиме рівень перевантаження, якщо RMS крутний момент перевищує номінальний крутний момент.**

Визначення Trms:

$$Trms = \sqrt{\frac{1}{t_n - t_1} \int_{t_1}^{t_n} T^2(t) dt}$$

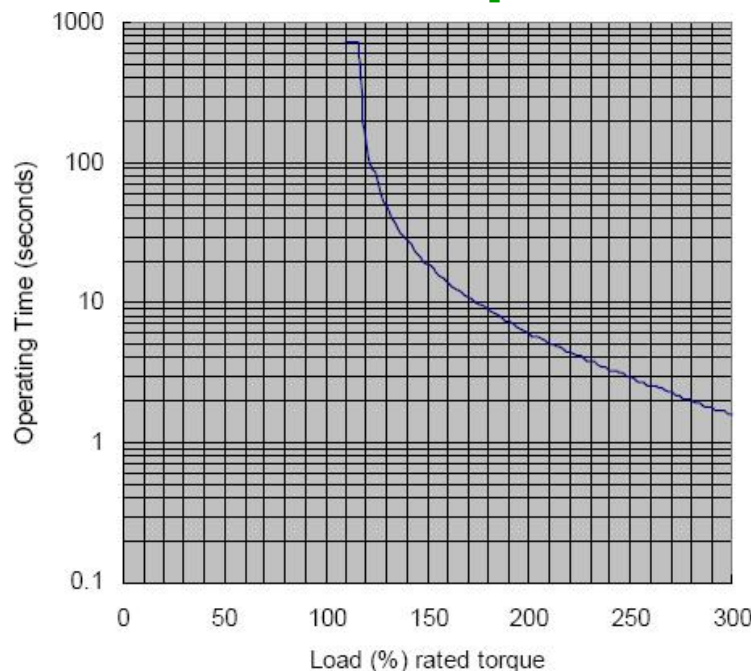
Trms у квадратній формі:

$$Trms = \sqrt{\frac{(T_1^2 \times t_1) + (T_2^2 \times t_2) + (T_3^2 \times t_3)}{t_1 + t_2 + t_3}}$$



■ Як система ASDA запускає сигналізацію перевантаження

- Якщо програма часто працюватиме з навантаженням вище 100%, слід перевірити наведене нижче правило.



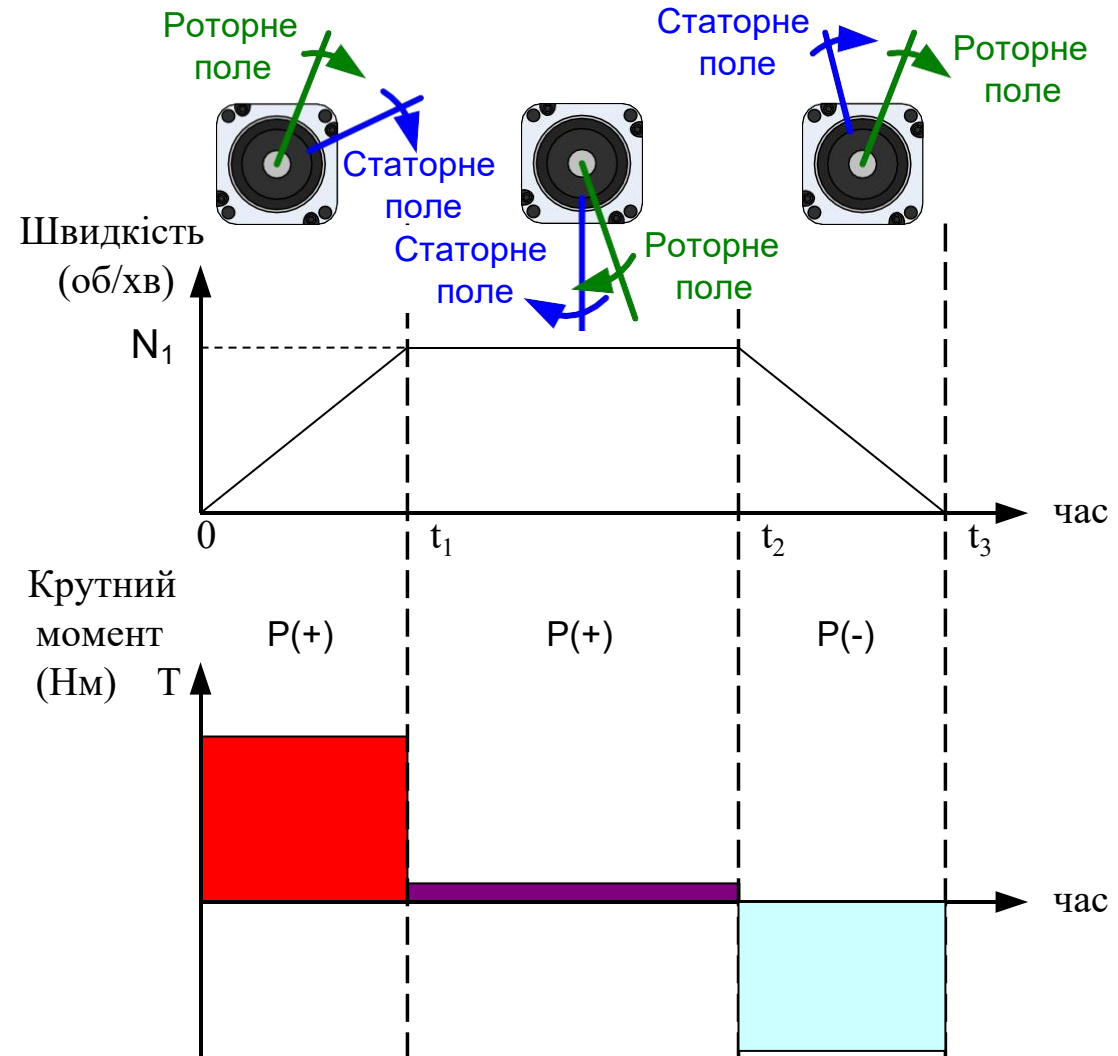
Load	Operating Time
120%	139.335s
140%	27.585s
160%	14.235s
180%	8.9625s
200%	6s
220%	4.4925s
240%	3.2925s
260%	2.58s
280%	2.07s
300%	1.6125s

120% T1,
140% T2,
160% T3,
180% T4,
200% T5,
220% T6,
240% T7,
260% T8,
280% T9,
300% T10

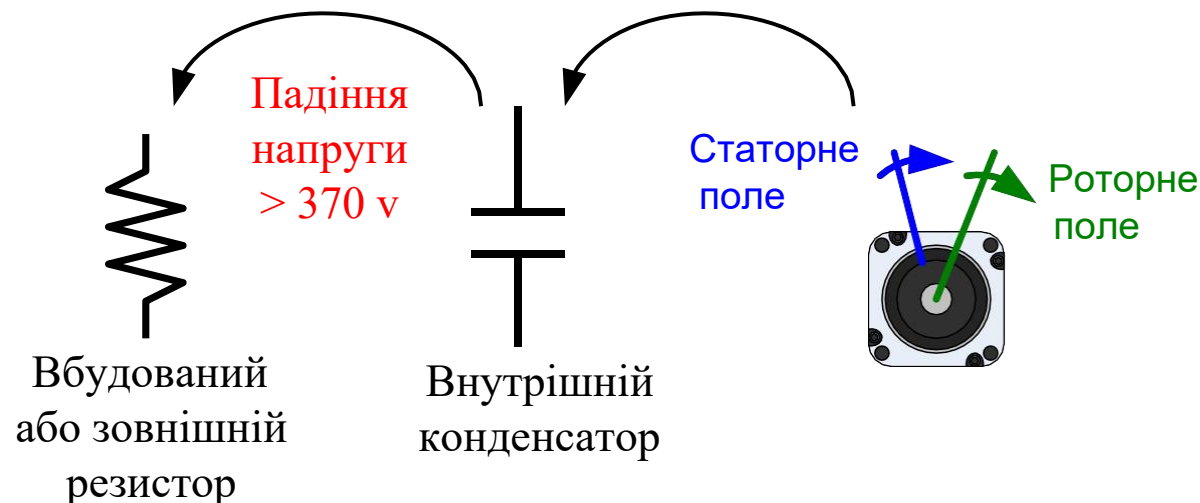
$T1/139,335 + T2/27,585 + T3/14,235 + T4/8,9625 + T5/6 + T6/4,4925 + T7/3,2925 + T8/2,58 + T9/2,07 + T10/1,6125 < 1$, щоб уникнути спрацьовування тривоги 06.

■ Як це працює

- У періоди прискорення та постійної швидкості поле статора веде за полем ротора, що є феноменом двигуна.
- Під час періоду гальмування поле ротора керує полем статора, що є ефектом генератора, і повертатиме енергію назад до своєї системи.



- **Як з цим справляється сервопривід**
 - Коли енергія повертається до сервоприводу, вона буде зберігатися всередині конденсаторів, доки не досягне проектного рівня напруги, який позначається V-шиною в системі Delta.
 - Енергія буде розсіюватися на вбудованому або зовнішньому резисторі, який називається регенеративним резистором, коли V-bus має проектний рівень напруги 370 В.



■ Як вибрати регенеративний резистор

- $E_{RE} = J_S * ((N_1)^2 - (N_2)^2) / 182$

E_{RE} : Енергія відновлення (Джоулі)

J_S : Інерція системи (кг-м²)

N_1, N_2 : вихідна швидкість і кінцева швидкість (об/хв, об/хв)

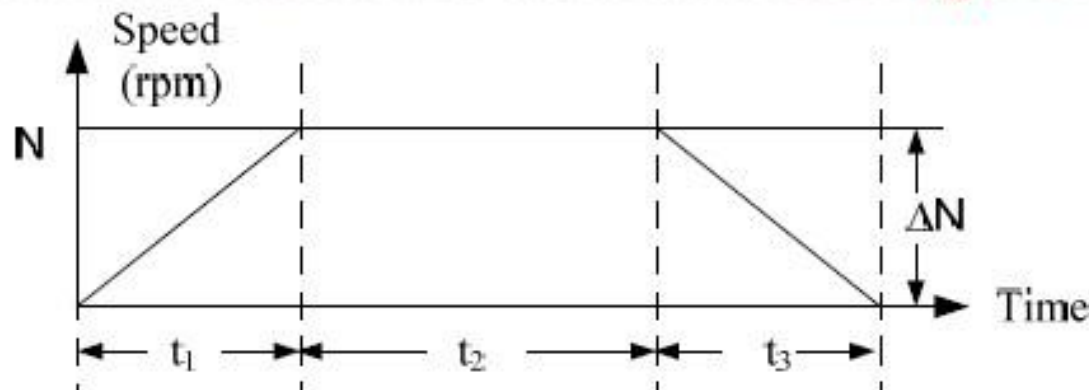
- $W_R = (E_{RE} - E_c) / t_{\text{уповільнення}} ; R_{\max} = (370)^2 / W_R$

W_R : Потужність, що розсіюється на резисторі (ват)

E_c : Енергія, що зберігається в конденсаторах (Джоулі)

$R_{\max}$: максимальний допустимий опір (Ом)

Minimum Resistance from Manual $\leq$ Regenerative Resistance $\leq R_{\max}$



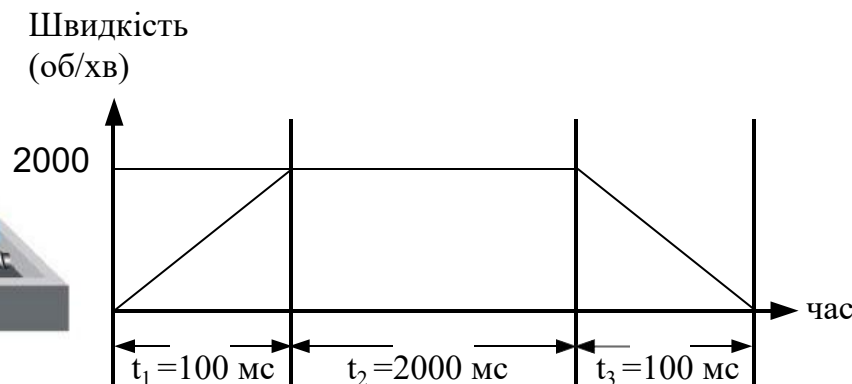
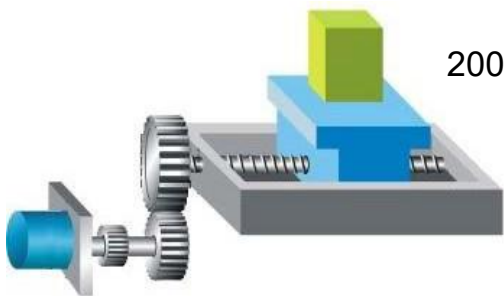
$$E_{RE} = J_S * (\Delta N)^2 / 182 \text{ (Joules)}$$

$$W_R = 2 * (E_{RE} - E_c) / t_3 \text{ (watts)}$$

$$R_{\max} = (370)^2 / W_R \text{ (}\Omega\text{)}$$

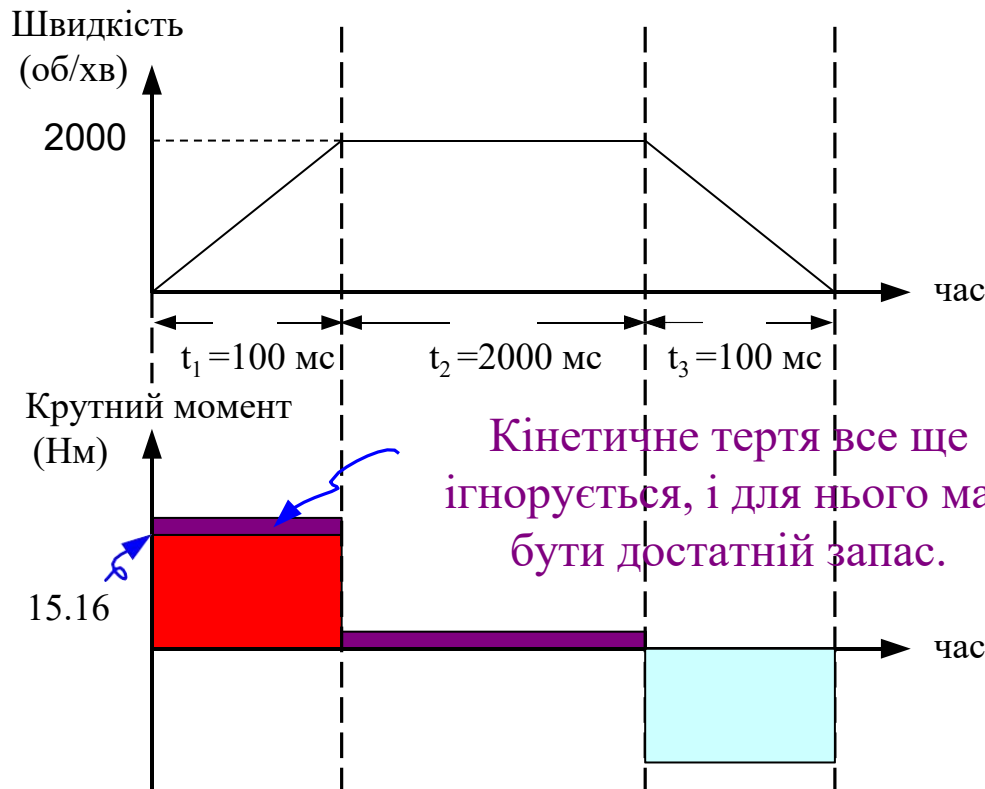
■ Максимальний крутний момент системи

- $I_{\text{машина}} = 0,00612 \text{ (кг-м}^2\text{)}$ (від конструктора машини)
- Кутова швидкість = $2000 / 60 * 2\pi = 209,44 \text{ (рад/с)}$
- $T_{\text{temp_max}} = I * \alpha = 0,00612 * ((209,44 - 0) / (0,1 - 0)) = 12,82 \text{ (Нм)}$
- Візьміть ЕСМА-E11315: $T_{\text{макс_двигун}} = 21,48 > 12,82 \text{ (Нм)}$;
 $I_{\text{двигун}} = 11,18\text{E-4 (кг-м}^2\text{)}$
- $T_{\text{max}} = I_{\text{система}} * \alpha = (I_{\text{машина}} + I_{\text{двигун}}) * \alpha =$
 $(0,00612 + 0,001118) * (209,44 / 0,1) = 15,16 < 21,48 \text{ (Нм)}$
- Необхідно зберегти запас для кінетичного тертя.

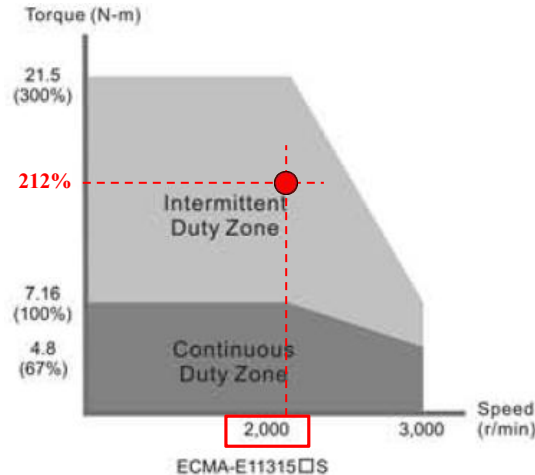


ECMA Series	E113			
	05	10	15	20
Rated output power (kW)	0.5	1.0	1.5	2.0
Rated torque (N-m)	2.39	4.77	7.16	9.55
Maximum torque (N-m)	7.16	14.3	21.48	28.65
Rated speed (r/min)	2000			
Maximum speed (r/min)	3000			
Rated current (A)	2.9	5.6	8.3	11.01
Maximum current (A)	8.7	16.8	24.9	33.03
Power rating (kW/s)	7.0	27.1	45.9	62.5
Rotor moment of inertia (Kg.m ²) (without brake)	8.17E-4	8.41E-4	11.18E-4	14.59E-4

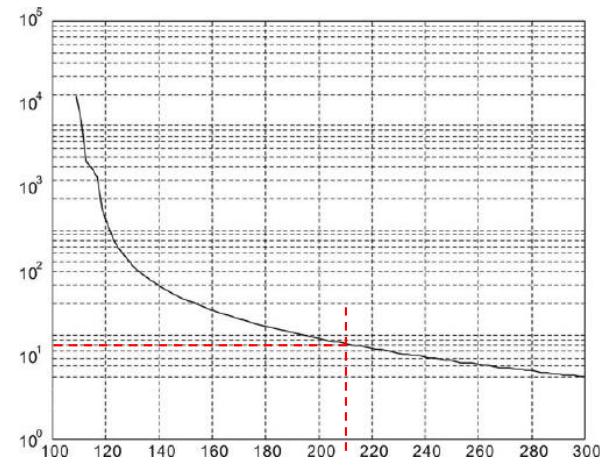
- **Перевірте переривчасту роботу зі специфікації**
 - $T_{\max} = 15,16$ (Нм); $T_{\text{номінальний_мотора}} = 7,16$ (Нм)
 - Коефіцієнт крутного моменту = $15,16 / 7,16 = 2,12 = 212\%$



Кінетичне тертя все ще ігнорується, і для нього має бути достатній запас.



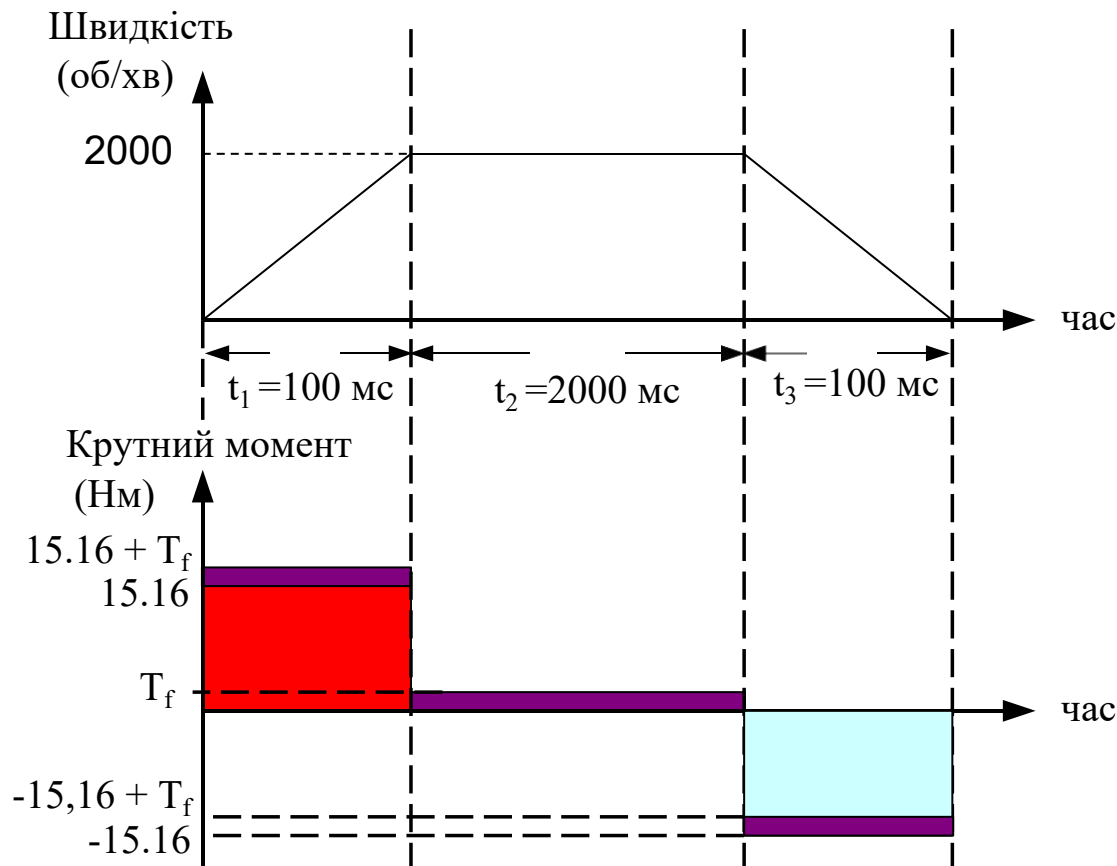
ECMA Series	E113			
	05	10	15	20
Rated output power (kW)	0.5	1.0	1.5	2.0
Rated torque (N-m)	2.39	4.77	7.16	9.55
Maximum torque (N-m)	7.16	14.3	21.48	28.65
Rated speed (r/min)	2000			
Maximum speed (r/min)	3000			
Rated current (A)	2.9	5.6	8.3	11.01
Maximum current (A)	8.7	16.8	24.9	33.03
Power rating (kW/s)	7.0	27.1	45.9	62.5
Rotor moment of inertia (Kg.m ²) (without brake)	8.17E-4	8.41E-4	11.18E-4	14.59E-4



Load	Operating Time
120%	527.6s
140%	70.4s
160%	35.2s
180%	22.4s
200%	16s
220%	12.2s
240%	9.6s
260%	7.8s
280%	6.6s
300%	5.6s

> 100 мс = 0,1 с

- **Перевірте безперервну роботу за специфікацією**
 - $T_{rms} = 4,57 \text{ (Нм)} < T_{\text{номінальний}} = 7,16 \text{ (Нм)}$
 - Кінетичне тертя тут не враховується.



$$T_{rms} = \sqrt{\frac{(15,16^2 \times 0,1) + ((-15,16)^2 \times 0,1)}{0,1 + 2 + 0,1}}$$

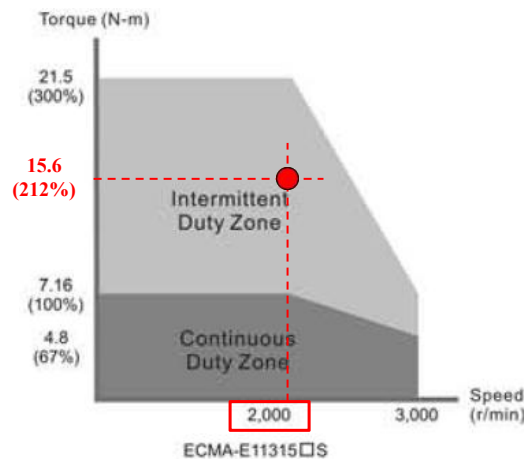
$$= 4,57 \text{ (Нм)}$$

■ Запас для кінетичного тертя

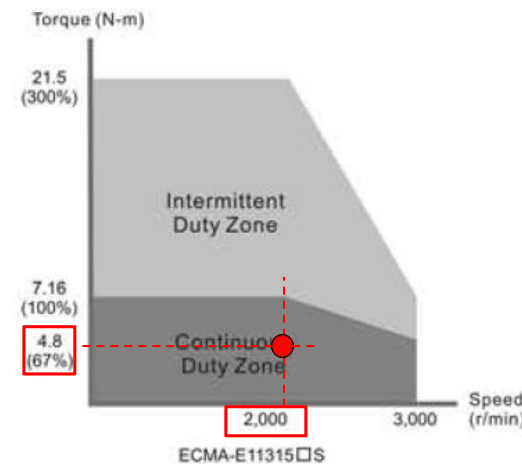
- Кінетичне тертя слід знати заздалегідь для машини, що рухається з високим кінетичним тертям.
- Для машини з незначним кінетичним тертям його можна ігнорувати, залишивши деякий запас під час вибору системи.
- Якщо неможливо визначити кінетичне тертя, поки машина не буде добре зібрана, підвищте запас.

Запас у безперервній робочій зоні:

Поле в переривчастій зоні:



$$T_{f_запас_I} = 21,5 - 15,5 = 5,9 \text{ (Нм)}$$



$$T_{\text{Номинальный}} = 7,16 \text{ (Нм)} = \sqrt{\frac{((15,16 + T_f)^2 \times 0,1) + ((T_f)^2 \times 2) + ((-15,16 + T_f)^2 \times 0,1)}{0,1 + 2 + 0,1}}$$

$$T_f = 5,5 \text{ (Нм)}$$

$$\text{Мін. } \{5,9, 5,5\} = 5,5 \text{ (Нм)}$$

Регенеративна енергія

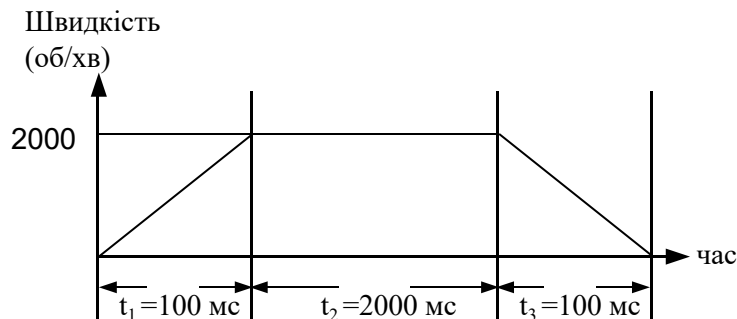
$$- E_{RE} = J_S * ((N_1)^2 - (N_2)^2) / 182 = (0,00612 + 0,001118) * (2000)^2 / 182 = 159,08 \text{ (Джоулі)}$$

$$- W_R = (E_{RE} - E_c) / t_{\text{уповільнення}} = (159,08 - 18) / 0,1 = 1410,8 \text{ (ват)}$$

$$- R_{\max} = (370)^2 / W_R = (370)^2 / 1410,8 = 97,03 \text{ (Ом)}$$

- Вбудований резистор має потужність 60 Вт, що не відповідає цій вимозі; тому необхідний зовнішній резистор.

$$20 \text{ (Ом)} \leq (\text{Резистор з мін. } 1410,8 \text{ Вт}) \leq 97,03 \text{ (Ом)}$$

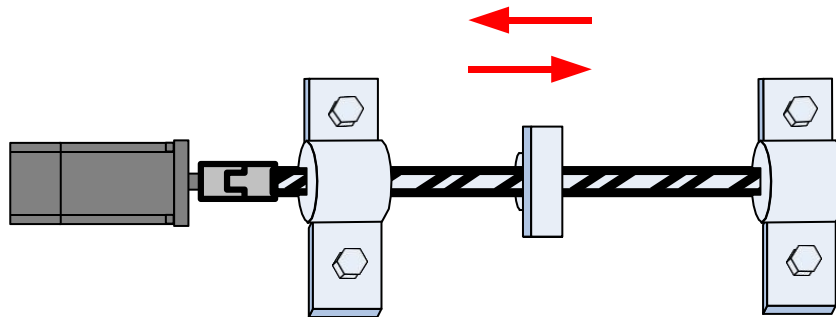


Built-in Regenerative Resistor Specifications				
Servo Drive (kW)	Resistance (Ohm) (parameter P1-52)	Capacity (Watt) (parameter P1-53)	Regenerative Power processed by built-in regenerative resistor (Watt) *1	Min. Allowable Resistance (Ohm)
0.2	-	-	50	30
0.4	-	-	40	30
0.75	40	60	30	20
1.0	40	60	30	20
1.5	40	60	30	20
2.0	20	100	60	10
3.0	20	100	60	10

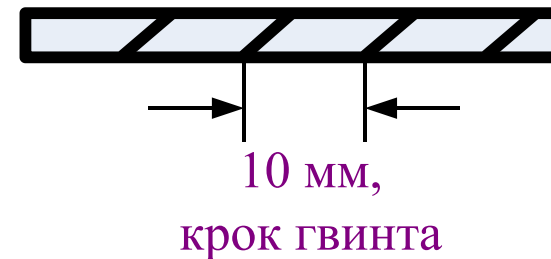
Таблиця взята з посібника з 6.6.3 Регенеративний резистор A2.

■ Різне

- Розмір і розмір рами.
- Рівень захисту IP.
- Редуктор може допомогти знизити крутний момент і прискорить двигун.
- Роздільна здатність кодера.



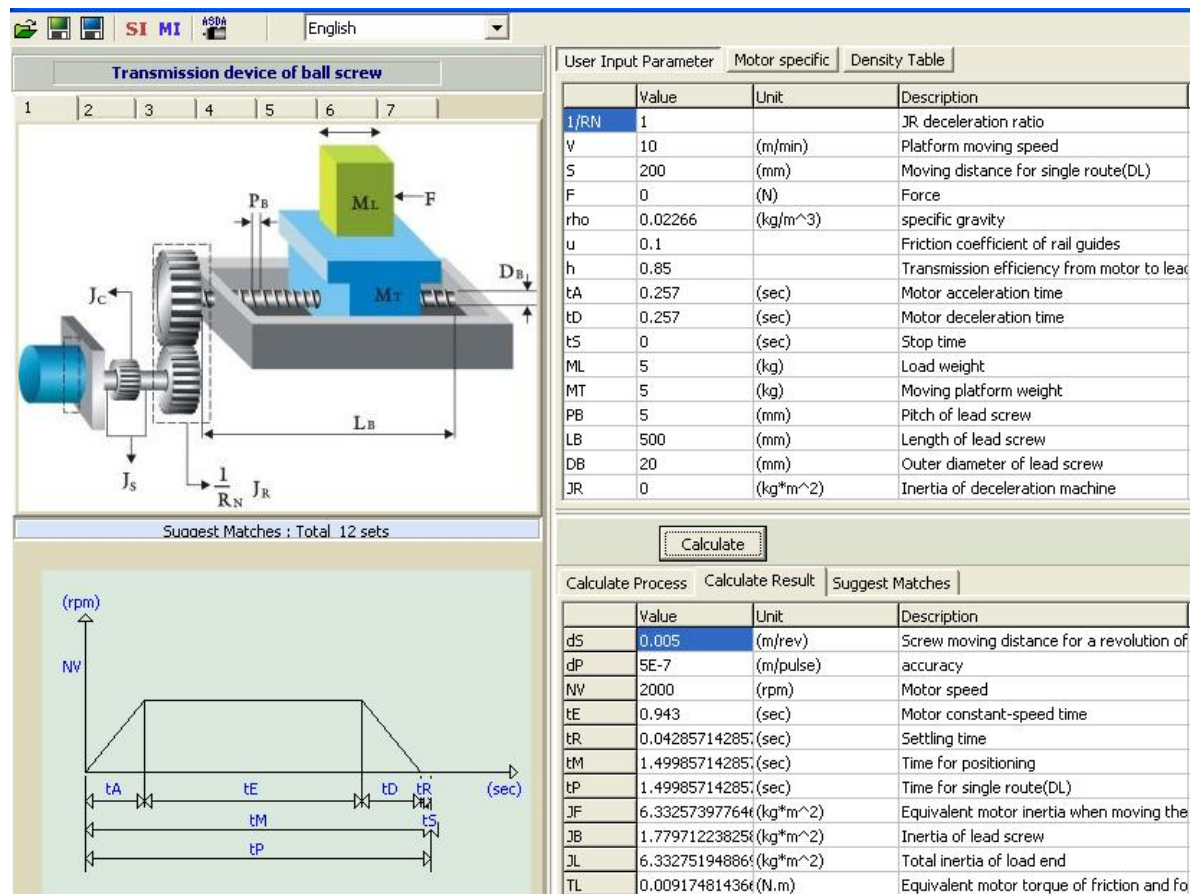
Запитується точність
позиції до 0,0001 мм.



Роздільна здатність кодера:
 $10 \text{ мм} / 0,0001 \text{ мм} = 100000$ (поділка / оборот)

■ Помічник підбору сервосистеми

- Це може допомогти деяким, але не всім.
 - Виберіть механізм закриття, встановіть параметри деталей на нуль, коли вони не використовуються.
 - Дотримуйтесь інструкцій, один клік, і отримаєте результат.
- 



Дякую

