



Как выбрать сервосистему ASDA

О презентации

Целевая аудитория

**Для пользователей, которые заинтересованы в
сервосистеме.**

Редакция презентации

Редакция: 10/28/2010

Основы выбора сервосистемы

Основные физические формулы, спецификация, профиль движения, максимальный момент, среднеквадратичный момент и регенеративная энергия

Пример

Демонстрация того, как выбрать сервосистему

Delta ASDA MSizing

Программное обеспечение Delta Servo Selection Assistant

● Мощность и Момент

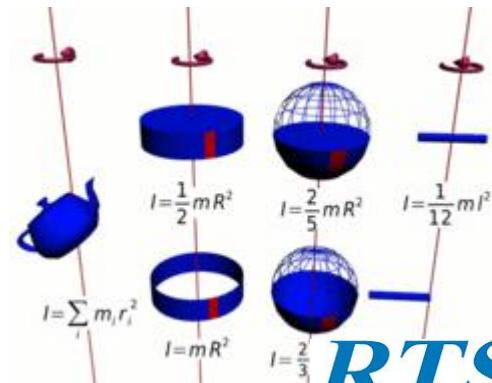
- **Мощность:** $P = T \cdot \omega$ (Мощность = Момент * Угловая скорость);
 $\text{Вт} = \text{Н} \cdot \text{м} \cdot \text{рад/с}$

- **Угловая скорость:** $\omega = v \cdot 2\pi / 60 \text{ рад/с}$
в системе СИ измеряется в радианах в секунду
(например $1500 \text{ об/мин} = 1500 / 60$
 $= 25 \text{ об/с} \approx 2 \cdot 3.14 \cdot 25 \approx 157 \text{ рад/с}$)

число оборотов $v = 1 \text{ об/мин}$ (или RPM revolutions per minute)
 $= 1 / (60 \text{ с}) \text{ об/с}$ (или RPS revolutions per second)
 $= 2\pi / 60 \text{ рад/с}$ (или $\text{рад} \cdot \text{с}^{-1}$)

(1 радиан = $1 / (2\pi)$ оборотов = $180 / \pi$ градусов, или 1 оборот = 2π радиан)

- **Момент:** $T = I \cdot \alpha$
(Момент = Момент инерции * Угловое ускорение);
 $\text{Н} \cdot \text{м} = \text{кг} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{рад/с}^2$

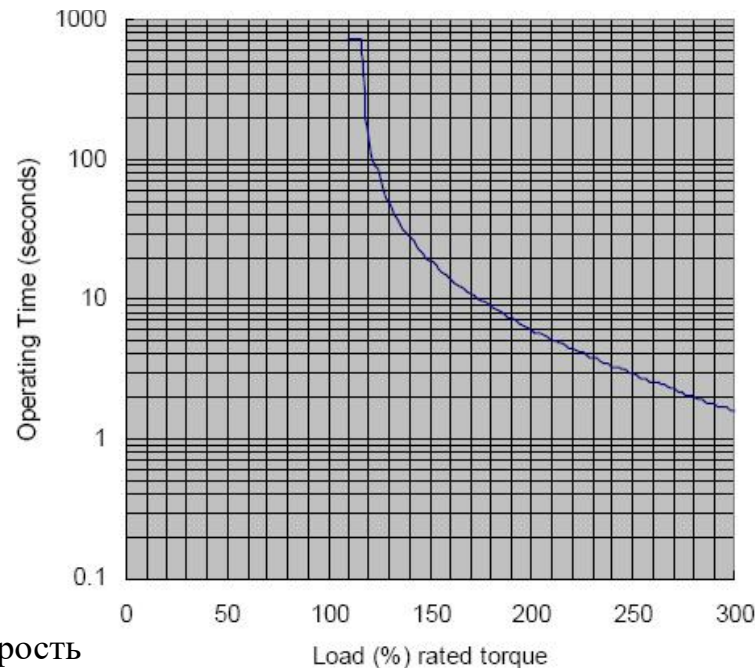
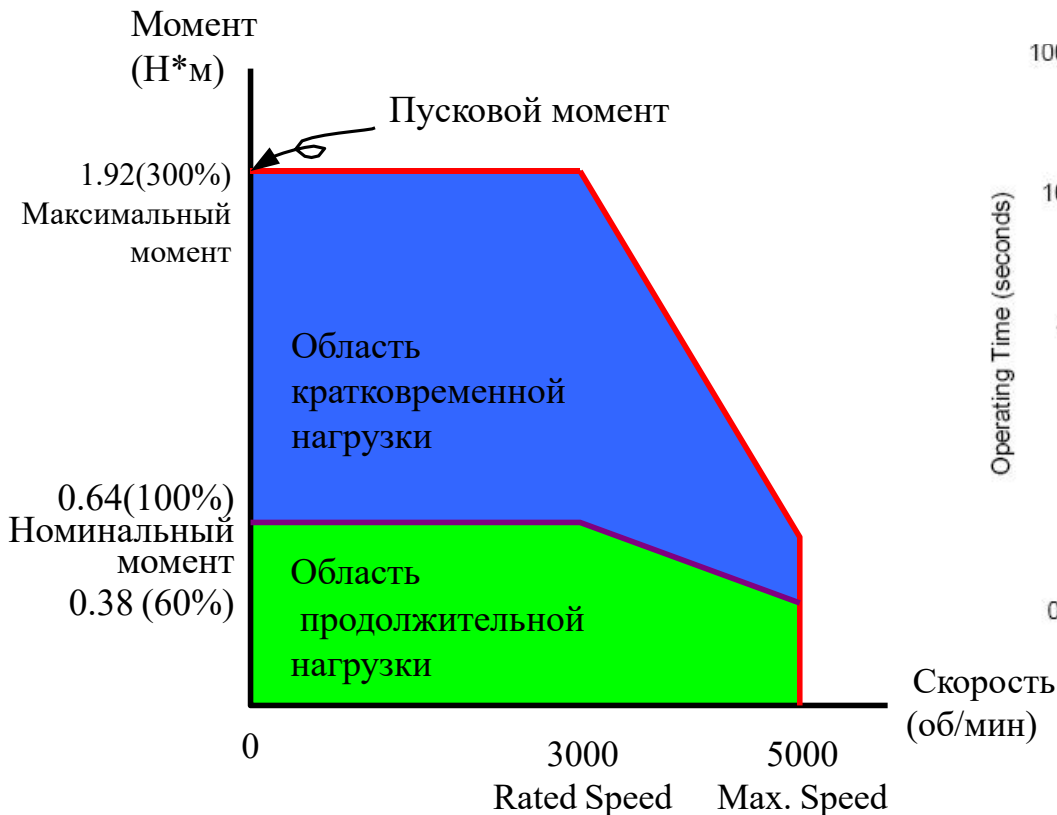


Кривая момента

● Спецификация серводводигателя

● Кривая Скорость - Момент показывает характеристики двигателя.

- Как долго двигатель может работать в области кратковременной нагрузки, определяется по его «Графику нагрузки и времени работы».



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

Профиль движения

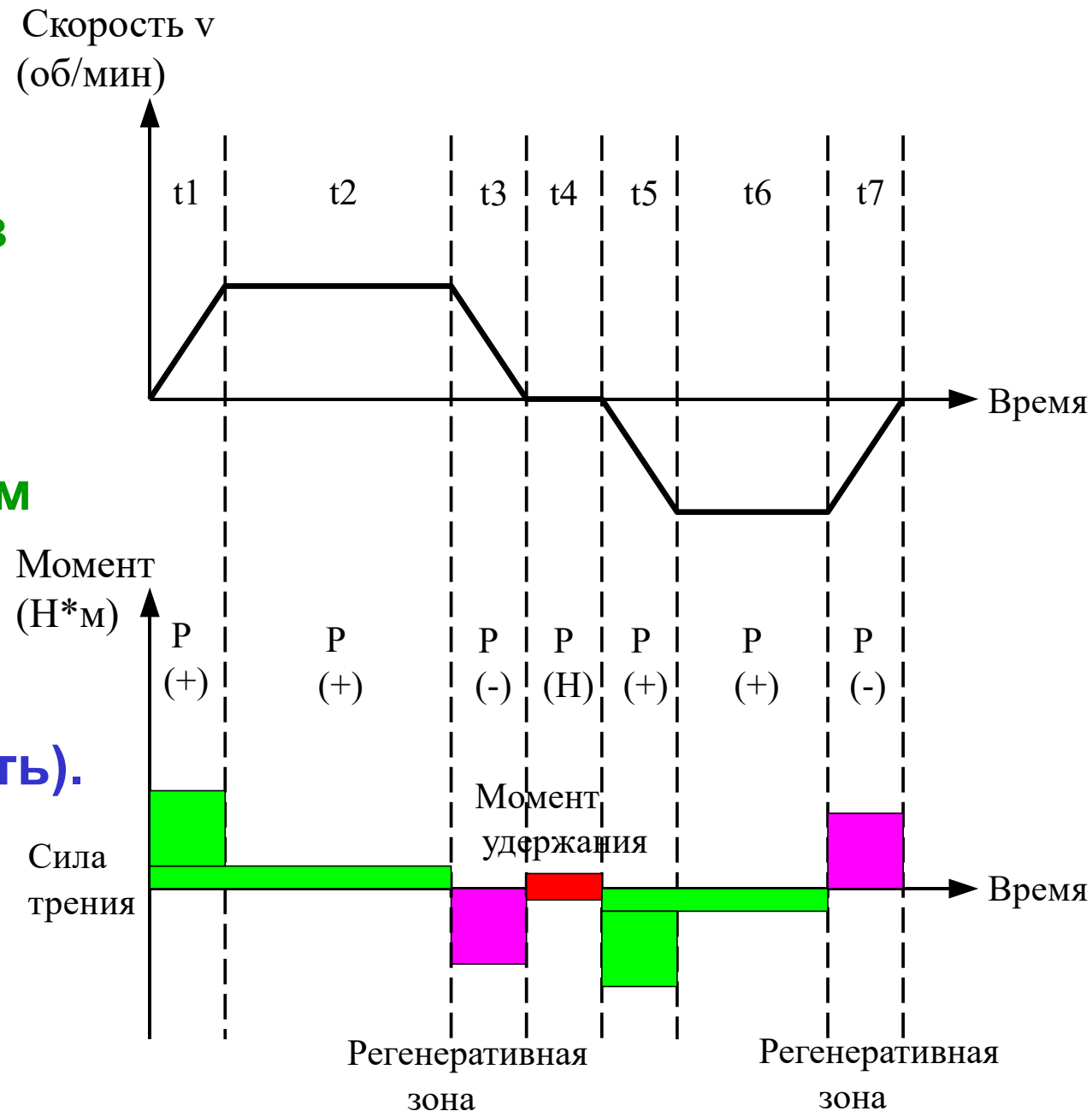
● Рабочий цикл сервосистемы

-Он показывает, как энергия превращается из электрической в кинетическую энергию. Трапецевидная кривая является очень типичным профилем движения.

$P = T * \omega$ (Мощность = Момент * Угловая скорость).

$$\omega = v * 2\pi / 60$$

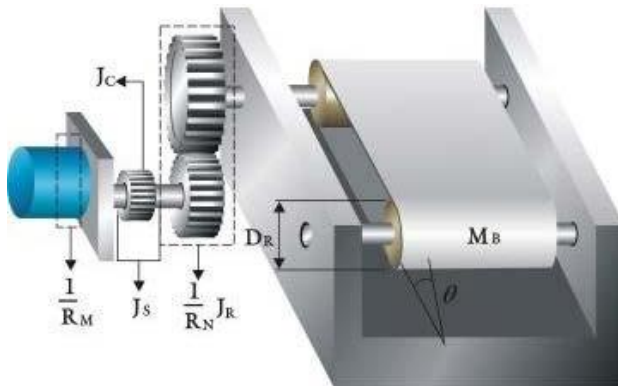
$$T = I * \alpha$$



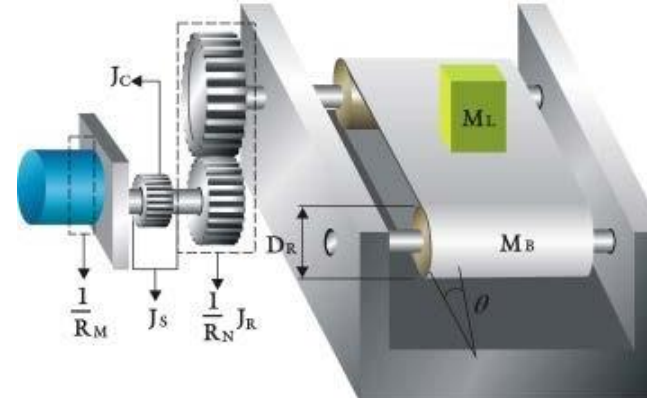
Тип движения (1)

● Момент инерции механизма

- Момент инерции механизма для «худшего сценария» на валу двигателя должен быть определен в первую очередь.
- Максимальная скорость, самое быстрое ускорение и максимум нагрузки, выбираемые для оценки момента инерции, означают «худший сценарий».



Механизм работает
без нагрузки



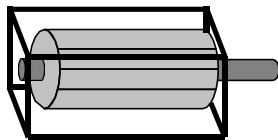
Механизм работает с
максимальной нагрузкой

Тип движения (2)

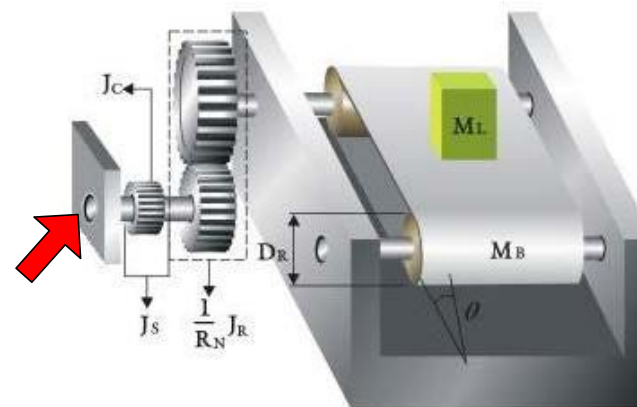
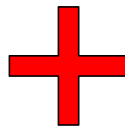
● Момент инерции ротора сервомотора

-Момент инерции ротора двигателя должен быть включен в общий момент инерции системы, потому что ротор связан с системой и вращается вместе.

-Вы можете найти в Интернете или обратиться к технической литературе для расчета момента инерции системы.



Инерция ротора



Инерция механизма
к валу мотора

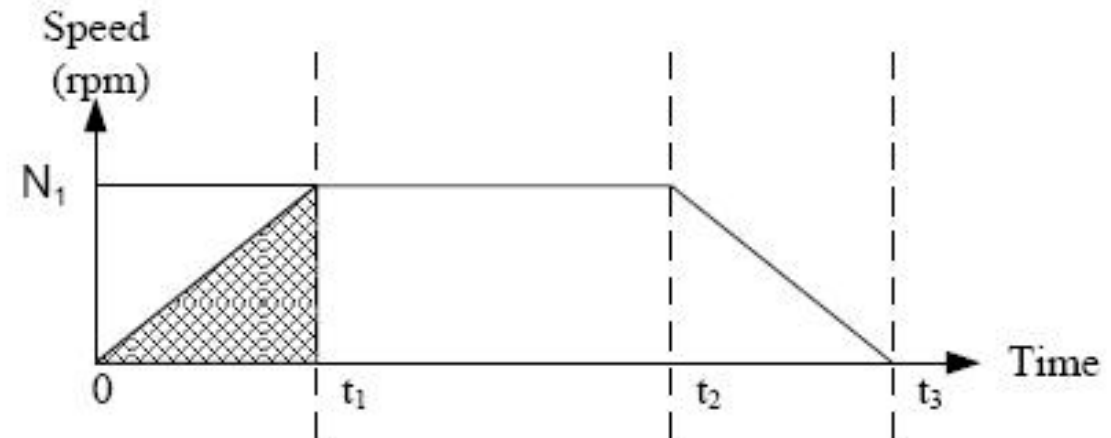
Максимальный момент (1)

● От профиля движения к кривой момента

-Максимальный момент применяется для проверки работоспособности серводвигателя.

-Кривая момента может быть получена из профиля движения

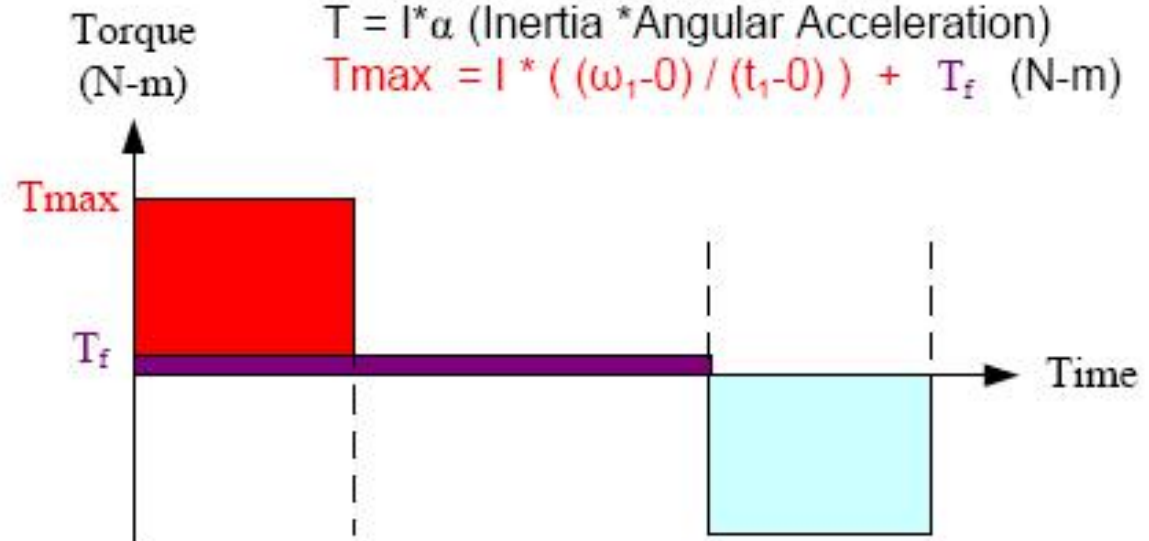
- T_f обозначает трение.



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

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

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

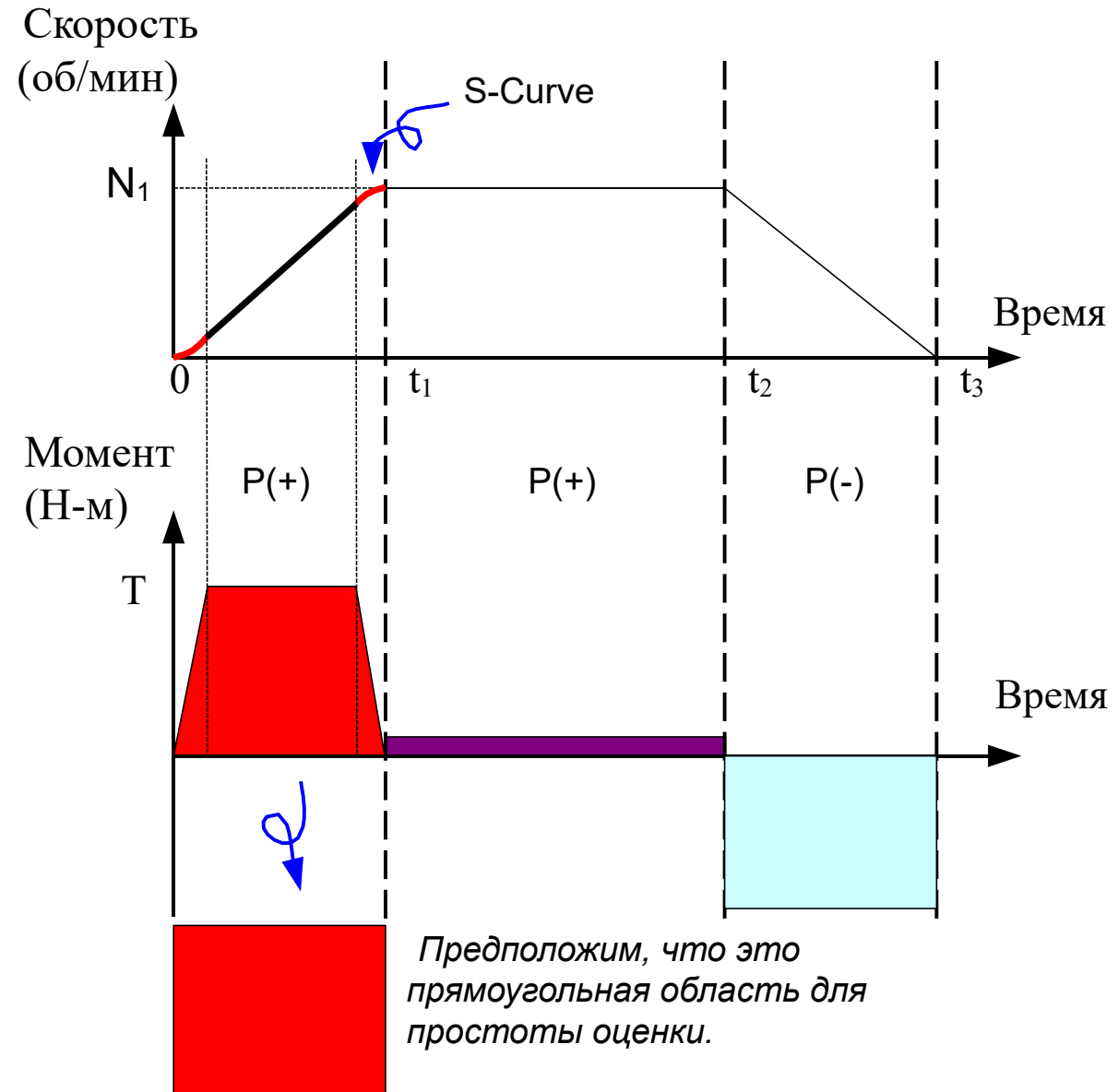


Максимальный момент (2)

●Способ приближения

- В профиле скорости используется s-образная кривая на обоих концах, которая будет иметь кривую трапецевидного момента.

Рассматривайте кривую трапецевидного момента как квадратную для простоты расчета.





Среднеквадратичный (RMS) момент

- **Среднеквадратичный момент (RMS root mean square), используется для проверки соответствия номинальному моменту**

Среднеквадратичное значение момента представляет собой взвешенный по времени средний момент, который можно рассматривать как продолжительный средний момент.

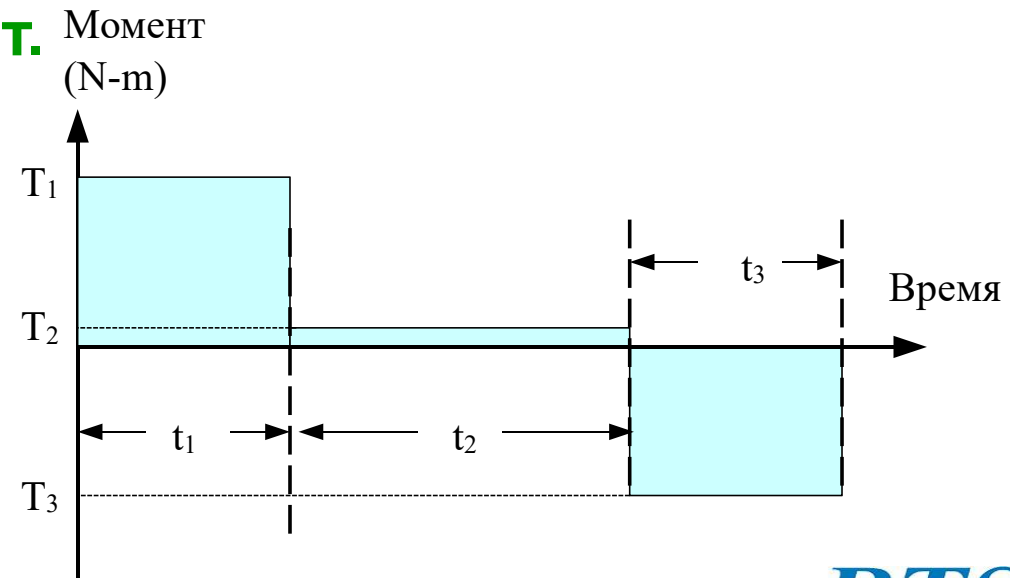
-Серводвигатель будет перегреваться и превысит величину допустимой нагрузки, если RMS момент превышает его номинальный момент.

Расчет Trms:

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

Расчет Trms в прямоугольной форме:

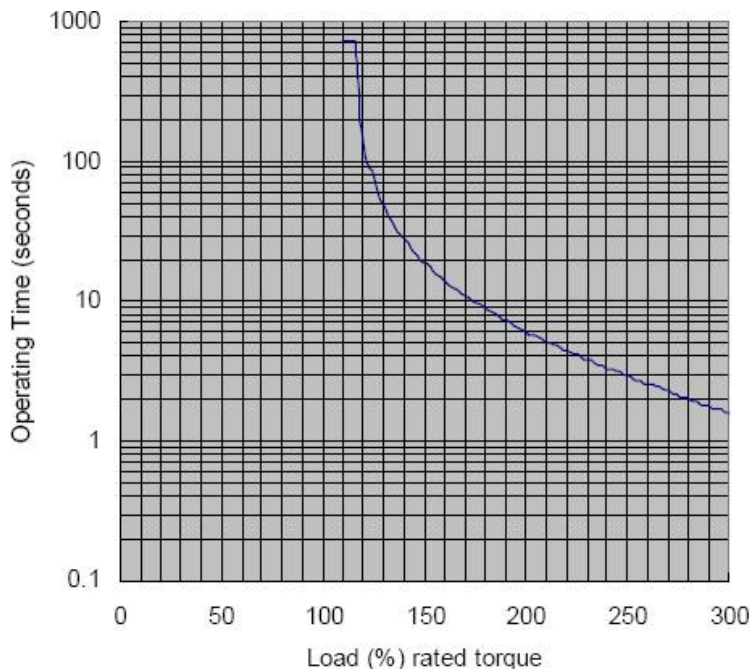
$$Trms = \sqrt{\frac{(T_1^2 \times t_1) + (T_2^2 \times t_2) + (T_3^2 \times t_3)}{t_1 + t_2 + t_3}}$$



Срабатывание по перегрузке

● Условия для срабатывания сигнализации перегрузки AL006 в сервоусилителе ASDA

- Если приложение будет работать с нагрузкой выше 100%, поэтому следует проверить приведенное ниже 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

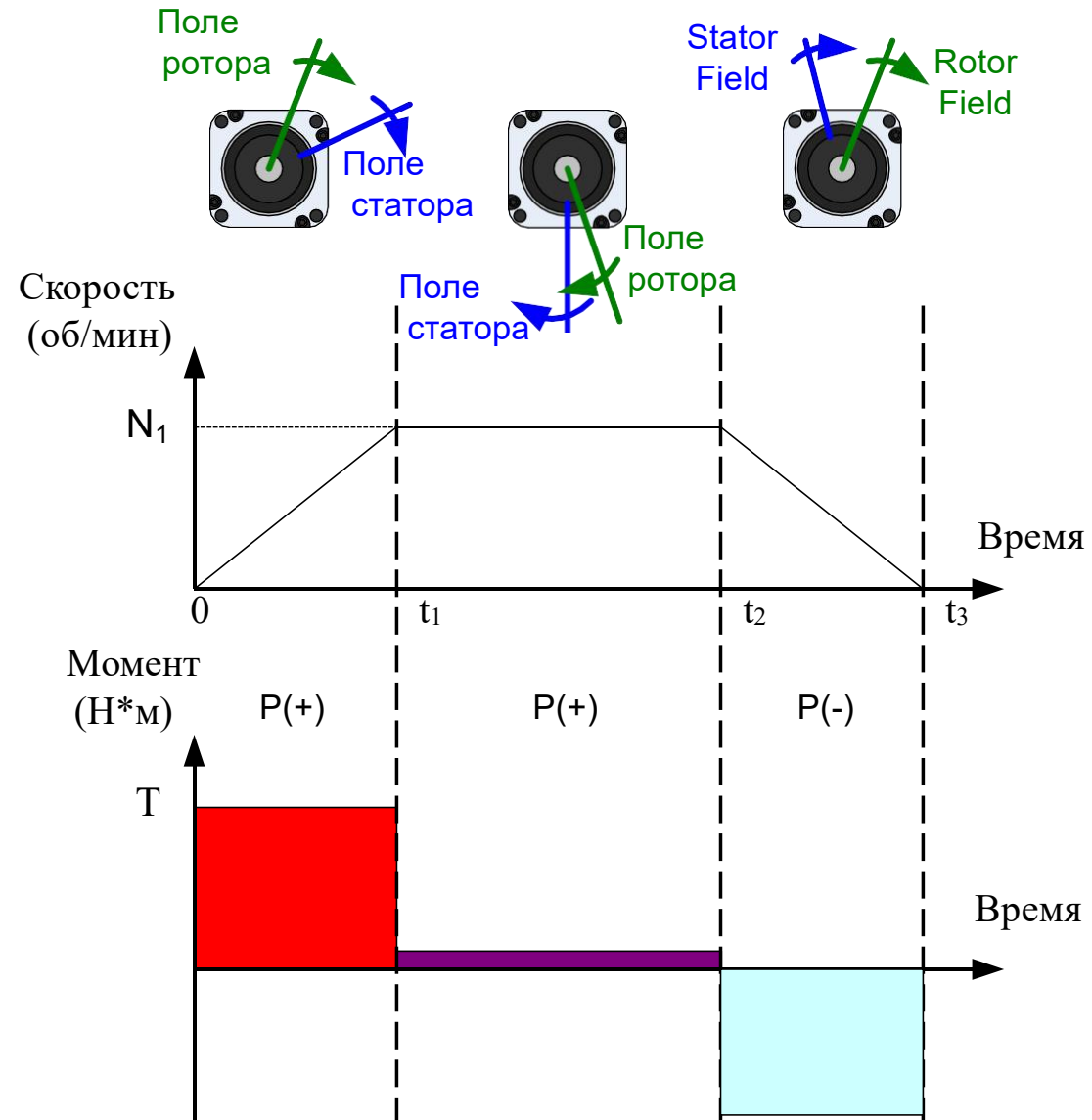
120% T1,
140% T2,
160% T3,
180% T4,
200% T5,
220% T6,
240% T7,
260% T8,
280% T9,
300% T10

$T1/139.335 + T2/27.585 + T3/14.235 + T4/8.9625 + T5/6 +$
 $T6/4.4925 + T7/3.2925 + T8/2.58 + T9/2.07 + T10/1.6125 < 1,$
чтобы избежать срабатывания AL006.

● Как это работает

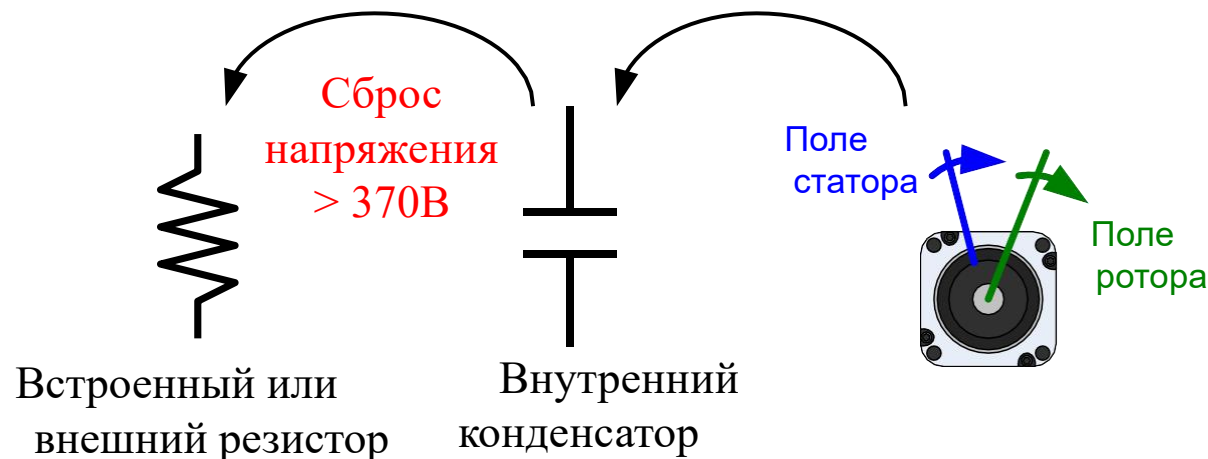
- В периоды ускорения и постоянной скорости поле статора опережает поле ротора, это является обычным для двигателя.

- Во время периода замедления поле ротора опережает поле статора, при этом двигатель является генератором, и будет направлять энергию обратно в сервоусилитель.



● Как сервопривод справляется с этим

- Когда энергия возвращается к сервоприводу, она будет удерживаться внутри конденсаторов до тех пор, пока не достигнет их проектного уровня напряжения, который обозначен V-bus в системе приводов Delta.
- Энергия будет рассеиваться на встроенном или внешнем резисторе, называемом тормозным резистором, когда V-bus находится на проектном уровне напряжения 370В.



● Как выбрать тормозной резистор

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

E_{RE} : Регенеративная энергия (Джоуль)

J_S : Момент инерции системы (кг*м²)

N_1, N_2 : Исходная скорость и конечная скорость (об/мин, rpm)

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

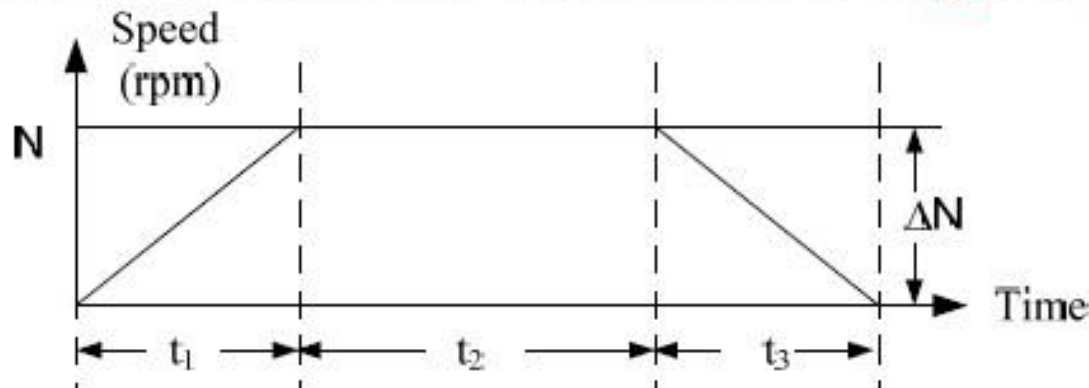
W_R : Мощность, рассеиваемая в резисторе (Вт)

E_C : Энергия накапливаемая в конденсаторах (Джоуль)

/см. П2.8 инструкции по эксплуатации/

R_{max} : Максимально допустимое сопротивление (Ом) (см. П2.8)

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



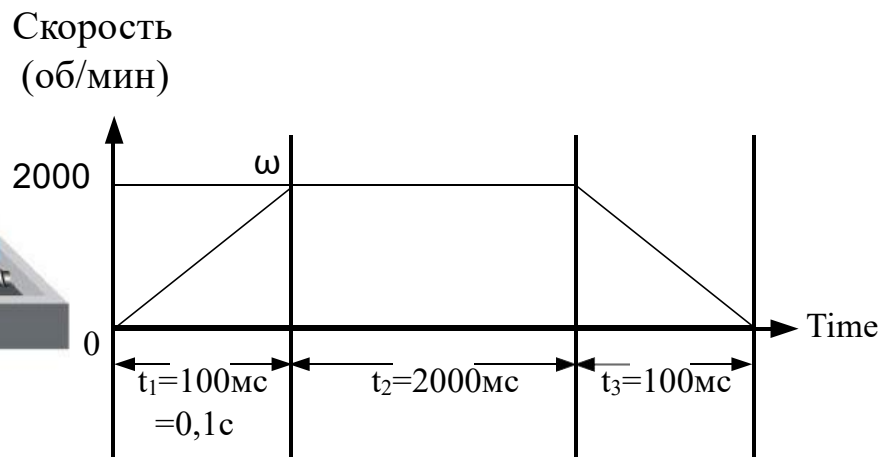
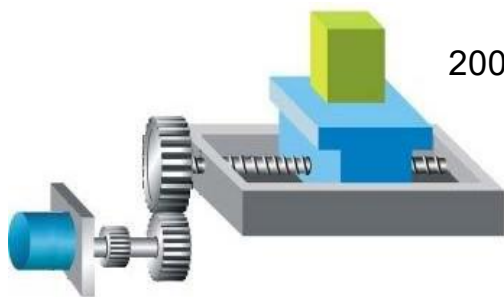
$$E_{RE} = J_S * (\Delta N)^2 / 182 \text{ (Joules)}$$

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

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

● Максимальный крутящий момент системы

- Момент инерции: $I_{\text{machine}} = 0.00612 \text{ (кг*м}^2\text{)}$ (расчетное от конструктора механизма)
- Угловая скорость $\omega = 2000 * 2\pi / 60 = 209.44 \text{ (рад/с)}$
- Момент: $T_{\text{temp_max}} = I * \alpha = 0.00612 * ((209.44 - 0) * (0.1 - 0)) = 12.82 \text{ (Н*м)}$
- Возьмем ЕСМА-E11315: $\text{Max.T} = 21.48 > 12.82 \text{ (Н*м)}$;
 $I_{\text{motor}} = 11.18\text{E-4 (кг*м}^2\text{)}$
- $T_{\text{max}} = I_{\text{system}} * \alpha = (I_{\text{machine}} + I_{\text{motor}}) * \alpha =$
 $(0.00612 + 0.001118) * (209.44 / 0.1) = 15.16 < 21.48 \text{ (Н*м)}$
- Должен быть учтен запас момента для компенсации трения.



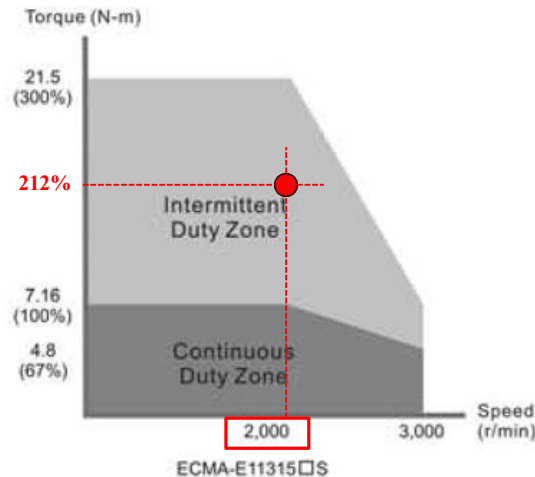
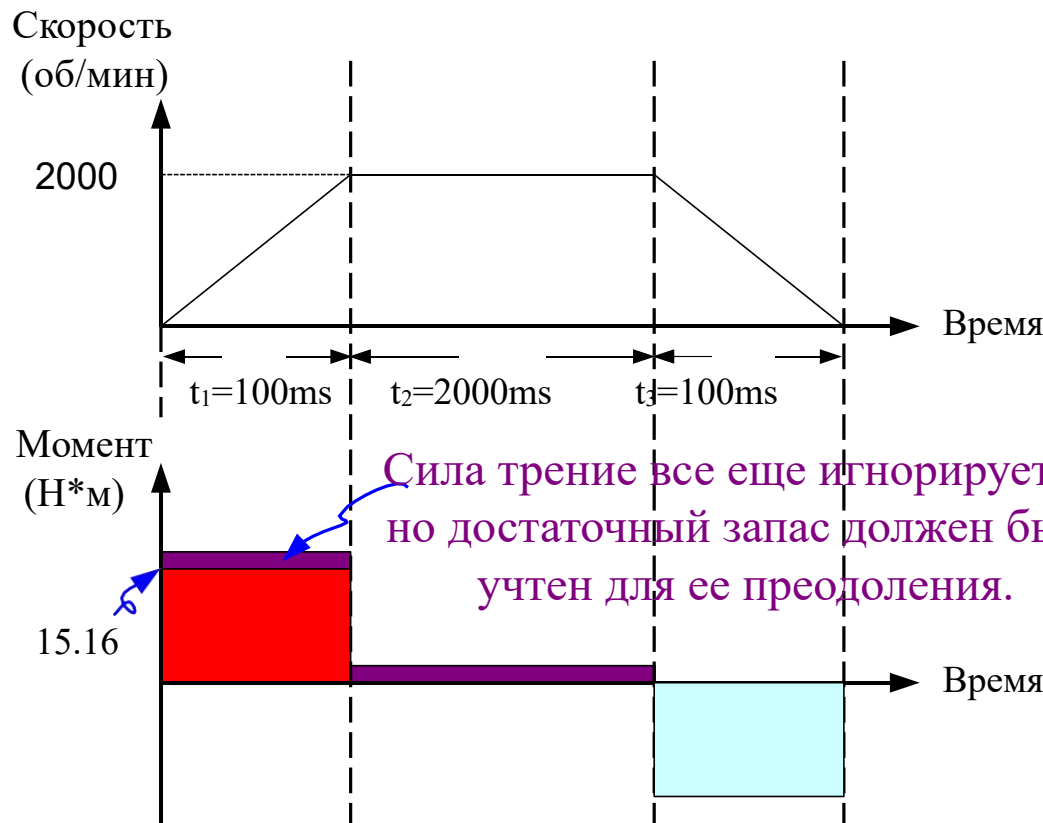
ECMA Series	E113			
	05	10	15	20
Rated output power (kW)	0.5	1.0	1.5	2.0
Rated torque (N-m)	2.39	4.77	7.16	9.55
Maximum torque (N-m)	7.16	14.3	21.48	28.65
Rated speed (r/min)	2000			
Maximum speed (r/min)	3000			
Rated current (A)	2.9	5.6	8.3	11.01
Maximum current (A)	8.7	16.8	24.9	33.03
Power rating (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

Пример выбора сервопривода (2)

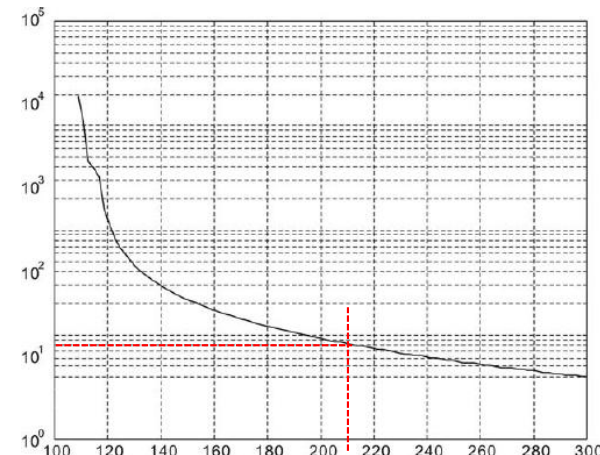
● Проверьте область кратковременной нагрузки из спецификации ASDA

- $T_{\max} = 15.16 \text{ (Н*м)}$; $T_{\text{rated_motor}} = 7.16 \text{ (Н*м)}$

- Величина перегрузки момента = $15.16 / 7.16 = 2.12 = 212\%$



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

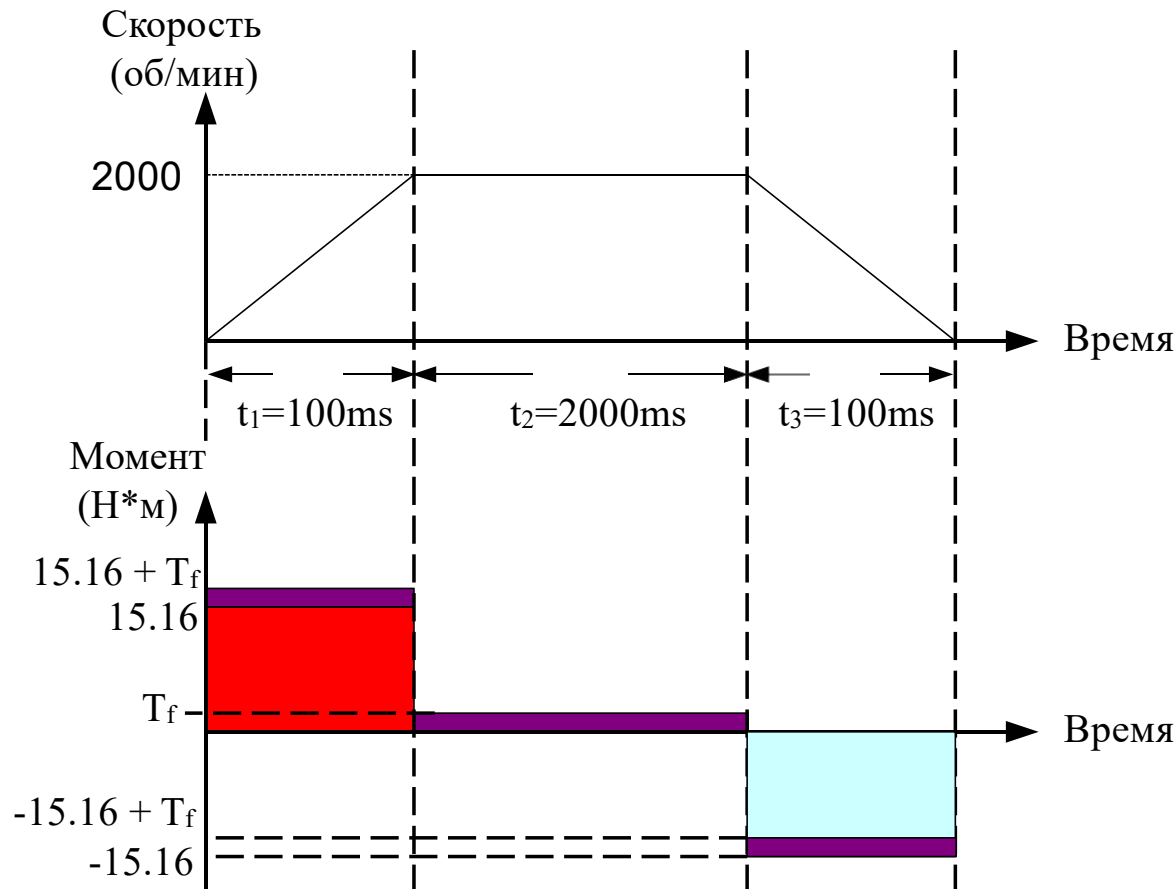
> 100ms = 0.1s

Пример выбора сервопривода (3)

● Проверьте номинальный момент из спецификации ASDA

- $T_{rms} = 4.57 \text{ (Н*м)} < T_{rated} = 7.16 \text{ (Н*м)}$

- Сила трения здесь игнорируется.



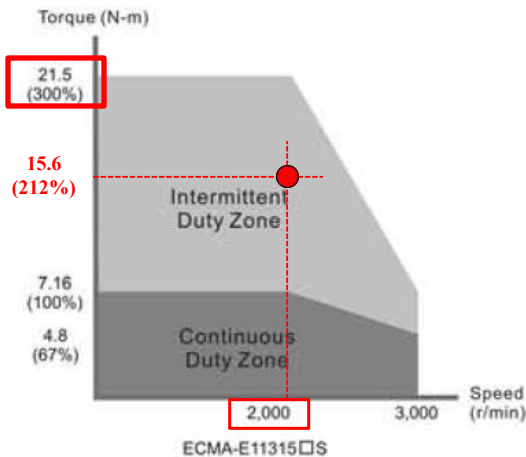
$$T_{rms} = \sqrt{\frac{(15.16^2 \times 0.1) + ((-15.16)^2 \times 0.1)}{0.1 + 2 + 0.1}}$$

$$= 4.57 \text{ (Н*м)}$$

● Запас для компенсации трения

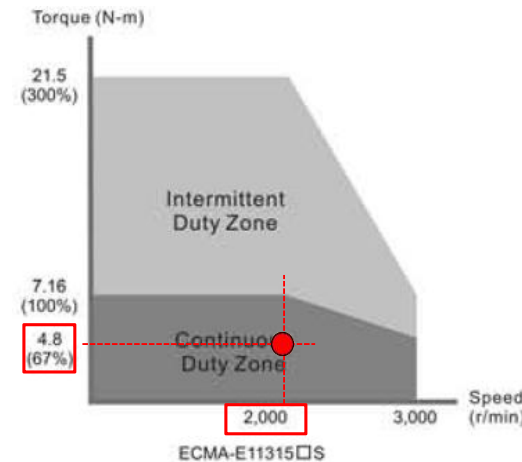
- Трение должно быть известно заранее для машины, движущейся с высоким трением.
- Для машины с небольшим трением его можно игнорировать, оставляя некоторый запас при выборе системы.
- Если величину трения невозможно узнать до тех пор, пока машина не будет собрана, увеличьте запас.

Запас в области кратковременной нагрузки:



$$T_{f_margin_I} = 21.5 - 15.6 = 5.9 \text{ (Н*М)}$$

Запас в области продолжительной нагрузки:



$$T_{rated} = 7.16 \text{ (N-m)}$$

$$\sqrt{\frac{((15.16 + T_f)^2 \times 0.1) + ((T_f)^2 \times 2) + ((-15.16 + T_f)^2 \times 0.1)}{0.1 + 2 + 0.1}}$$

$$T_f = 5.5 \text{ (N-m)}$$

$$\text{Min } \{5.9, 5.5\} = 5.5 \text{ (N-m)}$$

Пример выбора сервопривода (5)

●Регенеративная энергия:

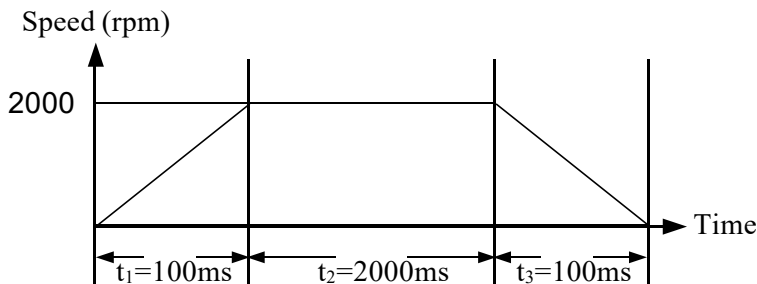
$$-E_{RE} = J_S * ((N_1)^2 - (N_2)^2) / 182 = (0.00612 + 0.001118) * (2000)^2 / 182 = 159.08 \text{ (Дж)}$$

$$-W_R = (E_{RE} - E_c) / t_{\text{decel}} = (159.08 - 18) / 0.1 = 1410.8 \text{ (Вт)}$$

$$-R_{\text{max}} = (370)^2 / W_R = (370)^2 / 1410.8 = 97.03 \text{ (Ом)}$$

-Встроенный резистор равен 60 Вт, что не может удовлетворить это требование:

$20(\text{Ом}) \leq (\text{Резистор с мин. мощностью } 1410.8 \text{ Вт}) \leq 97.03(\text{Ом})$
 следовательно, необходим внешний резистор.

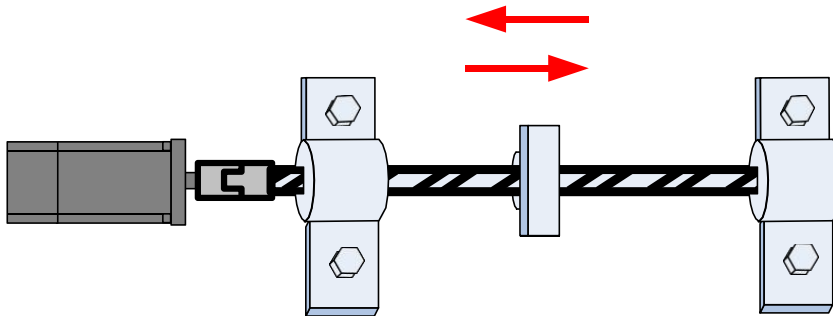


Built-in Regenerative Resistor Specifications				
Servo Drive (kW)	Resistance (Ohm) (parameter P1-52)	Capacity (Watt) (parameter P1-53)	Regenerative Power processed by built-in regenerative resistor (Watt) *1	Min. Allowable Resistance (Ohm)
0.2	-	-	50	30
0.4	-	-	40	30
0.75	40	60	30	20
1.0	40	60	30	20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

Таблица 6.6.3. Тормозной резистор A2, руководство.

●Разное

- Размеры.
- Уровень защиты IP.
- Редуктор может помочь снизить крутящий момент и ускорить двигатель.
- Разрешение энкодера.



Точность позиционирования до 0,0001 мм.

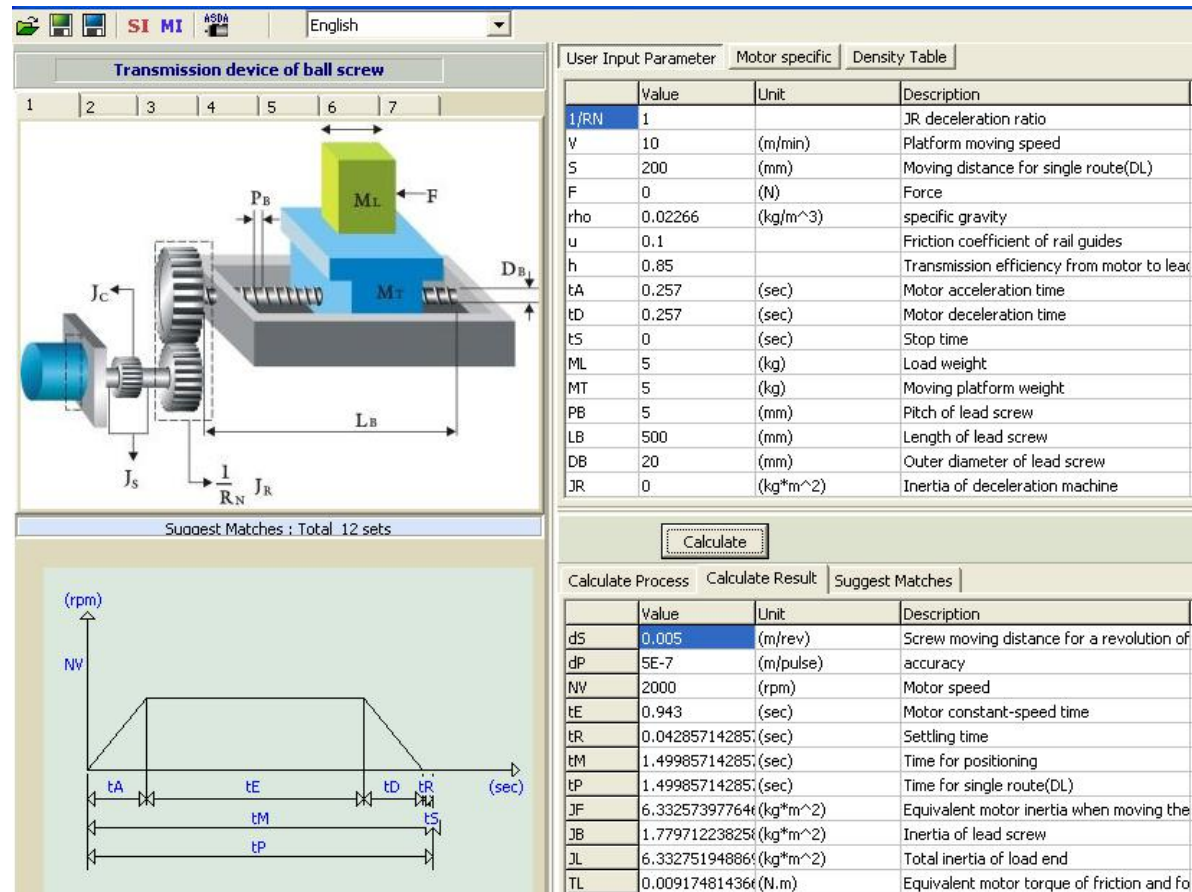


10 мм, шаг шарико-винтовой передачи

Разрешение экодера:
 $10\text{mm} / 0.0001\text{mm} = 100000$ (деление / оборот)

● Ассистент выбора сервосистемы

- Это ПО может помочь, но не всем.
- Выберите механизм движения, установите параметры пунктов на ноль, если они не используются.
- Следуйте инструкции, один щелчком мыши, и получите результат.



Спасибо
за внимание

