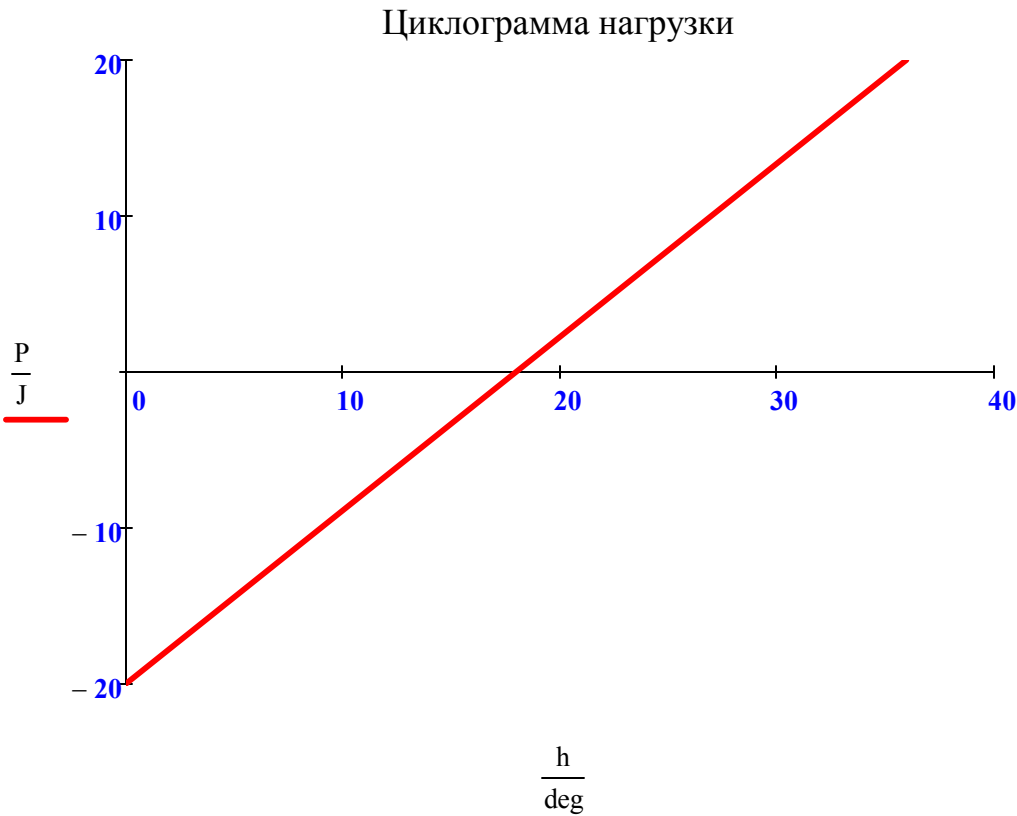


$$P := \begin{pmatrix} -20 \\ 20 \end{pmatrix} J \qquad h := \begin{pmatrix} 0 \\ 36 \end{pmatrix} \text{deg}$$



Параметры РВП

Уравнение движения

$$h_{\max} := \max(h) = 36 \cdot \text{deg}$$

$$t_{\max} := 0.4 \text{s}$$

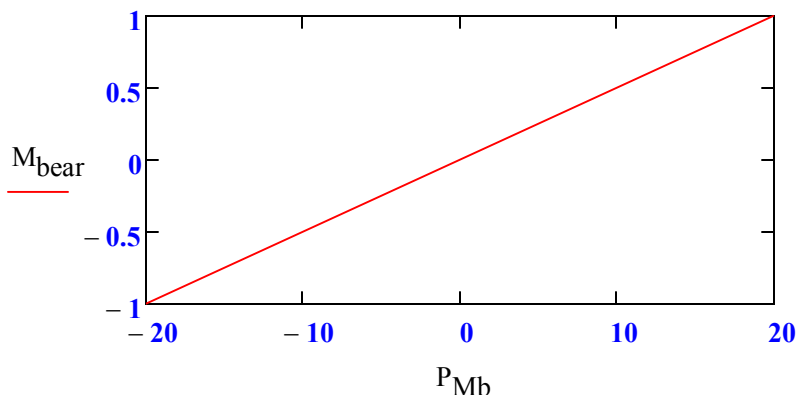
$$v := \frac{h_{\max}}{t_{\max}} = 15 \cdot \text{rpm}$$

Момент трения в подшипнике по линейной зависимости

$$M_{\text{bear}} := \begin{pmatrix} -1 \\ 1 \end{pmatrix} J \qquad \text{момент трения}$$

$$P_{Mb} := \begin{pmatrix} -20 \\ 20 \end{pmatrix} J$$

при усилии



Передаточное отношение
планетарки

$$i_{cherv} := 33$$

$$i_{pr} := 4 \cdot i_{cherv} = 132 \quad \eta := 0.95 \cdot 0.7 = 0.665$$

$$i_{pr_1} := i_{pr} = 132$$

$$J_{\Sigma} := \left(\frac{\text{лопасть}}{i_{pr}^2} + \frac{\text{черв}}{i_{pr}^2} + \frac{\text{гайка}}{i_{pr}^2} + \frac{\text{рвр до червяка}}{i_{cherv}^2} \right) \cdot 1 = 0.637 \cdot \text{kg} \cdot \text{mm}^2$$

$$t_{\max} = 0.4 \text{ s}$$

$$\Phi(t) := \begin{cases} 1 & \text{if } t \geq 0 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad 20$$

$$t_1 := 70 \text{ ms} \quad t_2 := 70 \text{ ms}$$

$$\omega_{\max} := \frac{h_{\max} \cdot i_{pr}}{t_{\max} - 0.5 \cdot t_1 - 0.5 \cdot t_2} = 2400 \cdot \text{rpm}$$

$$\omega_{\max 1} := \frac{h_{\max}}{t_{\max} - 0.5 \cdot t_1 - 0.5 \cdot t_2} = 109.1 \cdot \frac{\text{deg}}{\text{s}}$$

$$\omega(t) := \frac{\omega_{\max}}{t_1} \cdot t \cdot (1 - \Phi(t - t_1)) + \omega_{\max} \cdot [\Phi(t - t_1) - \Phi[t - (t_{\max} - t_2)]] + \frac{\omega_{\max}}{t_2} \cdot (t_{\max} - t) \cdot \Phi[t - (t_{\max} - t_2)]$$

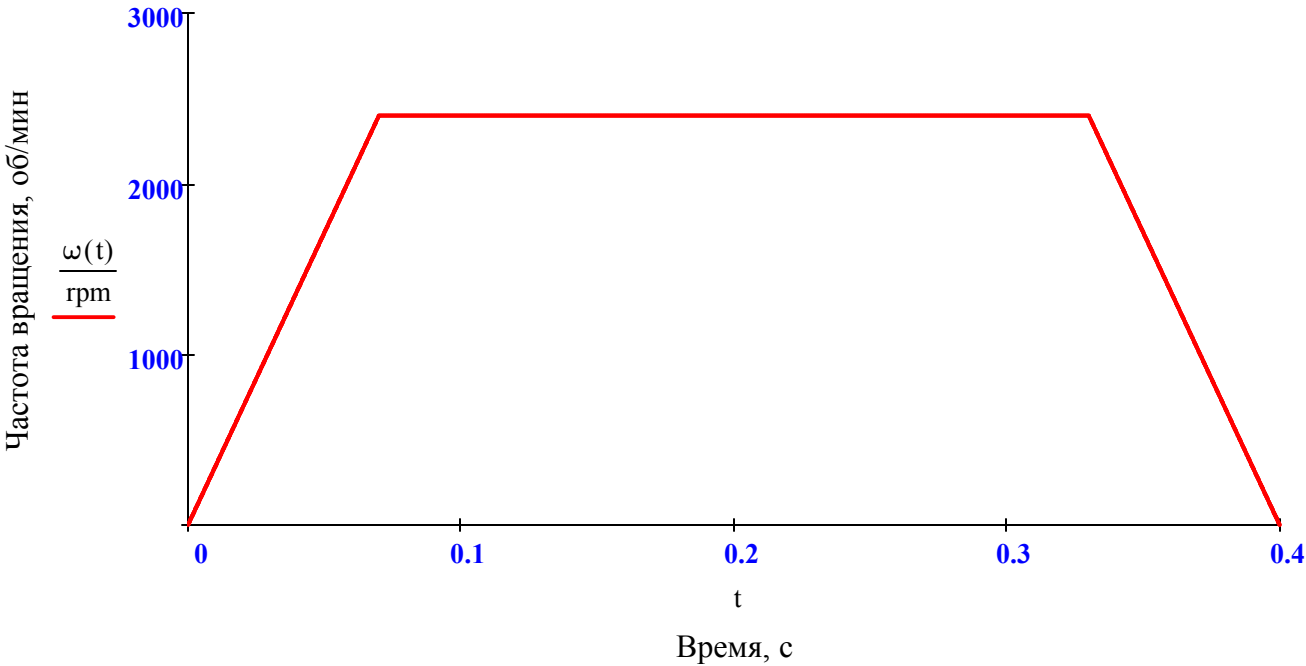
$$\varepsilon(t) := \frac{\omega_{\max}}{t_1} \cdot (1 - \Phi(t - t_1)) - \frac{\omega_{\max}}{t_2} \cdot \Phi[t - (t_{\max} - t_2)]$$

$$\varphi(t) := \frac{\omega_{\max}}{t_1} \cdot \frac{t^2}{2} \cdot (1 - \Phi(t - t_1)) + \left[\omega_{\max} \cdot \frac{t_1}{2} + \omega_{\max} \cdot (t - t_1) \right] \cdot [\Phi(t - t_1) - \Phi[t - (t_{\max} - t_2)]] + \left[\omega_{\max} \cdot \frac{t_1}{2} + \omega_n \right]$$

$$h_s(t) := \frac{\varphi(t)}{i_{pr}}$$

$$t := 0, \frac{t_{max}}{n} .. t_{max}$$

$$n := 10000 \quad h1(t) := h_s(t)$$



$$M_{bb}(t) := \frac{\text{linterp}\big(P_{Mb},M_{bear},\text{linterp}\big(h,P,h_s(t)\big)\big)}{i_{pr}\cdot\eta}$$

$$M_{nagr}(t) := \frac{\big(\text{linterp}\big(h,P,h_s(t)\big)\big)}{\eta\cdot i_{pr}}$$

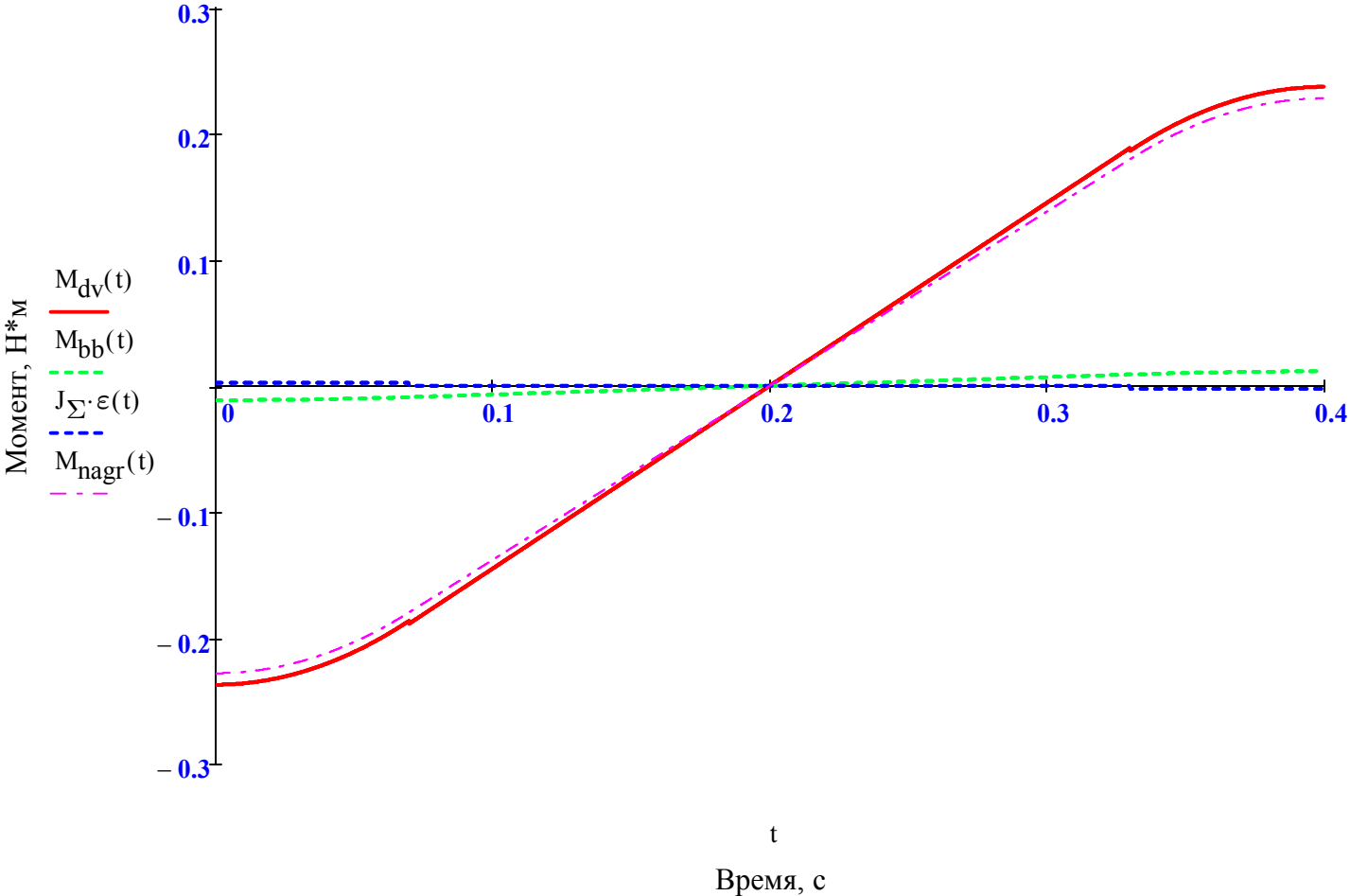
момент в упорном подшипнике по линейному закону в зависимости от нагрузки

$$M_1(t) := \text{linterp}\big(P_{Mb},M_{bear},\text{linterp}\big(h,P,h_s(t)\big)\big) + \big(\text{linterp}\big(h,P,h_s(t)\big)\big) \qquad \text{нагрузка}$$

$$M_{dv}(t) := J_{\Sigma} \cdot \varepsilon(t) + M_{nagr}(t) + M_{bb}(t)$$

необходимый момент

электродвигателя



$$P_0(t) := M_1(t) \cdot \frac{\omega(t)}{i_{pr}}$$

$$\omega_{dv}(t) := \omega(t)$$

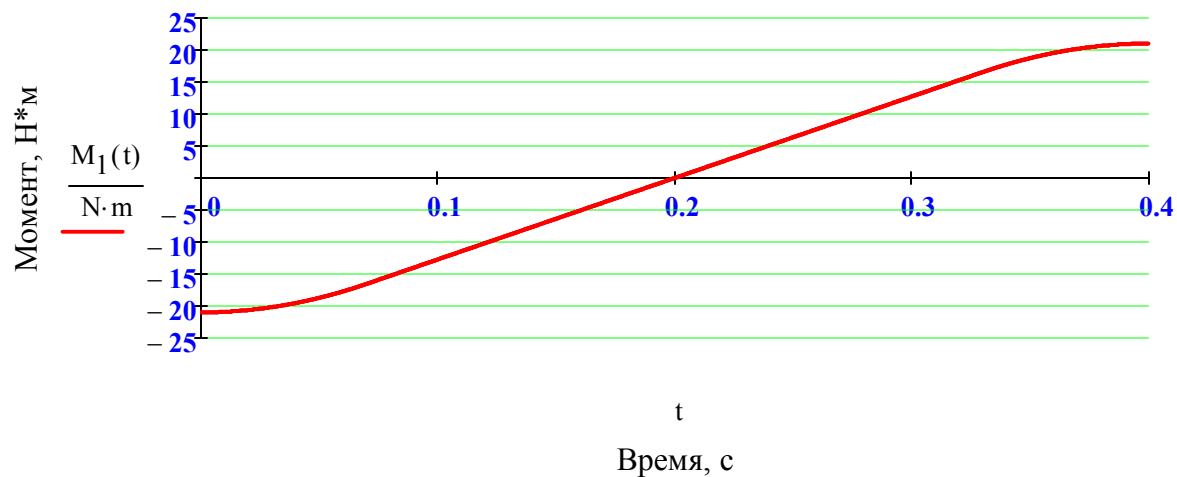
$$P_{dv}(t) := M_{dv}(t) \cdot \omega_{dv}(t)$$

Средний момент за цикл

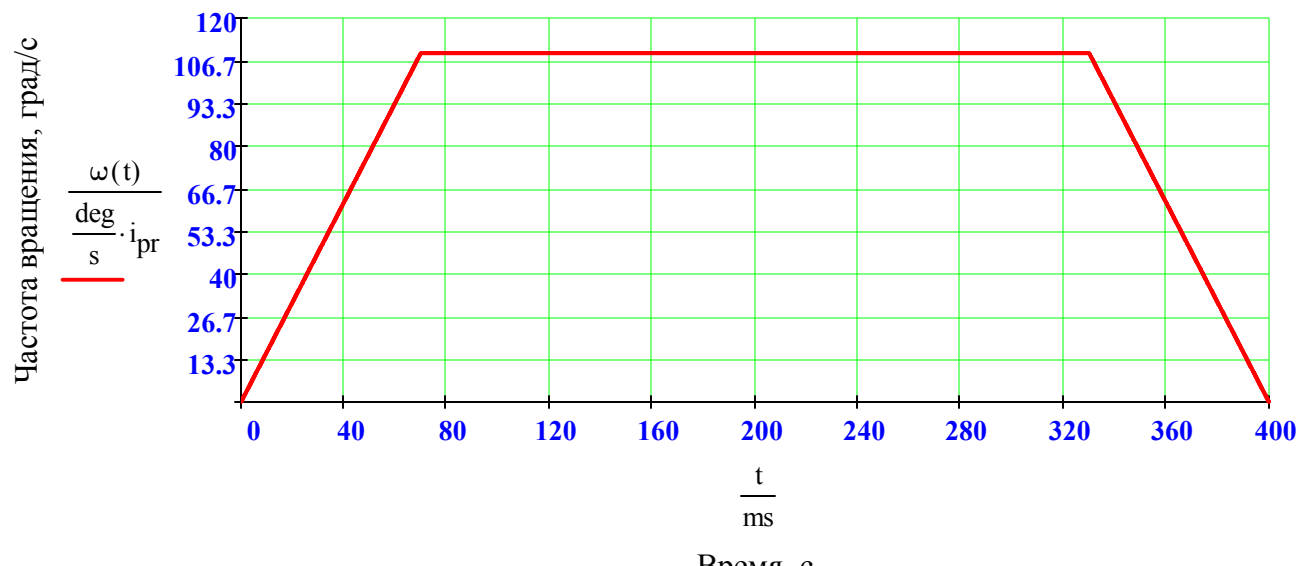
$$\sqrt{\sum_t \frac{M_{dv}(t)^2}{n}} = 0.157 \text{ J}$$

$$\sqrt{\sum_t \frac{P_{dv}(t)^2}{n}} = 28.316 \text{ W}$$

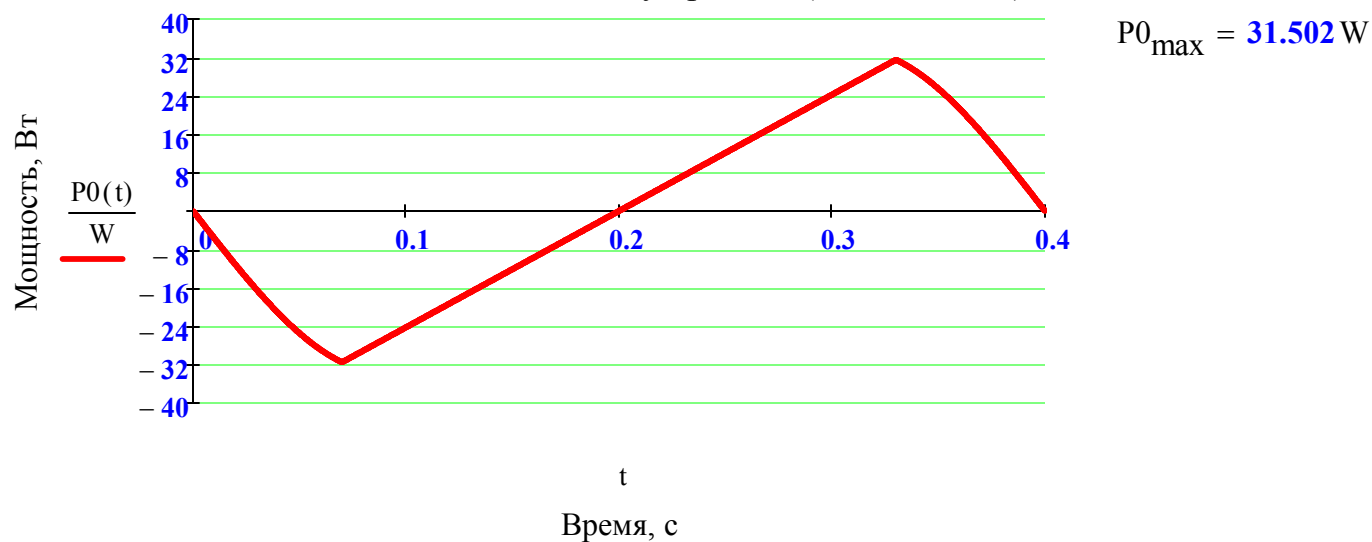
Момент на выходном валу привода (необходимая)



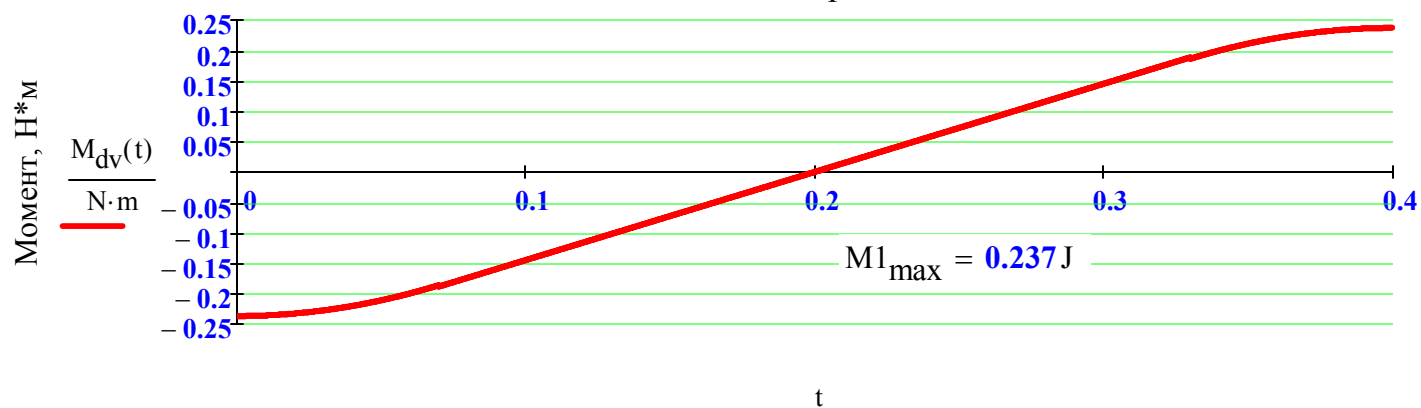
Скорость на выходном валу привода (необходимая)



Мощность на выходном валу привода (необходимая)



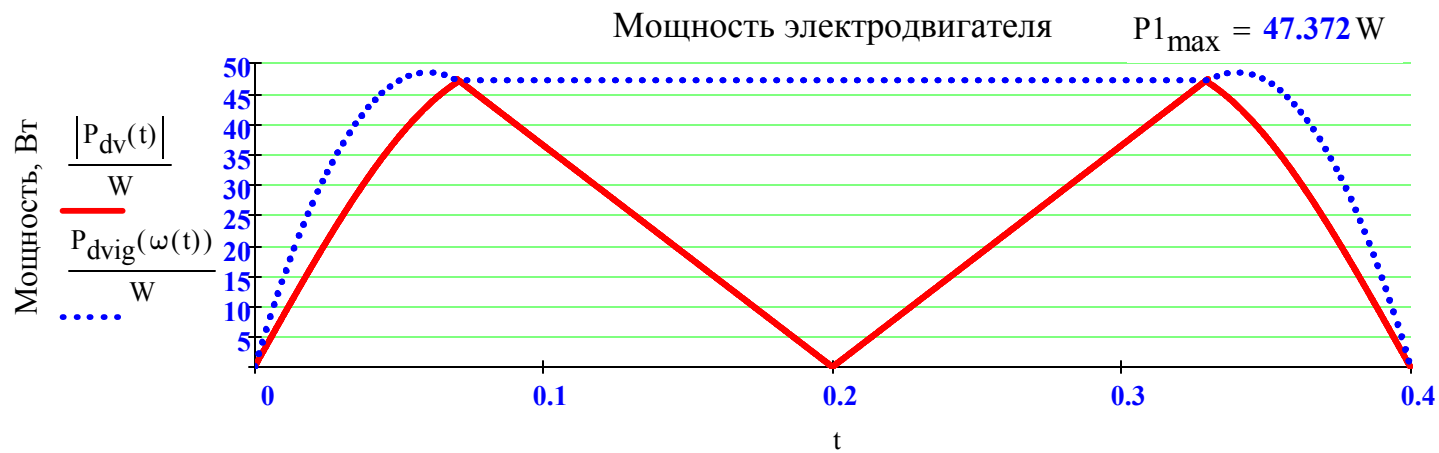
Момент электродвигателя



Скорость электродвигателя

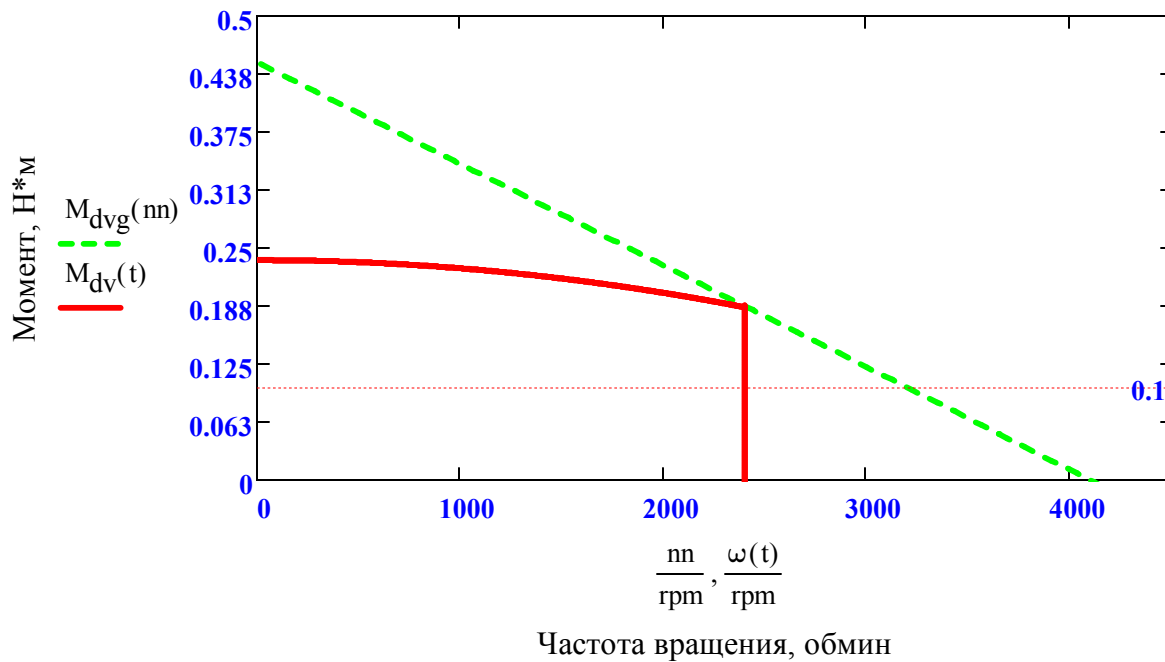


Мощность электродвигателя



Среднеквадратичные значения момента и мощности

$$\sqrt{\sum_t \frac{M_{dv}(t)^2}{n}} = 0.157 \text{ J} \quad \sqrt{\sum_t \frac{P_{dv}(t)^2}{n}} = 28.316 \text{ W}$$



$$i_{pr_1} = 132 \quad \text{передаточное отношение}$$

$$P1_{max} = 47.372 \text{ W} \quad \text{максимальная мощность}$$

$$\omega1_{max} = 2400 \cdot rpm \quad \text{максимальная скорость на входном валу привода}$$

$$M1_{max} = 0.237 \text{ J} \quad \text{максимальный момент на входном валу привода}$$

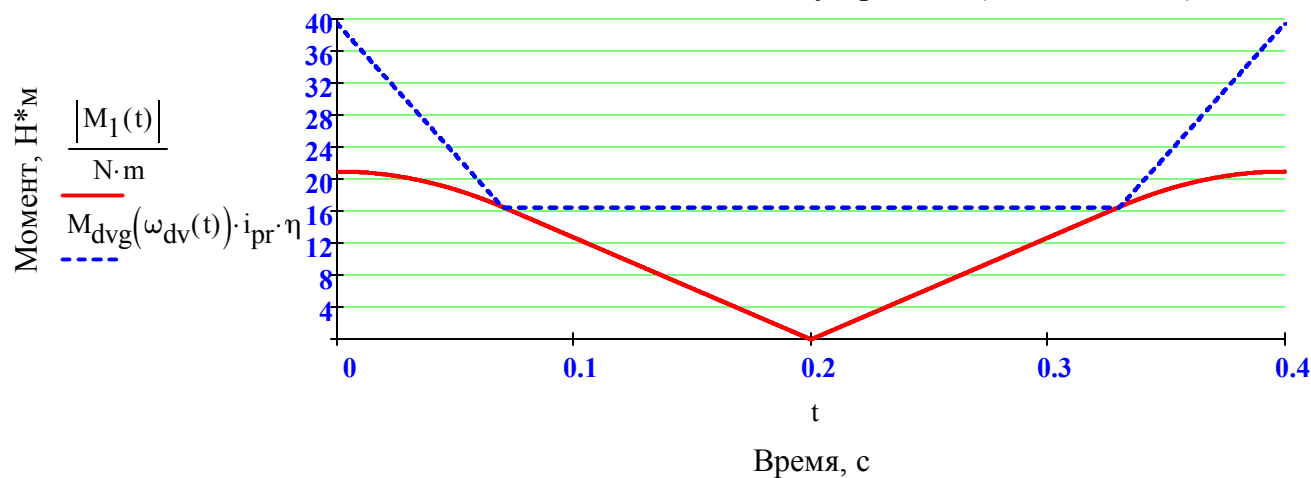
$$\sqrt{\sum_t \frac{M_{dv(t)}^2}{n}} = 0.157 \text{ J} \quad \text{среднеквадратичный момент на входном валу привода}$$

$$\sqrt{\sum_t \frac{P_{dv(t)}^2}{n}} = 28.316 \text{ W} \quad \text{среднеквадратичная мощность на входном валу привода}$$

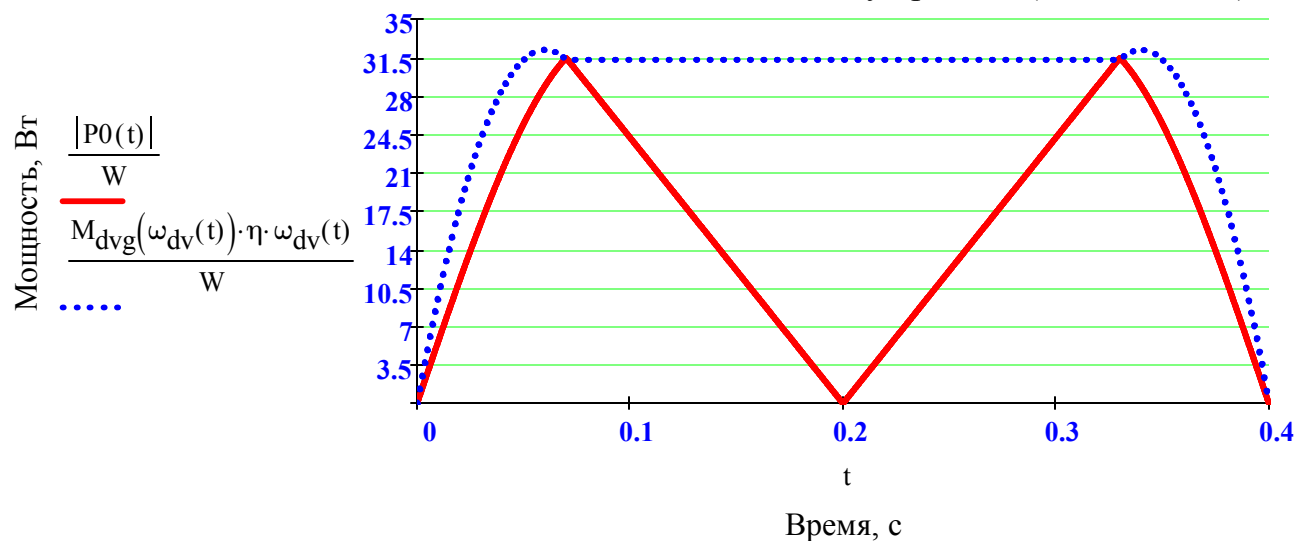
$$M_{dvig} = \begin{pmatrix} 0.45 \\ 0.1 \\ 0 \end{pmatrix} \text{ J} \quad n_{dvig} = \begin{pmatrix} 0 \\ 3200 \\ 4100 \end{pmatrix} \cdot rpm \quad \text{характеристики электродвигателя}$$

$$\overrightarrow{n_{dvig} \cdot M_{dvig}} = \begin{pmatrix} 0 \\ 33.51 \\ 0 \end{pmatrix} \text{ W} \quad \text{мощности электродвигателя}$$

Момент на выходном валу привода (необходимая)



Мощность на выходном валу привода (необходимая)



$$\sum_t \frac{|M_{dv}(t)|}{n} = 0.138 \text{ J} \quad \text{средний момент на входном валу привода}$$

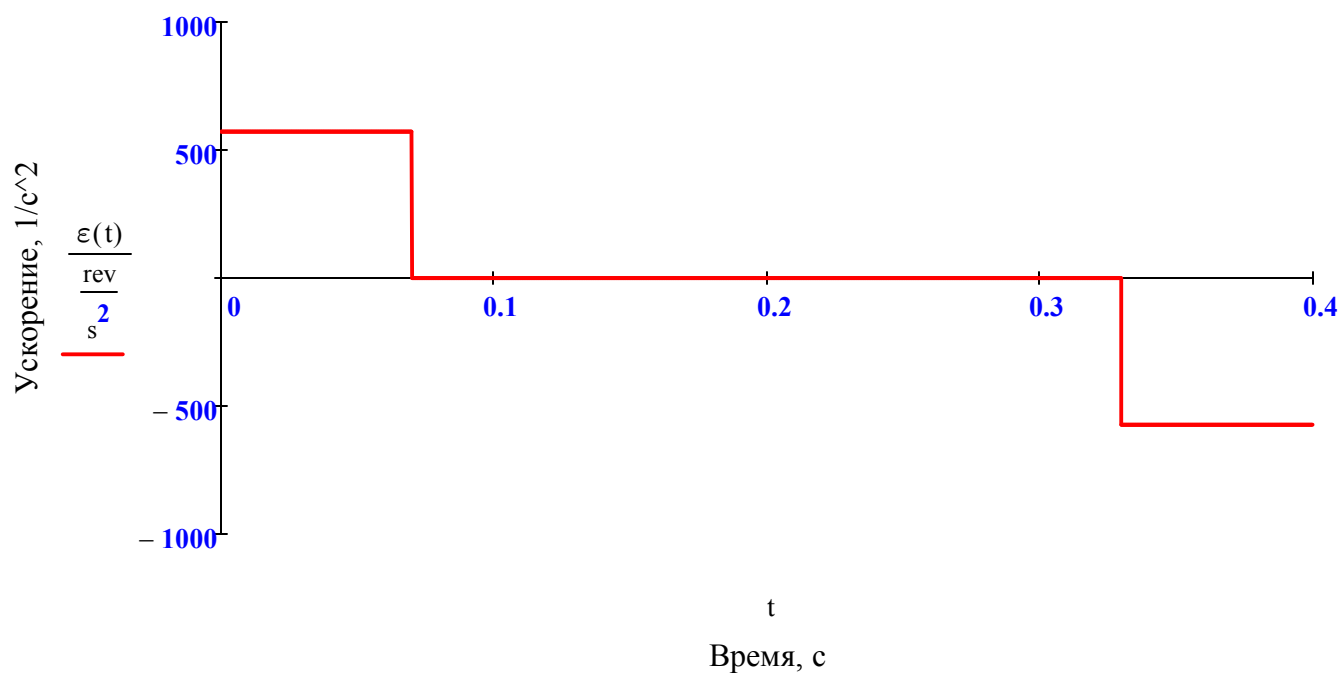
$$K_M := \frac{0.1 \text{ N} \cdot \text{m}}{2.57 \text{ A}} = 0.039 \cdot \frac{\text{N} \cdot \text{m}}{\text{A}} \quad \text{Коэффициент момента}$$

$$\frac{\sum_t \frac{|M_{dv}(t)|}{n}}{K_M} = 3.554 \text{ A} \quad \text{средний ток}$$

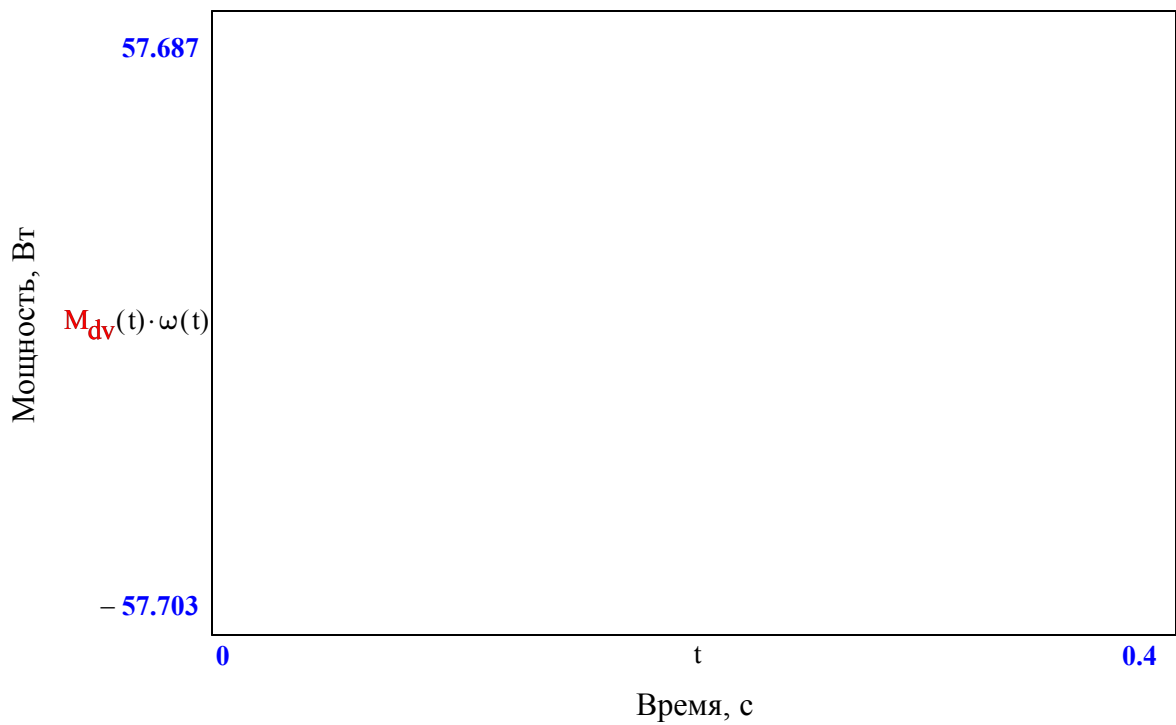
$$\frac{21\text{J}\cdot 90\frac{\text{deg}}{\text{s}}}{0.5} = 65.973\text{W}$$

$$0.98^6\cdot 0.99^6 = 0.834$$

$$\omega_{\max} \cdot (t_{\max} - t_1 - t_2) + \left[-\frac{\omega_{\max} \cdot (t - t_{\max})^2}{2 \cdot t_2} + \frac{\omega_{\max} \cdot t_2}{2} \right] \cdot \Phi[t - (t_{\max} - t_2)]$$



$$\left(\text{linterp}\left(h, P, h_s(t)\right)\right) \cdot \frac{1}{0.5} + M_{bb}(t)$$



$$\frac{21 \text{ J} \cdot 90 \frac{\text{deg}}{\text{s}}}{0.5} = 65.973 \text{ W}$$

$$\frac{1}{t_{\max}} \cdot \int_{0s}^{t_{\max}} |M_{dv}(t)| dt = 0.138 \text{ J} \quad \frac{1}{t_{\max}} \cdot \int_{0s}^{t_{\max}} |M_{dv}(t) \cdot \omega(t)| dt = 24.699 \text{ W}$$

$$t1 := 0.35s$$

$$P0_{\max} := \text{Maximize}(P0, t1) \quad M0_{\max} := \text{Maximize}(M1, t1) \quad \omega1_{\max} := \text{Maximize}(\omega, t1)$$

$$\overset{\text{max}}{P0} := P0(P0_{\max}) = 31.502 \text{ W} \quad \overset{\text{max}}{M0} := M1(M0_{\max}) = 21 \text{ J} \quad \overset{\text{max}}{\omega1} := \omega(\omega1_{\max}) = 2400 \cdot \text{rpm}$$

$$t1 := 0.35 \text{ s}$$

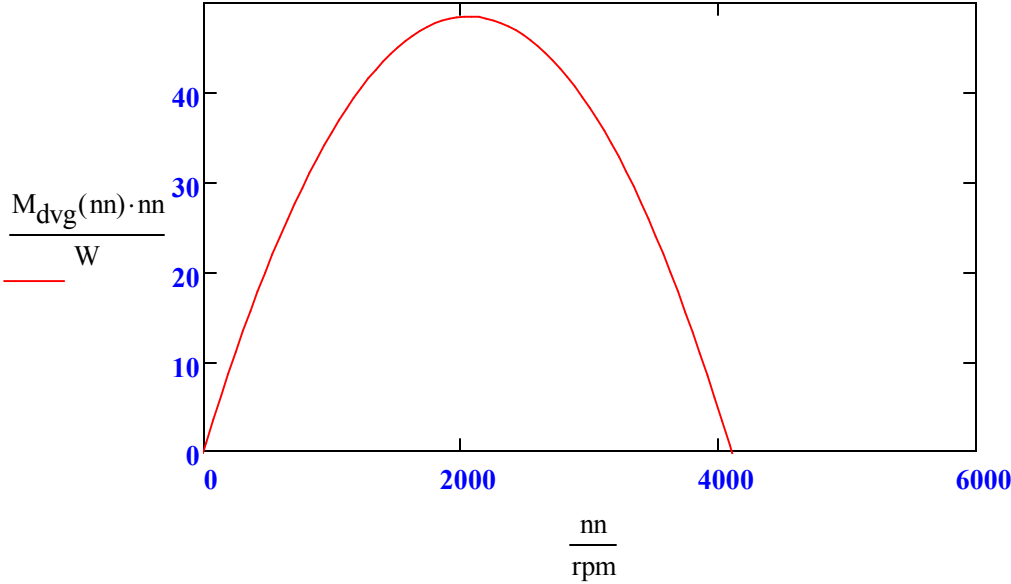
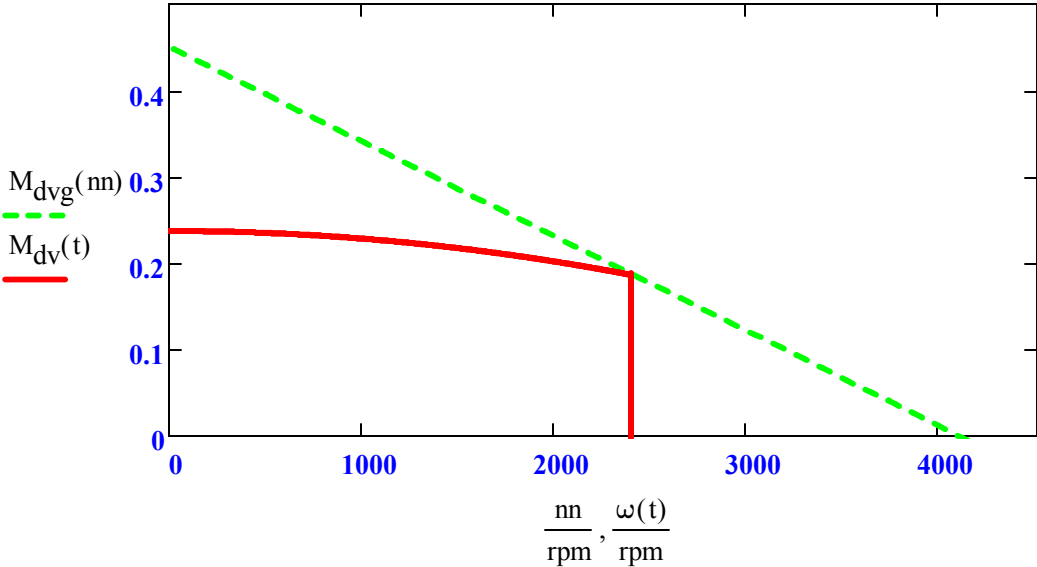
$$P1_{\max} := \text{Maximize}(P_{dv}, t1) \quad M1_{\max} := \text{Maximize}(M_{dv}, t1) \quad \omega1_{\max} := \text{Maximize}(\omega, t1)$$

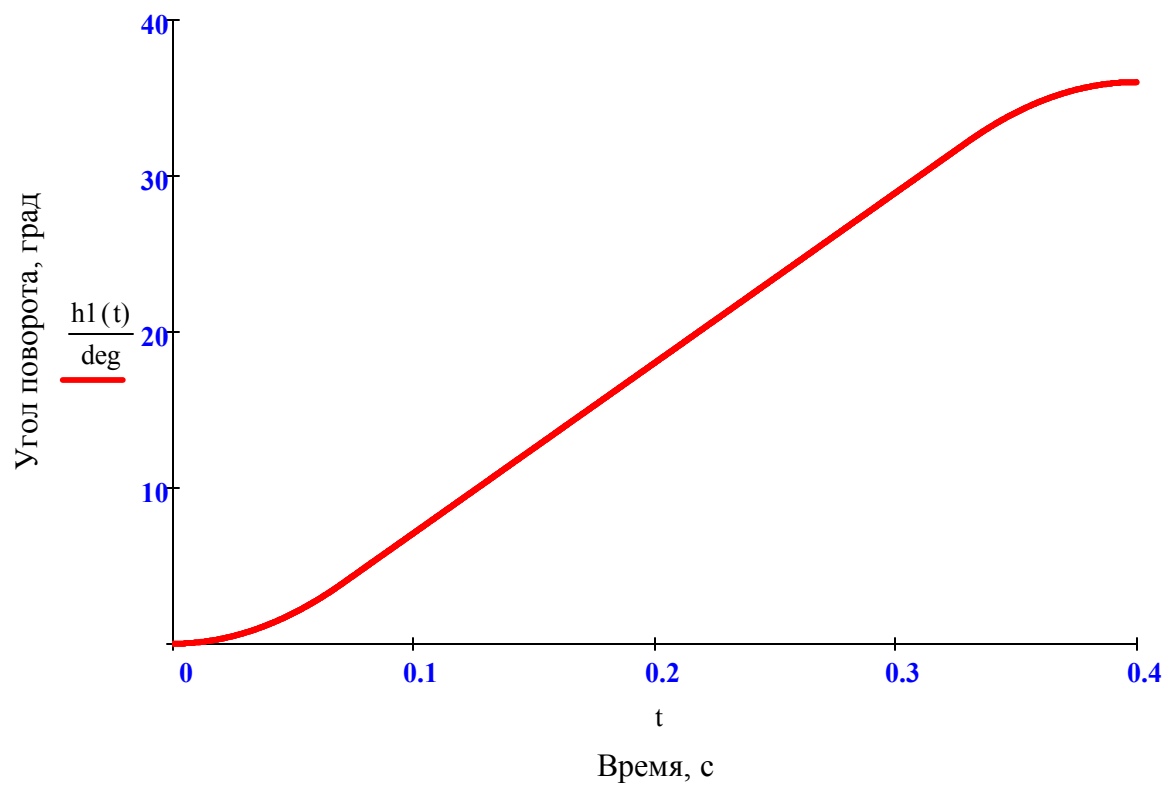
$$P1_{\max} := P_{dv}(P1_{\max}) = 47.372 \text{ W} \quad M1_{\max} := M_{dv}(M1_{\max}) = 0.237 \text{ J} \quad \omega1_{\max} := \omega(\omega1_{\max}) = 2400 \cdot \text{rpm}$$

$$M_{\text{dvg}} := \begin{pmatrix} 0.45 \\ 0.1 \\ 0 \end{pmatrix} \text{ J} \qquad n_{\text{dvg}} := \begin{pmatrix} 0 \\ 3200 \\ 4100 \end{pmatrix} \text{ rpm}$$

$$M_{\text{dvg}}(\text{nn}) := \text{linterp}\big(n_{\text{dvg}}, M_{\text{dvg}}, \text{nn}\big)$$

$$P_{\text{dvg}}(n) := M_{\text{dvg}}(n) \cdot n$$





$$6800\text{rpm} \cdot 0.043\text{J} = 30.62\text{W}$$