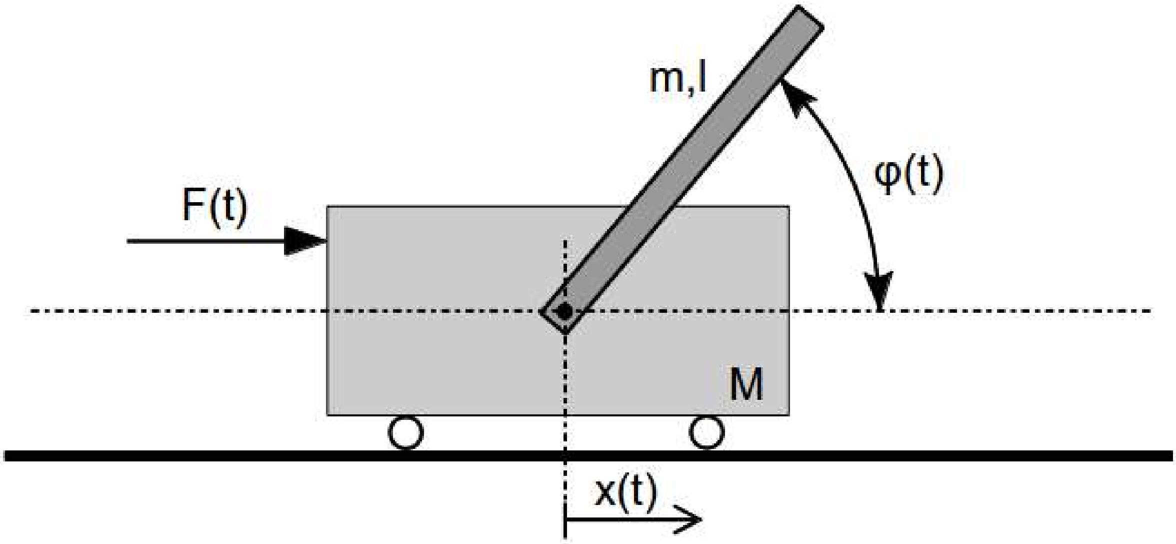
KYVADLO NA VOZÍKU



Obr. 1 – Kyvadlo na vozíku

Principiální schéma modelu nacházejícího se v laboratoři K23 je na obr. 1.

Laboratorní model Kyvadlo na vozíku je nelineární stabilní (pro naše účely) systém s jedním vstupem

- napětí na motoru vyvolávajícím sílu F působicí na vozík, u [V] (akční veličina)

a dvěma výstupy

- úhel natočení kyvadla měřený od vodorovné polohy φ [°],
- poloha vozíku x [m].

Modelování

Systém kyvadla na vozíku je popsán následujícími diferenciálními rovnicemi:

$$(M+m)\ddot{x}(t) - ml\ddot{\varphi}(t)\sin\varphi(t) - ml\dot{\varphi}^2(t)\cos\varphi(t) + b\dot{x}(t) = F(t)$$
$$J_p\ddot{\varphi}(t) + mgl\cos(\varphi(t)) - ml\ddot{x}(t)\sin(\varphi(t)) + 2\delta\dot{\varphi}(t) = 0.$$

Tyto rovnice je možné přepsat do vhodnějšího tvaru

$$\ddot{x}(t) = \frac{1}{f_1(t)}\left[l^2m^2g\cos\varphi(t)\sin\varphi(t) - J_pml\cos\varphi(t)\,\dot{\varphi}^2(t) + 2\delta ml\sin\varphi(t)\,\dot{\varphi}(t) - FJ_p + J_pb\dot{x}(t)\right]$$
$$\ddot{\varphi}(t) = \frac{1}{f_2(t)}\left[2\delta\dot{\varphi}(t) + mlg\cos\varphi\,(t) - \frac{m^2l^2}{M+m}\sin\varphi(t)\cos\varphi(t)\,\dot{\varphi}^2(t) - \frac{ml}{M+m}\sin\varphi\,(t)F(t) + \frac{mlb}{M+m}\sin\varphi\,(t)\dot{x}(t)\right],$$

kde funkce $f_1(t) = -J_pm - J_pM + l^2m^2\sin^2\varphi(t)$ a $f_2(t) = -J_p + \frac{l^2m^2\sin^2\varphi(t)}{(M+m)}$.

Parametry v rovnicích jsou: m [kg] je hmotnost kyvadla, M [kg] je hmotnost vozíku, l [m] je délka kyvadla, J_p [kg m s^{-2}] je moment setrvačnosti kyvadla vzhledem k ose otáčení, g [m s^{-2}] je gravitační zrychlení, b [kg s^{-1}] reprezentuje všechna tření úměrná rychlosti vozíku, δ [kg m^2 s^{-1}] je koeficient viskózního tření v kloubu kyvadla.

Předpokládejte, že síla působící na vozík je lineárně úměrná napětí na motoru. Motor obsahuje pásmo necitlivosti, jeho dynamika je zanedbatelná. Rozsah vstupního signálu je omezen.