

A motornak a szabályozásban alkalmazott fizikai átviteli függvénye a motor kapocsfeszültsége és fordulatszáma (forgási körfrekvenciája) közti összefüggést ír le. A digitális realizációban mind a motorfeszültség, mind pedig a forgási körfrekvencia numerikus skálára leképezve jelenik meg, így a digitális szabályozási körben más erősítések érvényesek, mint az analóg megfelelőjében.

### A forgási körfrekvencia skálázása

A mért forgási frekvenciát (másodpercenkénti fordulatszámot) úgy skálázzuk, hogy a motor maximális fordulatszámán az AD konverzió maximális értékének megfelelő numerikus érték álljon elő. A rendszerben előálló paramétereket 14-bites felbontással ábrázoljuk, előjeles értékeket tekintve ez a [-16384,16383] számtartományt jelenti. A bemeneti (alapjel) értékek esetében az alapot az alkalmazott potenciométerek (feszültségosztók) feszültségét mérő AD konverter számábrázolási tartománya jelenti, 12-bites ADC mellett ez előjeles értelemben [-2048,2047]. Az egységes kezelés érdekében ezt az értéket 8-cal szorozzuk, így a bemeneti jelek értéktartománya is [-16384,16383].

A periódusidő mérés 90 MHz számlálási frekvenciával valósul meg a motor tengelyén fordulatonként 500 impulzust produkáló inkrementális jeladó segítségével. A fordulatszám-mérés a motor hátsó tengelyén történik, tehát a mérést nem befolyásolja a motor tengelyére kapcsolt 1:4.8-as áttételű hajtómű. A periódusidő mérés eredményét  $Q$ -val jelölve a kimeneti tengelyen mért másodpercenkénti fordulatszám ( $M$  rps):

$$M = \frac{90 \cdot 10^6}{500 \cdot Q} = \frac{180000}{Q},$$

lásd a 'RPS500-90MHz.pdf' dokumentumban.

A rendszerben a következő skálázást használjuk: a maximális 16484 mért értéknek a motor maximális fordulatszáma felel meg, amely a katalógus adatlap szerint 6000 rpm, azaz 100 rps. Tehát az rps-ben mért fordulatszám numerikus értéke (jelöljük ezt  $N$ -nel):

$$N = \frac{90000000}{500 \cdot Q} \cdot \frac{16384}{100} = \frac{29491200}{Q}.$$

A fentiek alapján tehát a motortengely másodpercenkénti fordulatszámának megfelelő numerikus érték a következő:

rps ( $f$ )	$\omega$ ( $2\pi f$ )	N
100	$200\pi$	16384
0	0	0
-100	$-200\pi$	-16384

A digitális szabályozási körben szerepeltetnünk kell ezt a skálázást. A motor kimenetén megjelenő fordulatszámot (forgási körfrekvenciát) a skálázásnak megfelelő numerikus értékre kell váltani. A motort leíró – kapocsfeszültségről forgási körfrekvenciára felírt – transzfer függvény után tehát be kell iktatnunk egy

$$C_\omega = \frac{16384}{2\pi \cdot N_{max}} = \frac{16384}{200\pi} \approx 13.037973.$$

szorzó tényezőt.

## A beavatkozó jel skálázása

A beavatkozó jel a motor kapocsfeszültsége. Ezt impulzusszélesség moduláció (PWM) alkalmazásával állítjuk elő a 12V-os motorfeszültség alapul vételével. A PWM jel frekvenciája a jelen alkalmazásban fix érték, olyan módon jön létre, hogy a mikrovezérlő egy időzítő egysége (TIMER) 90 MHz-es frekvenciával számol 2048 végértékig. Szimmetrikus PWM jele generálunk (fel-le számlálás) így kiadódó frekvencia

$$f_{PWM} = \frac{90 \cdot 10^6 [Hz]}{2 \cdot 2048} = 21,972.65625 [Hz].$$

A kitöltési tényezőt 2048-hoz viszonyítva fejezzük ki, így valamely  $N_{PWM}$  számértéknek megfelelő motor kapocsfeszültség:

$$V_c = \frac{N_{PWM}}{2048} \cdot 12[V] = C_V N_{PWM} = 0.005859375 \cdot N_{PWM} = 5.859375 \cdot 10^{-3} N_{PWM},$$

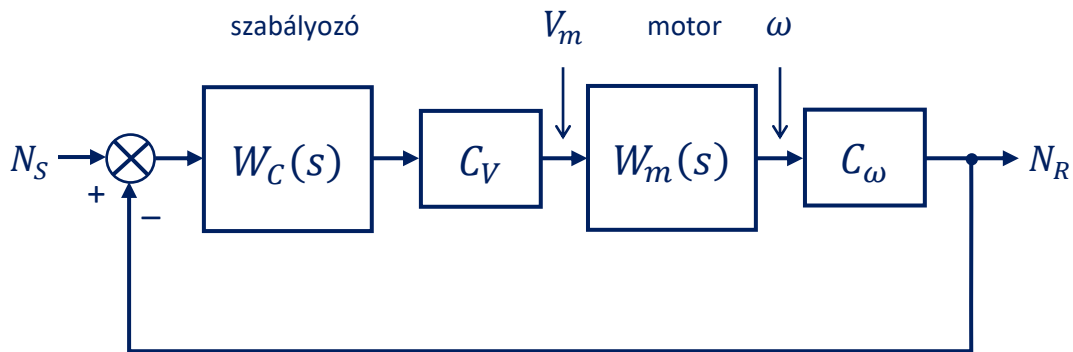
ahol

$$C_V = \frac{12}{2048} = 5.859375 \cdot 10^{-3},$$

illetve

$$N_{PWM} = \frac{V_c[V]}{C_V} \approx 170.6666 \cdot V_c[V].$$

Fordulatszám-szabályozás esetén a következő séma érvényes:



A digitális szabályozási körben a szabályozott szakasz erősítése a motor  $G_m$  statikus erősítésének és a  $C_V$  és  $C_\omega$  erősítések szorzata:

$$G = C_V G_m C_\omega,$$

ezt kell figyelembe venni a körerősítés számításánál, ill. a szabályozótervezésben.

## A rendszer pólusai és zérusai

A digitális szabályozások tervezésénél a rendszer pólusait és zérusait a diszkrétizált rendszernek megfelelően kell figyelembe venni. A diszkrétizálás során – a legtöbb módszer esetén – a rendszer pólusai általában nem változnak, csak átskálázódnak az 's' változóról a 'z' változóra, azaz a fél síkról az egységkör-lemezre való áttérés során. Az összefüggés

$$z = e^{sT},$$

ahol  $T$  a mintavételi periódusidő. A pólusok esetén, ha  $p_k$  a folytonos idejű rendszer egy pólusa, a diszkrét idejű rendszerhez tartozó ennek megfelelő pólus  $q_k$  a következő:

$$q_k = e^{p_k T},$$

vagy az  $f_s$  mintavételi frekvenciával kifejezve

$$q_k = e^{p_k / f_s}.$$

Ha a pólust  $p_k = \sigma_i + i\omega_k$  alakban fejezzük ki,

$$q_k = e^{(\sigma_i + i\omega_k) / f_s} = e^{\sigma_k / f_s} \cdot e^{i2\pi \frac{f_k}{f_s}}$$

Mivel az összefüggésben szereplő komplex exponenciális tényező  $2\pi$  szerint periodikus függvény, a frekvencia változóban a periódus  $f_s$ . A periodikus függvény alapperiódusát szokásosan a  $[-f_s/2, f_s/2]$  intervallumban ábrázoljuk, amely az

$$f_N = \frac{f_s}{2}$$

Nyquist frekvencia bevezetésével a  $[-f_N, f_N]$  formában fejezhető ki. A mintavételi törvény teljesülése esetén a diszkrét idejű rendszer pólusaihoz tartozó frekvenciák ebbe az intervallumba esnek.