

# Řízení polohy rotoru po eliptické orbitě pomocí aktivních magnetických ložisek

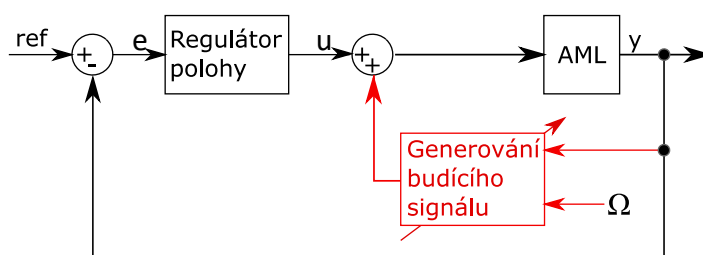
Karel Kalista<sup>1</sup>

## 1 Úvod

Aktivní magnetická ložiska (AML) jsou zařízení, pomocí kterých je možné udržet rotor v požadované poloze, aniž by došlo k mechanickému kontaktu rotoru s okolím. Primární účel AML je udržovat rotor ve středové poloze aniž bych docházelo k jeho kmitání. Ve velmi specifických většinou experimentálních úlohách může být naopak požadavek na vybuzení kmitání rotoru s požadovanou úhlovou rychlostí tak, aby se rotor pohyboval po požadovaném tvaru eliptické orbity. Intuitivním řešením je přivést na referenční vstup regulátorů polohy harmonický signál, který se bude regulátor snažit sledovat. Nejčastějším typem regulátoru v AML jsou PID regulátory, které řídí polohy rotoru v jednotlivých osách nezávisle. Tyto dynamické regulátory však nejsou určeny k sledování rychle se měnící požadované hodnoty. Řešením je systém doplnit adaptivním členem, který přičítá k akční veličině regulátoru harmonický signál s adaptivně upravovanou amplitudou a fází tak, aby byl dosažen požadovaný eliptický tvar orbity rotoru.

## 2 Adaptivní řízení AML

Řízení magnetické levitace v jedné ose je znázorněno na obr. 1. Standardní systém zahrnuje elektro-magneticko-mechanickou část AML (zesilovač, elektromagnet, rotor, snímač polohy), a regulátor. Referenční hodnota regulátoru polohy je konstantní. Systém je doplněn generátorem budícího signálu, do kterého vstupuje požadovaná úhlová rychlost kmitání a měřená poloha rotoru.



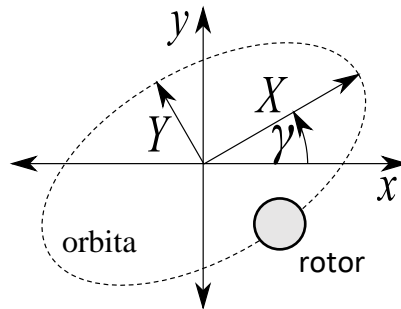
Obrázek 1: Řízení magnetické levitace s adaptivním členem

Generátor budícího signálu adaptivně upravuje amplitudu a fázi budícího signálu tak, aby byl dosažen požadovaný harmonický průběh na výstupu systému. Schéma adaptivního algoritmu je znázorněno na obr. 2. Požadovaný obecně eliptický tvar orbity kmitání rotoru lze zadat velikostí poloos ( $X$ ,  $Y$ ) a úhlem natočení elipsy  $\gamma$ , viz obr. 3. Z rotační transformace je určena referenční amplituda a fáze, viz rovnice (1).

<sup>1</sup> student doktorského studijního programu Aplikované vědy a informatika, obor Kybernetika, e-mail: kalistak@students.zcu.cz

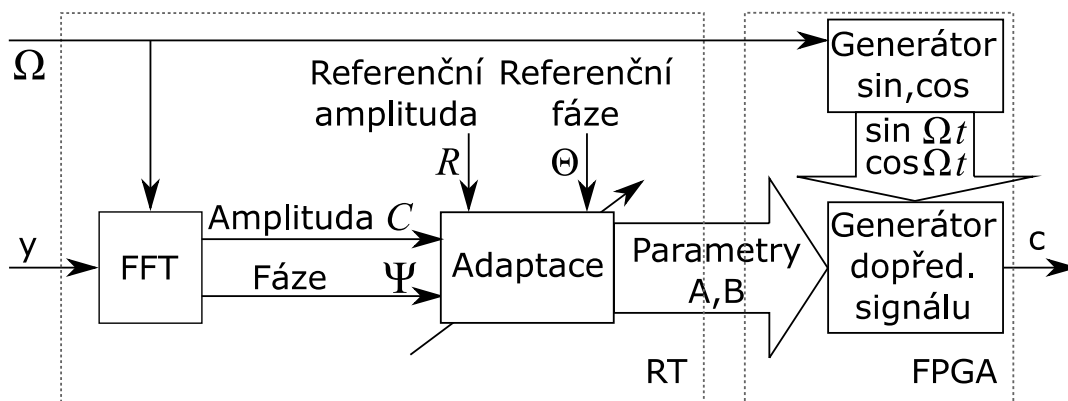
$$R_x = \sqrt{(X \cos \gamma)^2 + (Y \sin \gamma)^2}, \quad \Theta_x = \arctg(-Y \sin \gamma / X \cos \gamma),$$

$$R_y = \sqrt{(X \sin \gamma)^2 + (Y \cos \gamma)^2}, \quad \Theta_y = \arctg(Y \cos \gamma / X \sin \gamma). \quad (1)$$



**Obrázek 3:** Pohyb rotoru po eliptické orbitě

Měřená poloha systému kmitajícího rotoru je po odeznění přechodových dějů zpracována pomocí rychlé Fourierovy Transformace (FFT), ze které je určena amplituda a fáze na požadované úhlové rychlosti. Na základě odchylky od referenčních hodnot amplitudy a fáze jsou upraveny parametry budícího signálu.



**Obrázek 2:** Adaptivní generování budícího harmonického signálu

### 3 Závěr

Výše uvedený postup adaptivního řízení eliptické orbity rotoru jsem otestoval na rotorovém experimentálním zařízení, které se skládá z rotoru o hmotnosti 3kg, který je uložen ve dvou radiálních a jednom axiálním AML. Řídicí systém jsem implementoval v jazyce LabVIEW na řídicí ústředně CompactRIO s hradlovým polem s vzorkovací frekvencí 12,5 kHz. Při frekvenci kmitání 30 Hz byla maximální odchylka od požadovaného tvaru 5%.

### Poděkování

Príspevek byl podpořen grantovými projekty PUNTIS-LO1506 a SGS-2016-031.

### Literatura

Kalista, K. (2018) *Identifikace vlastností ucpávek rotačních strojů*, Práce ke státní doktorské zkoušce, Západočeská Univerzita, Plzeň