

Chaotinių osciliatorių fazės dinamikos prognozė

Tatjana Pyragienė, Kęstutis Pyragas



Fizinių ir technologijos mokslų centro Puslaidininkių fizikos institutas, Vilnius
Mokslinis tyrimas finansuojamas Europos socialinio fondo lėšomis pagal visuotinės dotacijos priemonę

Mes nagrinėjame vienišai sujungtų chaotinių sistemų *be delsos* fazinės sinchronizacijos reiškinį.

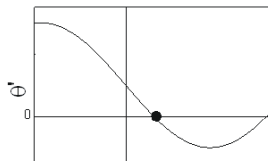
Mes parodome, kad šiuo atveju gali pasireikšti pirmaujančios fazės sinchronizacijos reiškinys, kuris, didinant ryšio stiprį, pereina į prognozuojančios sinchronizacijos režimą.

Paprastas modelis

$$\omega_2 > \omega_1$$

$$\dot{\varphi}_1 = \omega_1,$$

$$\dot{\varphi}_2 = \omega_2 + \varepsilon \sin(\varphi_1 - \varphi_2)$$



Adlerio lygtis

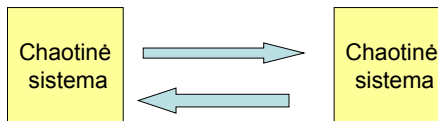
$$\dot{\theta} = \omega_2 - \omega_1 - \varepsilon \sin \theta \quad \theta_0 = \arcsin((\omega_2 - \omega_1) / \varepsilon) > 0$$

$$\theta = \varphi_2 - \varphi_1$$

Turime pirmaujančios fazės sinchronizaciją

$$\varphi_2 = \varphi_1 + \theta_0$$

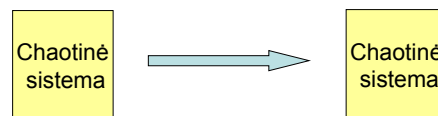
Fazinė sinchronizacija



M. Rosenblum, A. Pikovsky, J. Kurths, PRL **76**, 1804 (1996)
M. Rosenblum, A. Pikovsky, J. Kurths, PRL **78**, 4193 (1997)



Kaip pasireiškia fazinė sinchronizacija **vienpusiškai** sujungtų chaotinių osciliatorių sistemoje?



Ar egzistuoja **pirmaujančios fazinės sinchronizacijos** režimas vienišai sujungtų chaotinių osciliatorių sistemoje?

Dvi chaotinės Rioslerio sistemos

Siųstuvas

Atsako sistema

$$\begin{aligned} \dot{x}_1 &= -\omega_1 y_1 - z_1, & \dot{x}_2 &= -\omega_2 y_2 - z_2 + \varepsilon(x_1 - x_2), \\ \dot{y}_1 &= \omega_1 x_1 + a y_1, & \dot{y}_2 &= \omega_2 x_2 + a y_2, \\ \dot{z}_1 &= b + z_1(x_1 - c), & \dot{z}_2 &= b + z_2(x_2 - c). \end{aligned}$$

$$a = 0.165, b = 0.2, c = 10, \omega_1 = 0.95, \omega_2 = 0.99$$

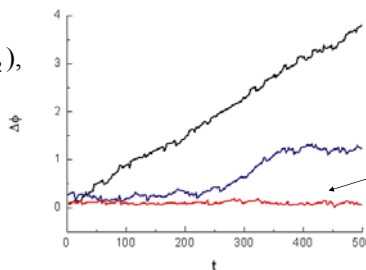
Fazių skirtumo dinamika

Ryšio stipris

$$\varepsilon$$

$$\Delta\varphi = \varphi_2 - \varphi_1 > 0$$

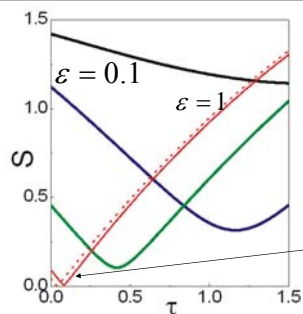
Fazės "sukabintos"



Pirmaujančios fazės sinchronizacija

Didinant ryšio stiprį, pirmaujančios fazės sinchronizacija pereina į **prognozuojančią sinchronizaciją**:

$$x_2(t) = x_1(t + \tau)$$



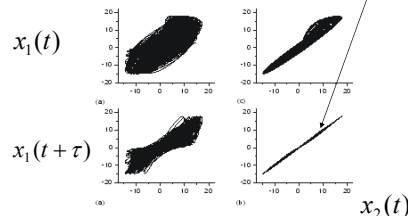
$$S^2(\tau) = \frac{\langle [x_2(t) - x_1(t + \tau)]^2 \rangle}{\langle x_1^2 \rangle \langle x_2^2 \rangle}^{1/2}$$

Prognozuojanti sinchronizacija - panašumo funkcija turi gilių minimumą

Fazinis portretas

$\varepsilon = 0.15$

$\varepsilon = 0.4$



Analizinis tyrimas

Asimptotinė Adlerio lygtis

$$\dot{\theta} = \omega_2 - \omega_1 - \frac{\varepsilon A_1}{2 A_2} \sin \theta \quad \theta = \varphi_2 - \varphi_1$$

Teigiamas rimties taškas:

$$\theta_0 = \arcsin\left[\frac{2 A_2 (\omega_2 - \omega_1)}{A_1 \varepsilon}\right] > 0,$$

$$\varepsilon > 2 A_2 (\omega_2 - \omega_1) / A_1$$

$$\omega_1 = 0.95, \omega_2 = 0.99$$

$$\varepsilon > 0.08$$

Išvados

Pirmaujančios fazinės sinchronizacijos reiškinys buvo aptiktas ir skaitmeniškai bei analiziškai ištirtas dviejų vienišai sujungtų chaotinių Rioslerio osciliatorių sistemoje.

Esant pakankamai dideliui ryšio stipriui, pirmaujančios fazės sinchronizacija transformuojasi į prognozuojančią sinchronizaciją.

Dinamikos prognozė gali būti atliktą vienišai sujungtų chaotinių osciliatorių sistemoje, kuri **neturi delsos elementų** atsako bei siųstuvo sistemose, jei atsako sistema yra greitesnė nei siųstuvas.