

POLITECHNIKA ŁÓDZKA  
WYDZIAŁ MECHANICZNY  
KATEDRA DYNAMIKI MASZYN

Michał Marszał

## Efekty synchronizacyjne w systemach z tarcieniem suchym

promotor: prof. dr hab. inż. Andrzej Stefański

### Streszczenie rozprawy doktorskiej

Synchronizacja jest interdyscyplinarnym zjawiskiem, które jest przedmiotem badań naukowych prowadzonych z różnych perspektyw. Synchronizacja w dynamicznych systemach była obserwowana już od dawna. Jednak dopiero rozwój nieliniowej dynamiki i technik obliczeniowych umożliwił naukowcom głębsze zbadanie tego zagadnienia. Niniejsza rozprawa doktorska swoim zakresem obejmuje analizę właściwości synchronizacji w układach dynamicznych z tarcieniem. W celu przedstawienia natury tarcia stworzono wiele modeli, które biorą pod uwagę różne cechy tarcia. Niemniej jednak, żaden z tych modeli nie jest w stanie całościowo opisać zjawisko tarcia we wszystkich jego aspektach.

Przedstawiony kierunek badań zdeterminował główny cel pracy doktorskiej, którym jest analiza właściwości synchronizacyjnych układów dynamicznych z suchym tarcieniem. Na jego realizację składa się analiza tarcia w odniesieniu do właściwości makroskopowych, numeryczne modelowanie sprzężonych oscylatorów z suchym tarcieniem oraz kompleksowa analiza efektów synchronizacji w rozpatrywanych układach. Rezultatem powyższych rozważań jest główna teza badawcza, która zakłada, że w mechanicznych układach dynamicznych z suchym tarcieniem można obserwować zjawisko synchronizacji zachodzące między sprzężonymi elementami układu.

Za referencyjny model tarcia w pracy przyjęto model Stribeck z wykładniczą nieliniowością. Nieciągłość cechującą modele tarcia wygładzono za pomocą aproksymacji odpowiednią funkcją trygonometryczną w celu ułatwienia obliczeń numerycznych. Dodatkowo przeprowadzono i porównano wyniki przy użyciu podejścia bez wygładzenia nieciągłości układu (tzw. *ang. switch model*).

Centralny punkt dysertacji stanowi wyznaczenie przedziałów synchronizacji w sieciach identycznych, sąsiadujących ze sobą oscylatorów ciernych,

21.03.2017 Michał Marszał

połączonych w otwarty i zamknięty łańcuch. W tym celu dokonano numerycznych obliczeń błędów synchronizacyjnych (globalnych i klastrowych). Sieci o różnej długości zostały sprawdzone pod kątem występowania całkowitej i klastrowej synchronizacji w jedno- i dwuwymiarowej przestrzeni parametrów (współczynnik sprzężenia - częstość wymuszenia). Analiza obszarów synchronizacji wykazała, że całkowita synchronizacja występuje częściej dla niskich wartości współczynnika sprzężenia w obydwu testowanych topologiach połączeń. Przedziały synchronizacyjne otrzymane metodą całkowania numerycznego są porównane z wynikami otrzymanymi przy użyciu nadrzędnej funkcji stateczności (ang. *master stability function*), która została oszacowana za pomocą próby dwóch oscylatorów. W obu badanych topologiach sprzężeń znaleziono wiele przykładów obszarów synchronizacyjnych. Co więcej w przypadku zamkniętego łańcucha synchronizacja klastrowa występuje w dużo większej ilości wariantów. Można stwierdzić, że przedziały synchronizacyjne otrzymane numerycznie odpowiadają przedziałom otrzymanym przy użyciu nadrzędnej funkcji stateczności. Należy zauważyć, że zwiększenie wielkości sieci oscylatorów do zmniejszenia poziomu zdolności synchronizacyjnych układu. Badania wykazują, że nadrzędna funkcja stateczności oparta o próbę dwóch oscylatorów może być wykorzystywana do wyznaczania przedziałów synchronizacyjnych w systemach ze zjawiskiem *stick-slip*. Wykryte przedziały synchronizacyjne potwierdzają główną tezę rozprawy doktorskiej.

21.03.2017 Michel Marszał