

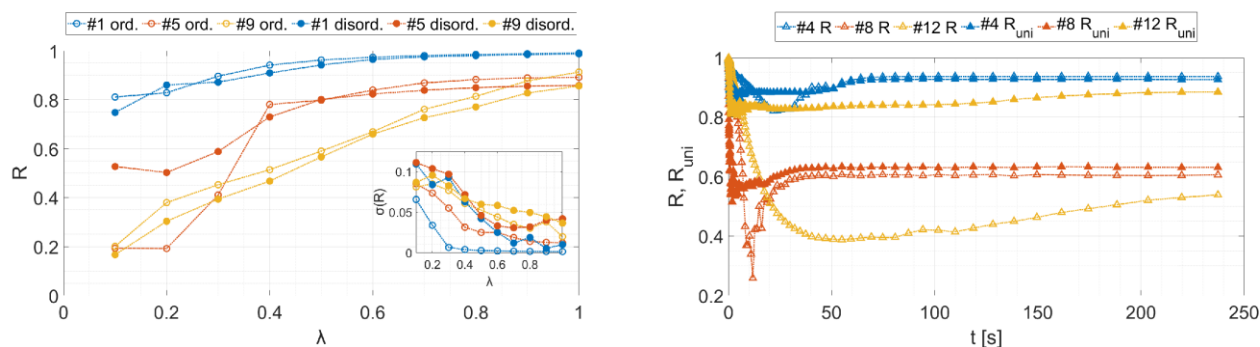
Studying power-grid synchronization with incremental refinement of model heterogeneity (Villamoshálózatok szinkronizáció vizsgálata modellheterogenitás fokozatos finomításával)

Hartmann Bálint, Ódor Géza, Benedek Kristóf és Papp István
Chaos 35, 013138 (2025)

Az elektromos rendszerek dinamikáját széles körben tanulmányozzák oszcillátorok fázisszinkronizációján keresztül, jellemzően a másodrendű Kuramoto egyenlet használatával. Habár számos jól ismert rendparaméter létezik ezen dinamika jellemzésére, ezeknek a mérőszámoknak a hiányosságait is felismerték. A fázisrendezetlen állapotoktól a fáziszárson át a teljesen szinkronizált rendszerekig tartó összes átmenet szemléltetésére új mérőszámokat javasoltak és mutattak be az irodalomban homogén modellek esetében.

A cikk célja egy hiányosság pótlása a szakirodalomban, nevezetesen annak vizsgálata, hogy az elektromos hálózati modellek fokozatos fejlesztése hogyan befolyásolja bizonyos mérőszámok pontosságát.

Annak tanulmányozására, hogy a modellek részleteit hogyan érzékelik a különböző mérőszámok, 12 villamoshálózati modellvariációt hoztak létre, amelyek a csatolási erősség, a csomóponti teljesítmények és a tehetetlenségi nyomaték révén változó heterogenitási szinteket vezettek be. A hálózati modelleket a másodrendű Kuramoto egyenlet és adaptív Runge-Kutta megoldó segítségével oldották meg és hasonlították össze, megmérve a fázis, a frekvencia és az univerzális rendparaméterek értékeit.



Ábra. A bal oldali panel a Kuramoto-féle R rendparamétert mutatja termalizált állapotban a különböző λ csatolási értékek függvényében az 1., 5. és 9. modellezési forgatókönyvek esetén. Betét ábra: a Kuramoto rendparaméter megfelelő szórásai.

A jobb oldali panel a Kuramoto és az univerzális rendparamétert időfejlődését mutatja fázisrendezett kezdeti feltétel esetén $\lambda = 0,5$ csatolás mellett. Az általános következtetés az, hogy a Kuramoto rendparaméter részletesebben jellemzi a rendszert, amikor a csatolás függvényében vizsgáljuk, amíg az időbeli evolúció szempontjából az univerzális rendparaméter észrevehetőbb elkülönülést mutat a különböző modelleseknek megfelelő.

Végül a modellek frekvenciaeredményeit összehasonlították a valós hálózati mérésekkel. Azt tapasztalták, hogy az univerzális rendparaméter képes volt a rácsmodellek több részletét rögzíteni, különösen csökkenő tehetetlenségi nyomaték esetén. Még a legheterogénebb modellek is figyelemre méltó szinkronizációt mutattak, ezzel megerősítve, hogy érdemes valóságű modelleket használni.

Hivatkozások:

1. B. Hartmann, G. Ódor, K. Benedek, I. Papp; Studying power-grid synchronization with incremental refinement of model heterogeneity. *Chaos* 1 January 2025; 35 (1): 013138. <https://doi.org/10.1063/5.0237050>