

3. pillér

Biztonság és adatvédelem az anyagtechnológiai, ipar 4.0 és energetikai területeken

Pillérvezető: Prof. Dr. Kollár László

TKP2021-NVA-29

Project no. TKP2021-NVA-29 has been implemented with the support provided by the Ministry of Culture and Innovation of Hungary from the National Research, Development and Innovation Fund, financed under the TKP2021-NVA funding scheme.


NEMZETI KUTATÁSI, FEJLESZTÉSI
ÉS INNOVÁCIÓS HIVATAL

AZ NKFI ALAPBÓL
MEGVALÓSULÓ
PROJEKT

Munkacsomagok

Energia termelő/szállító, anyagtechnológiai illetve gyártási folyamatok digitalizációja

- Energiaszállító berendezéseket (távvezetékek) természetben érő hatások, az általuk okozott lengések, és a lengéseket csillapító megoldások analízise
- Energiatermelő berendezések (szélerőművek) működését befolyásoló hatások és a következményként fellépő teljesítménycsökkenés, energiaveszteség numerikus modellezése

Az anyagtechnológiai, gyártási és energia előállítási folyamatok elemzése gyakorlati úton és virtuális térben

Kommunikáció megvalósítása virtuális térben az egyes technológia elemek között a gyártás során, illetve az energia termelő, szállító és tárolók között

Adatok elemzése és védelmi koncepció az energetikai és technológiai területeken

Projektek 2022

Távvezetékek védelme lengésszabályozással

- Távvezetékeket természetben érő hatások, az általuk okozott lengések, és a lengéseket csillapító megoldások
- Lengések modellezése: numerikus szimulációk, kísérleti modellek, mechanikai modell lengésszabályozásra lokálisan
- Mechanikai modell: lengésszabályozás jég lehullását követő lengések esetén (vezeték nemlineáris elasztikus viselkedésének figyelembevétele)

Szélerőművek működése jegesedési körülmények figyelembevételével

- Szélerőművek működését befolyásoló hatások
- Jegesedés numerikus modellezése – szárnyprofil vastagság és állásszög hatása a profil aerodinamikájára jégmentes és jeges profil esetén

Effects of natural phenomena

Natural phenomena

- Wind
- Ice accretion and ice [shedding](#)
- Impacts



Loads on transmission lines

- High sag
- Vibration (high-frequency or high-amplitude)
- Rotation of conductor bundle



Damages on transmission lines

Damages

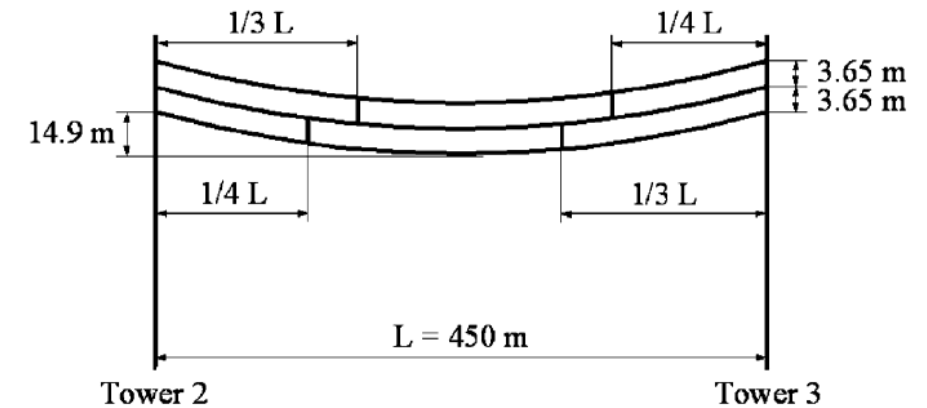
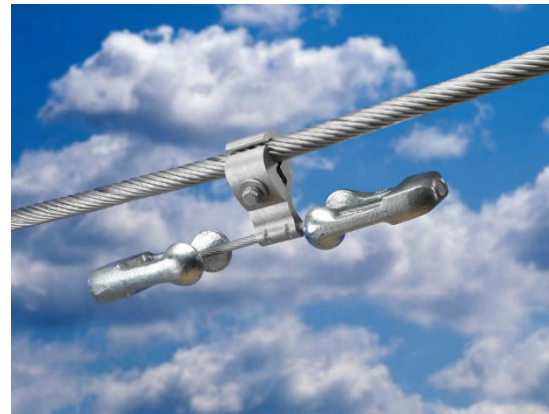
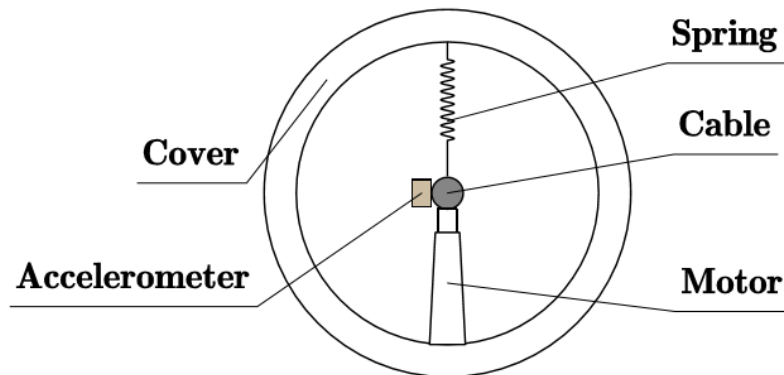
- Flashover
- Insulator breakage
- Conductor damage
- Tower collapse



Line protection methods

Methods for attenuation of vibration

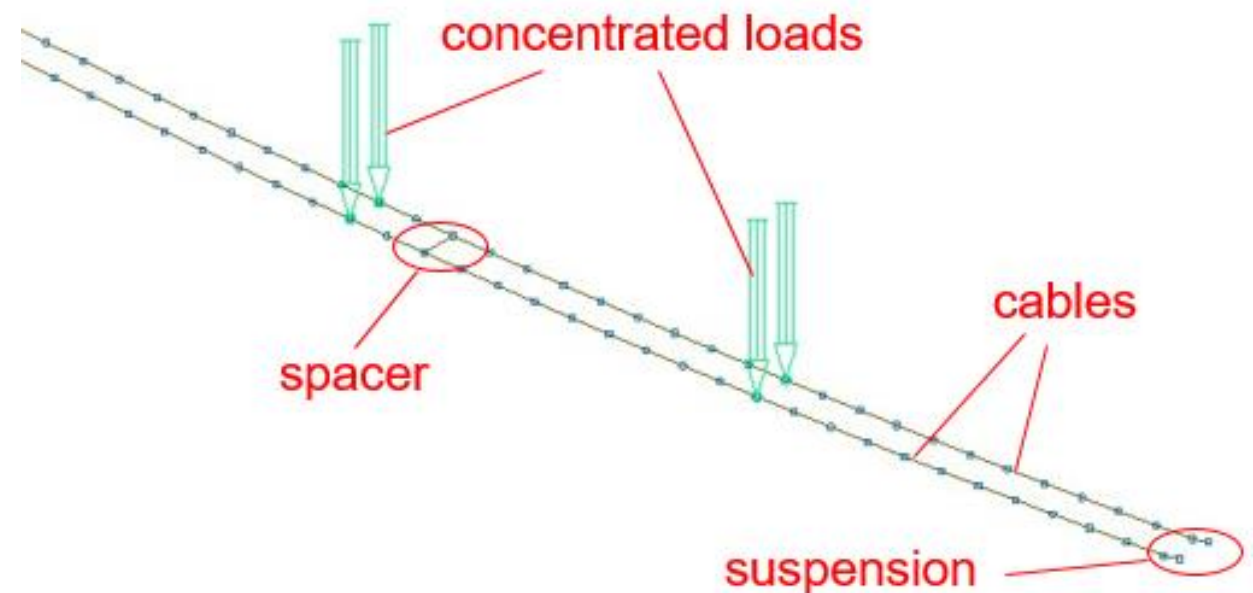
- Vibration absorbers
- Interphase spacers
- Active control



Numerical modelling of conductor vibration

Finite element model of transmission line sections

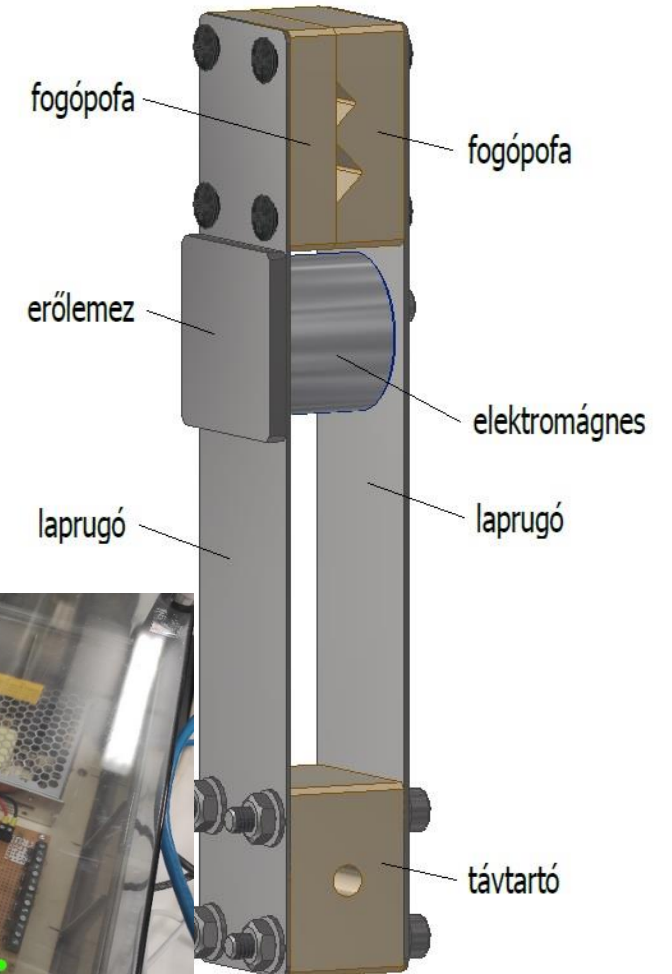
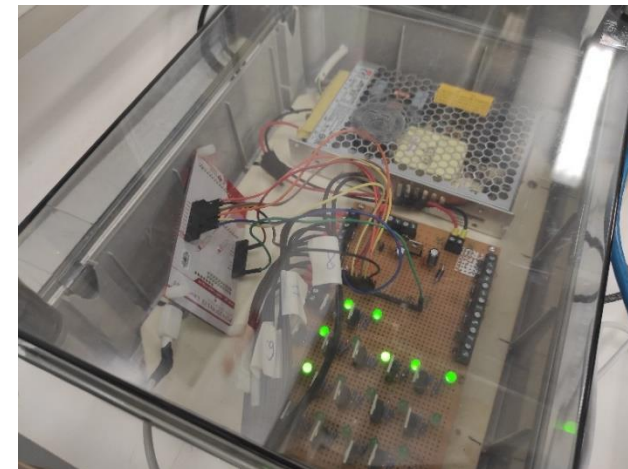
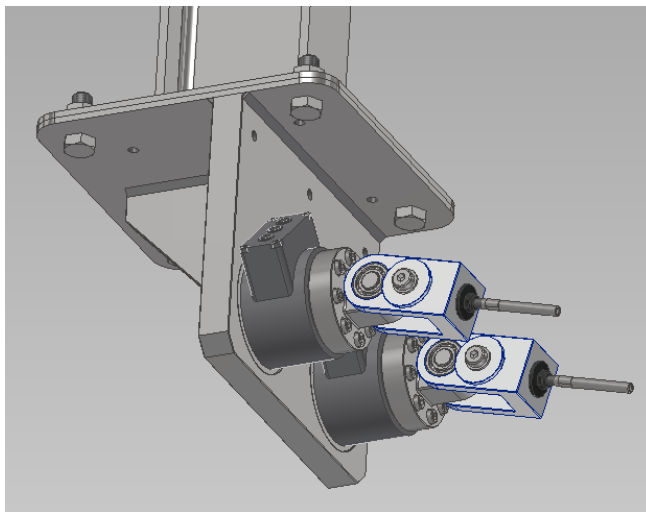
- Cable: truss element with nonlinear elastic material
- Cable damping: Rayleigh damping
- Suspension: beam elements with elastic isotropic material
- Spacer (in bundles): truss elements with nonlinear material properties
- Load (ice): many concentrated loads along the span
- Propagating shedding: removal of concentrated loads according to a predefined time function



Experimental modelling of conductor vibration

Modelling vibration following ice shedding

- Small-scale laboratory model of a transmission line
- Ice – loads
- Ice shedding – load removal
- Control of load shedding – microcontroller



Simplified model for vibration control

2DOF model of conductor with absorber

- Conductor: m_1, k_1, c_1
- Vibration absorber: m_2, k_2, c_2
- Excitation (wind): $F(t)$
- Control force: $u(t) = Pz_1(t) + D\dot{z}_1(t)$

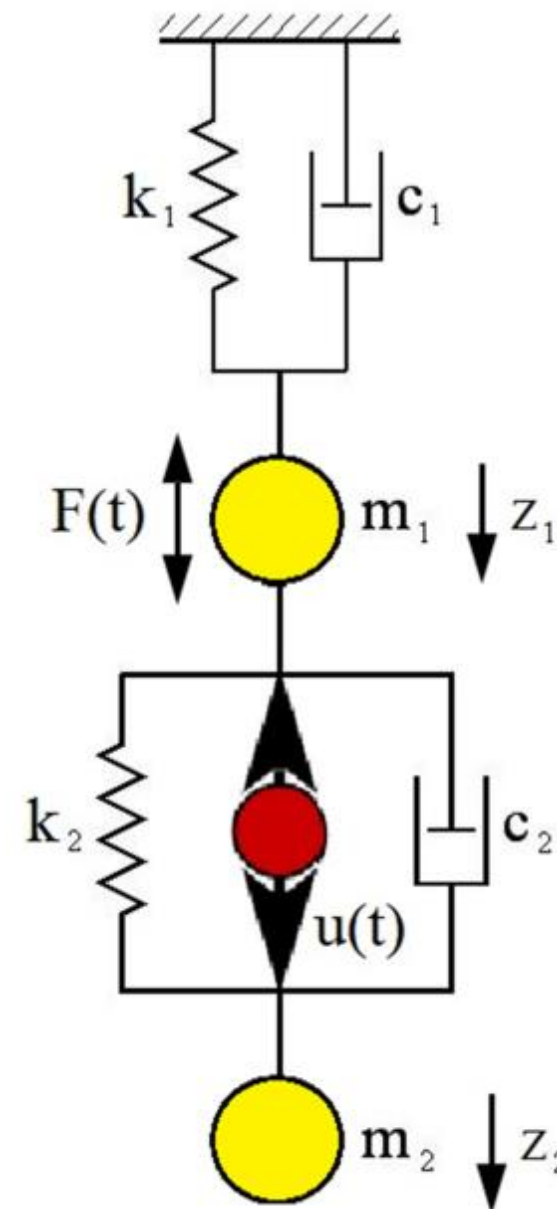
Model parameters

- Spring stiffness k_1 from relationship between vertical displacement and concentrated force (Irvine, 1981)

$$w_p(x) = \frac{P_z L}{H + h} \left[\left(1 - \frac{x_p}{L} \right) \frac{x}{L} - \frac{\mu g L h}{2 H P_z} \frac{x}{L} \left(1 - \frac{x}{L} \right) \right]$$

Linear approximation for small displacements

$$P_z = k_1 w_p$$



Simplified model for vibration control

Model parameters

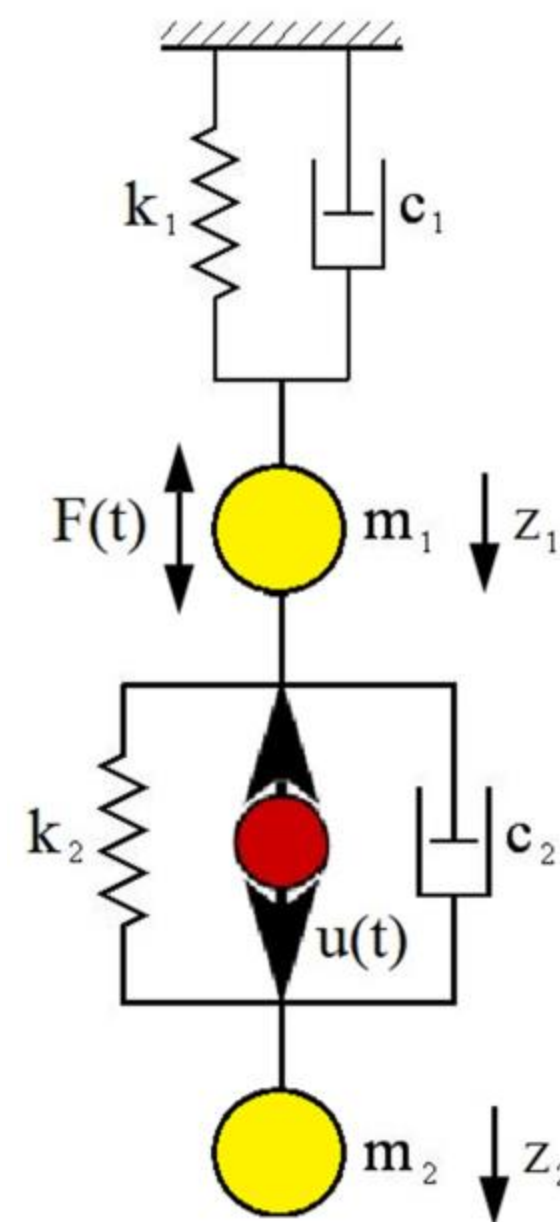
- Damping coefficient c_1 obtained from decay of vibration
- Mass m_2 : mass of absorber
- Damping coefficient c_2 : damping of absorber is small
- Mass m_1 and spring stiffness k_2 : natural frequencies of the 2DOF system are equal to the first two natural frequencies in vertical vibration modes, of the conductor with vibration absorber

Control

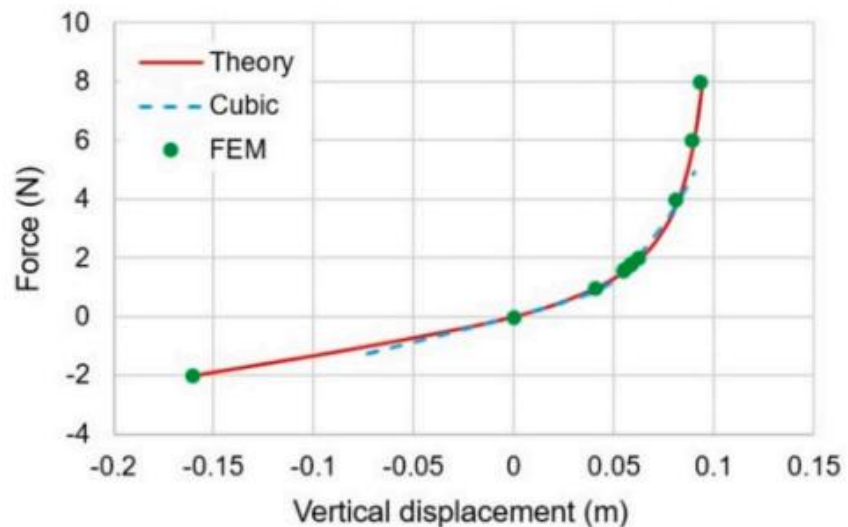
- Proportional gain: chosen so that together with the spring stiffness k_2 , they provide the adequately tuned vibration absorber for the actual excitation frequency

$$P = k_2 - m_2 \omega^2$$

- Differential gain: relatively small compared to proportional gain.



Vibration control of conductor with nonlinear elastic behaviour



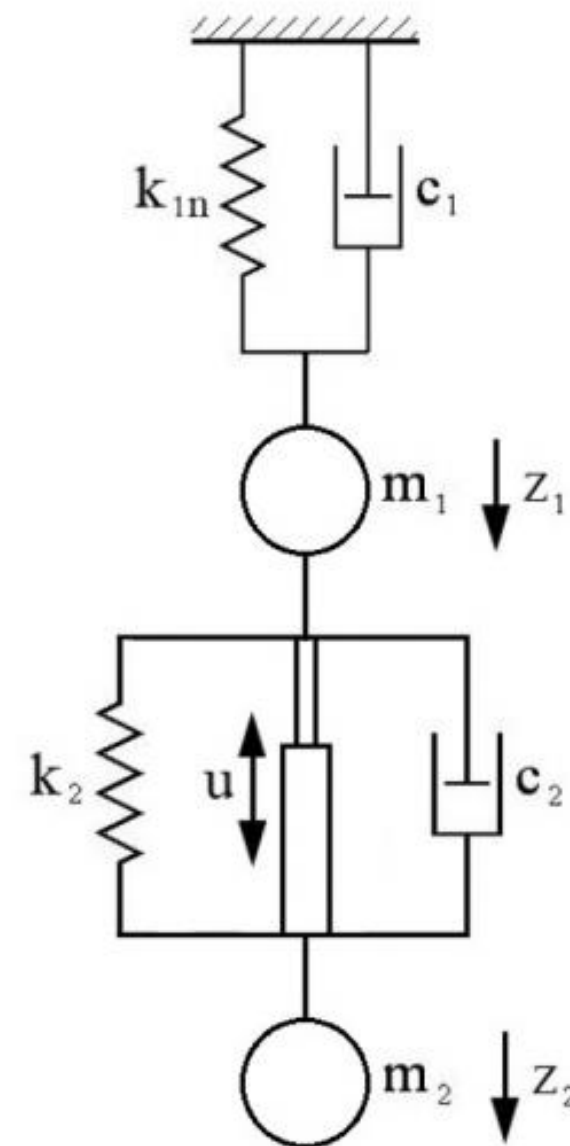
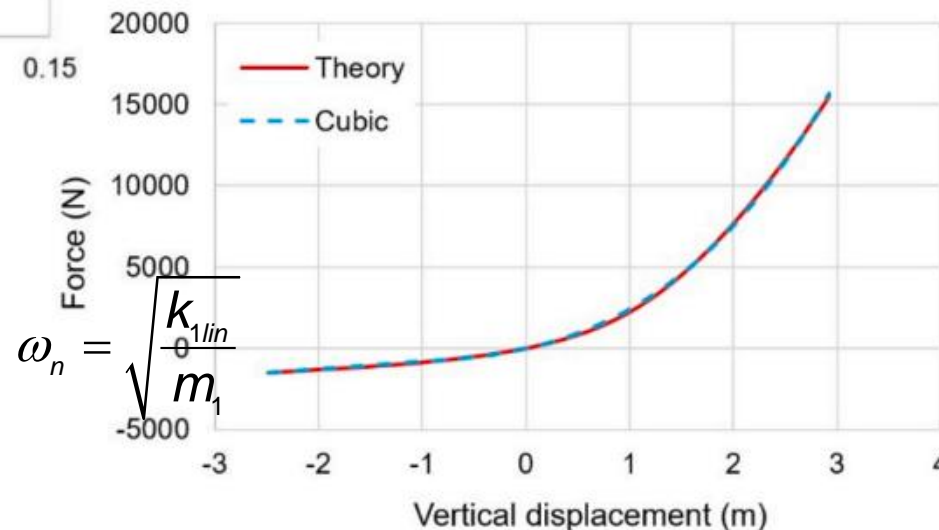
- small-scale model
Damping coefficient c_1

$$c_1 = 2m_1\omega_n\zeta \quad \text{where}$$

ber

del considering conductor with

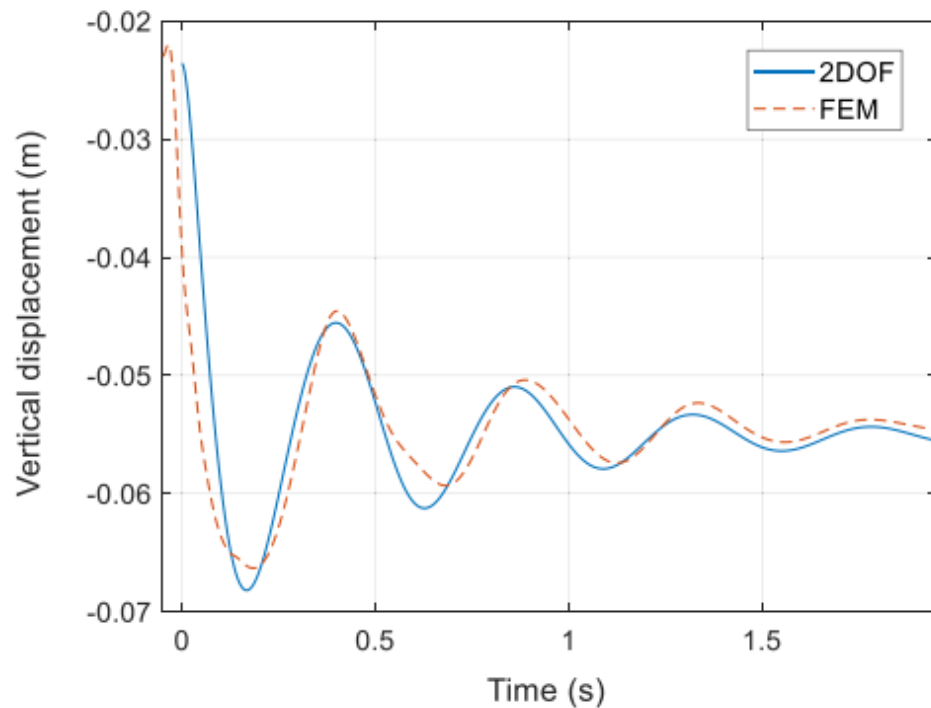
rip between vertical displacement
proximation to consider large



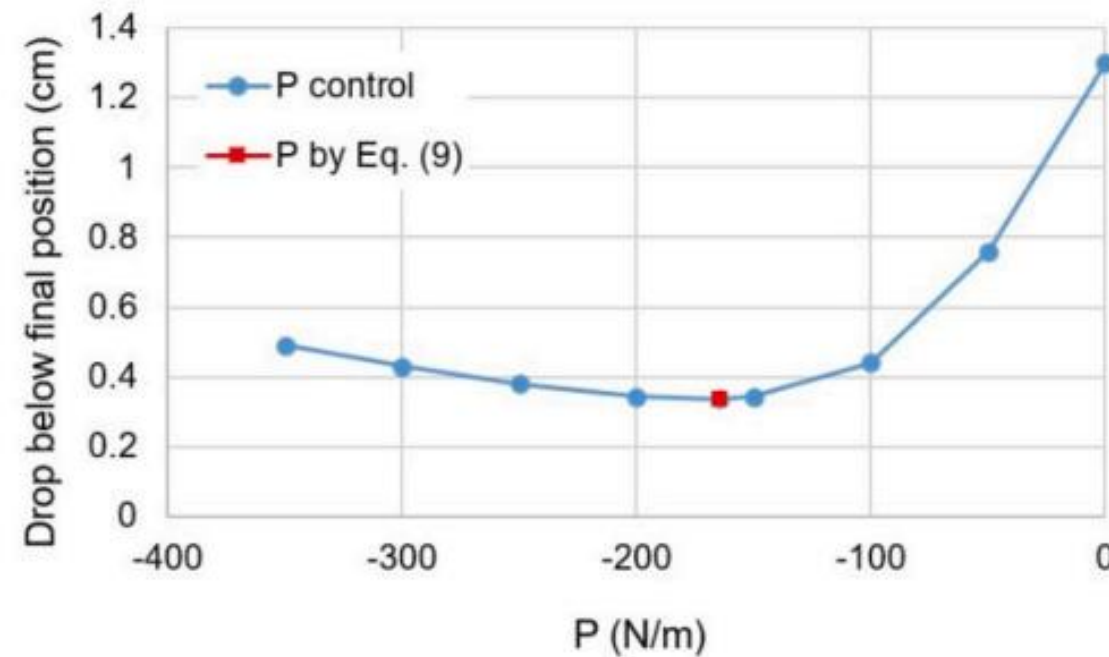
Vibration control of conductor with nonlinear elastic behaviour

Modelling high-amplitude vibration following ice shedding

Validation – comparison with FEM



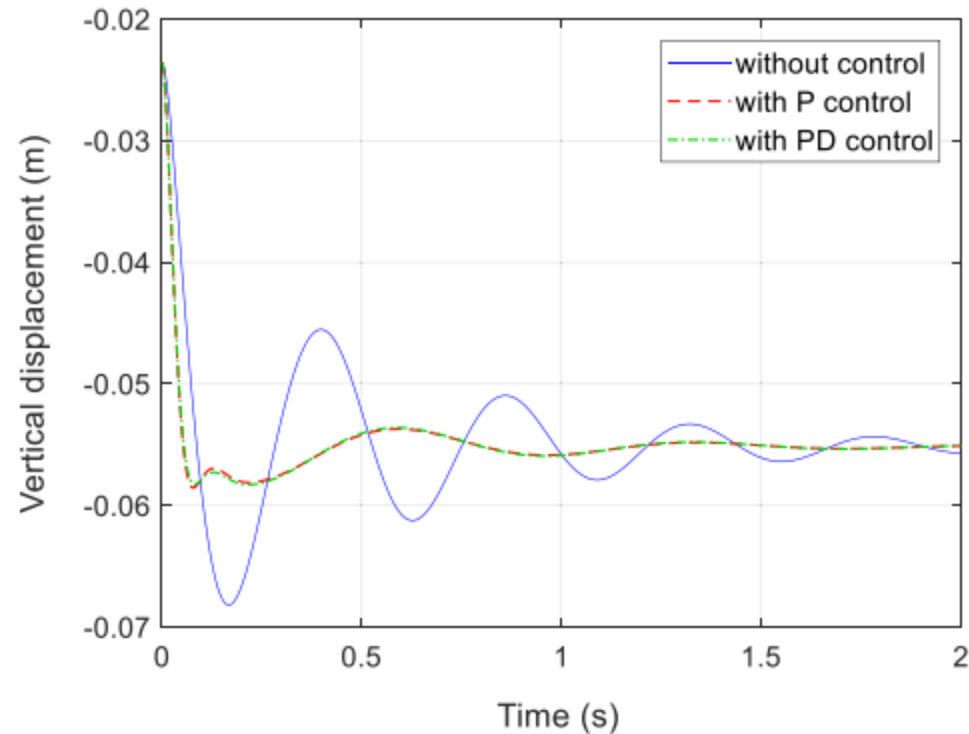
Choice of control parameters



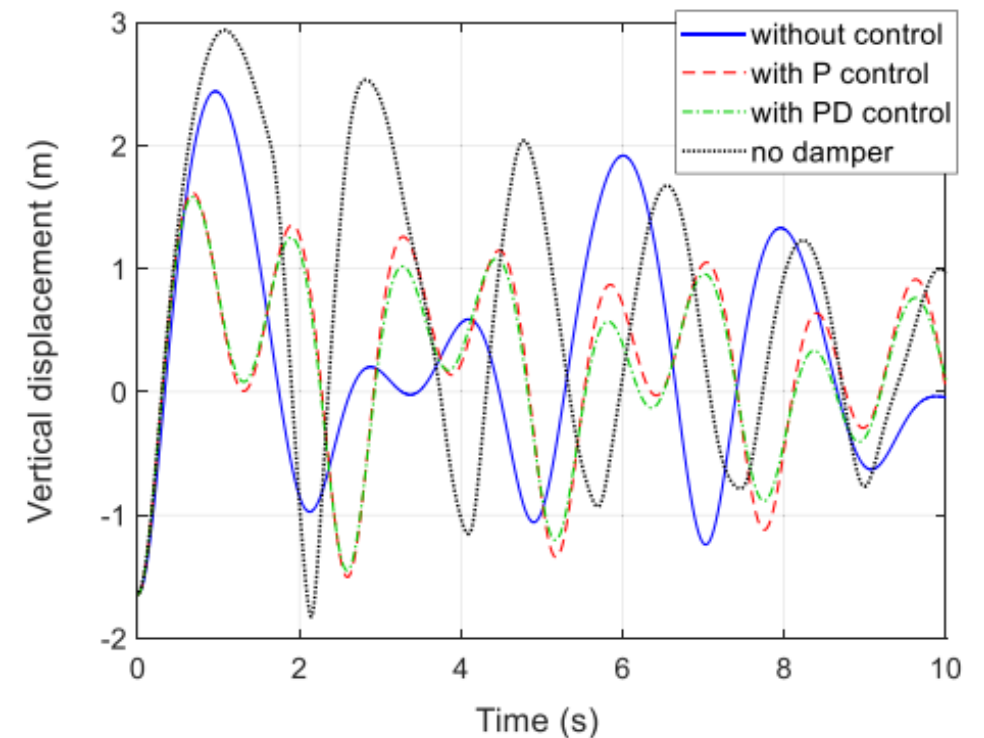
Vibration control of conductor with nonlinear elastic behaviour

Vibration following ice shedding with vibration control

Small-scale model

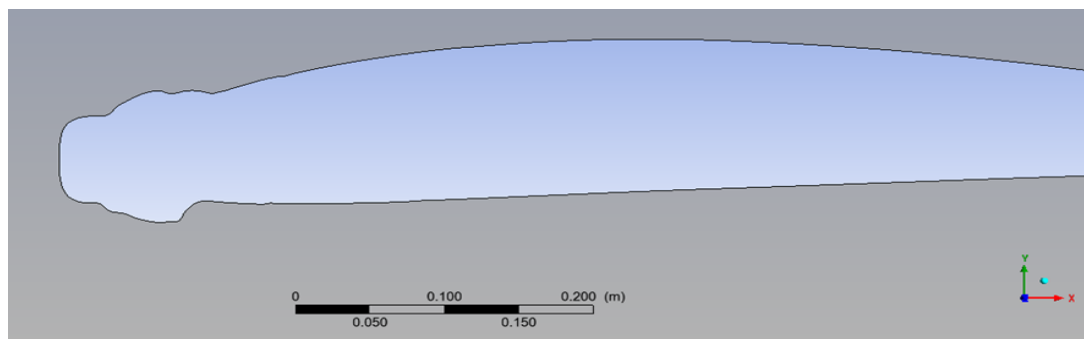
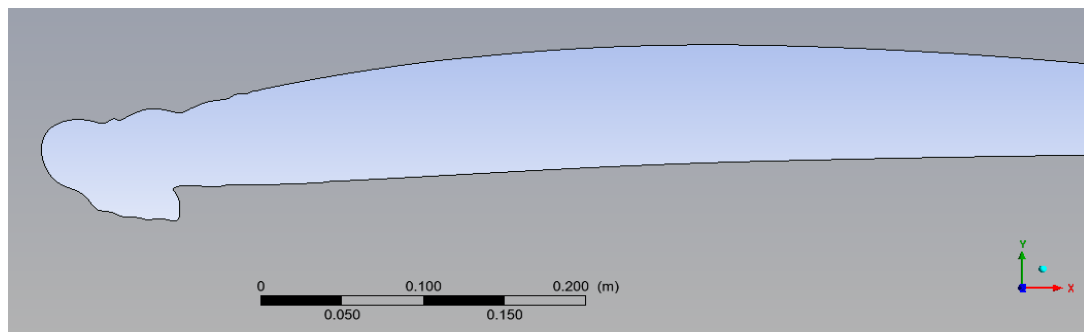


Full-scale model

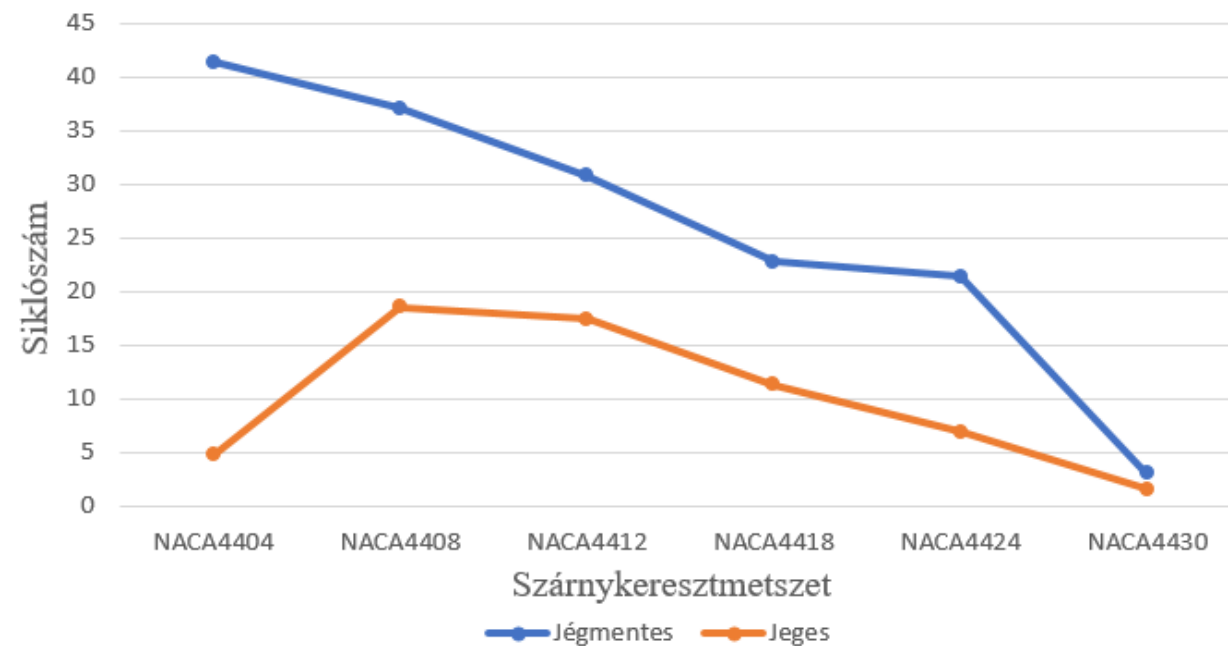


Szárnyprofil vastagság vizsgálata

Jeges szárnyprofilok
NACA4408 és NACA4412

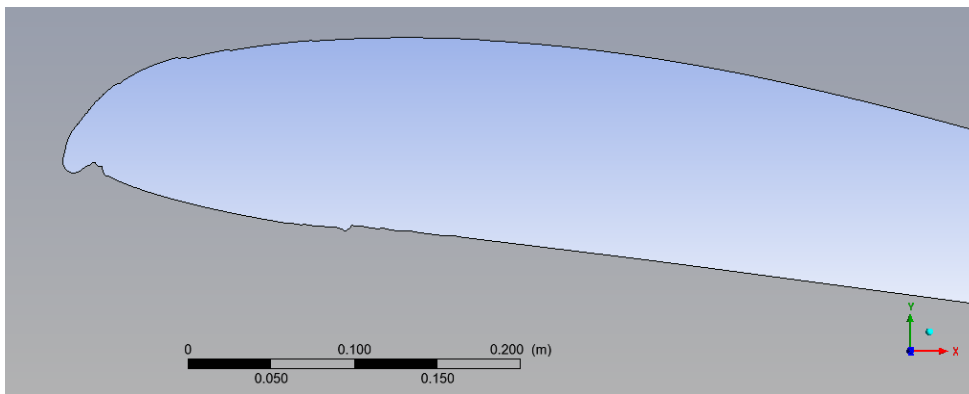
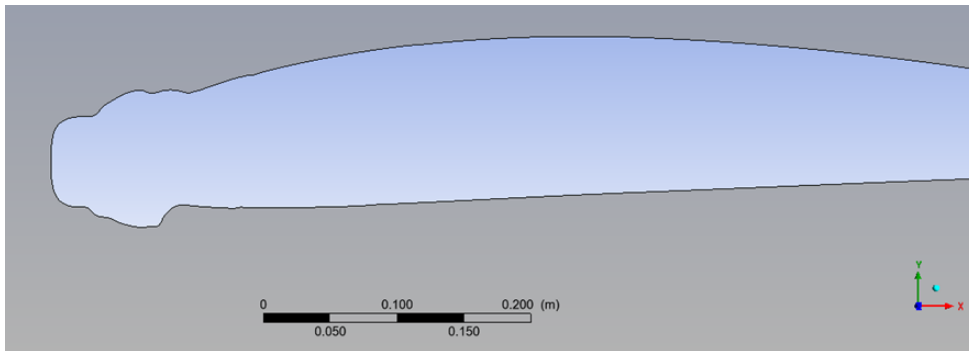


Siklószám (C_L/C_D) változása vastagsággal
Jégmentes és jeges szárnyprofil

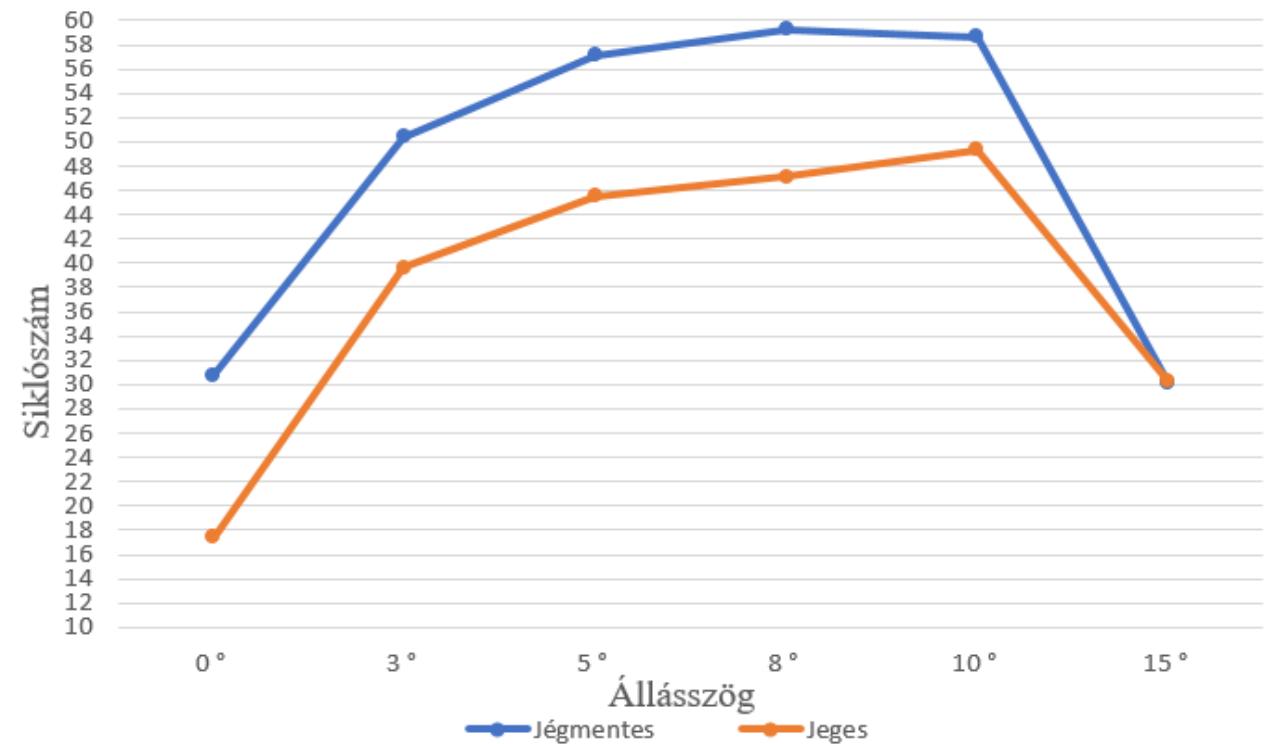


Állásszög vizsgálata

NACA4412 szárnyprofil
0° és 10° állásszög



Siklószám (C_L/C_D) változása állásszöggel
Jégmentes és jeges szárnyprofil



Eredmények és további kutatás

Távvezetékek védelme lengésszabályozással

Kollár, L. E., Ice-shedding-induced vibration of conductors with active vibration control, Cold Regions Science and Technology, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.coldregions.2022.103504>

- Időkésés, kotyogás és vezeték nemlineáris elasztikus viselkedésének együttes figyelembevétel, és hatásuk a lengésszabályozásra
- Nagy amplitúdójú lengések hatása a távtartó kihajlására

Szélerőművek működése jegesedési körülmények figyelembevételével

Csőre, B., Kollár, L. E., Fenyvesi D., Jeges szárnyalak aerodinamikai vizsgálata, to be submitted to Mérnöki és Informatikai Megoldások / Engineering and IT Solutions.

- Jegesedés hatása szárnyprofil aerodinamikájára a szárnyprofil geometriájának és az áramlási paramétereknek változtatásával
- Szélerőmű lapátok rezgéseinek vizsgálata

(Horváth, T., Borbély, T., Lajber, K., Kollár, L. E., Lapátprofil rezgéseinek vizsgálata méréssel és végeelem szimulációval, to be submitted to Mérnöki és Informatikai Megoldások / Engineering and IT Solutions.)