

Matúš Katin, Ľudovít Csanyi, Roman Jakubčák

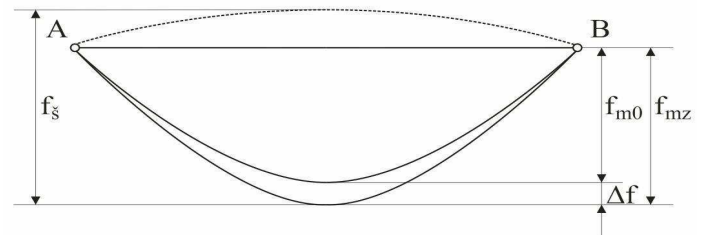
## Dynamické javy na vodičoch vonkajších silových vedení faktory ovplyvňujúce vyšvihnutie vodiča – Vplyv rozloženia námrazy

Predkladaný príspevok sa zaoberá dynamickými javmi na vodičoch vonkajších silových vedení (VSV). Článok pojednáva o vplyve rozloženia námrazy na amplitúdu vyšvihnutia vodiča počas opadávania námrazy. Simulácie opadávania námrazy z vodičov boli vykonané v programe Cosmos – M. Daný program pracuje s matematicko-fyzikálnym modelom, ktorý bol vytvorený pre jedno rozpätie. Cieľom týchto simulácií bolo zistiť, aké vplyvy majú jednotlivé faktory na veľkosť amplitúdy vyšvihnutia vodiča.

Kľúčové slová: Námraza, rozpätie, amplitúda

### I. ÚVOD

Úlohou vonkajších silových vedení (VSV) je prenos elektrickej energie od výrobcu ku konzumentom. V lete v prípade priaznivého počasia sú vedenia zaťažené len statickým zaťažením, na ktoré bolo vedenie navrhnuté. V zimnom období sa k tomuto statickému zaťaženiu pridáva aj dynamické zaťaženie. Zvýšené dynamické zaťaženie môže vzniknúť v prípade vytvárania a následného opadávania námrazy z vodičov VSV. Táto námraza spôsobuje prídavné zaťaženie všetkých prvkov, na ktorých sa nachádza (armatúry, stožiare a vodiče). Pri opadnutí námrazy dochádza k uvoľňovaniu nahromadenej energie vo vodiči čo má za následok jeho vyšvihnutie. Tento príspevok pojednáva o vplyve rozloženia námrazy na veľkosť amplitúdy vyšvihnutia.



Obr. 1. Mechanizmus vyšvihnutia námrazy.

### II. MECHANIZMUS VYŠVIHNUTIA VODIČA

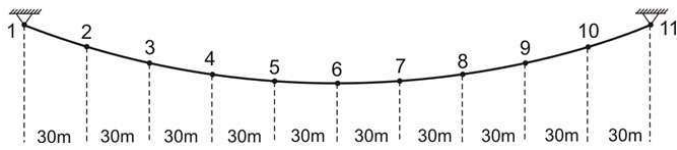
Na vysvetlenie mechanizmu ako dochádza k vyšvihnutiu vodiča si predstavme jedno rozpätie vedenia znázornené na obr. 1. Za normálnych okolností je vodič zaťažený tiažou vlastnej hmotnosti a námrazku podľa námrazovej oblasti. Tomuto odpovedá priehyb  $f_{m0}$ . V prípade ak sa na vedení začne tvoriť námraza, ktorá spôsobí prídavné zaťaženie vodič zaujme novú polohu. Táto nová poloha je na obrázku znázornená ako  $f_{mz}$ . Rozdiel týchto dvoch priehybov je označený ako  $\Delta f$ . Ak na takýto omrznutý vodič začne pôsobiť bočný vietor alebo dôjde k zvýšeniu teploty okolia potom dochádza k odpadnutiu námrazy. Následne vplyvom náhleho odpadnutia námrazy dochádza k vyšvihnutiu vodiča. Po vyšvihnutí zaujme vodič rovnovážnu polohu po niekoľkých silne tlmených kmitoch. Maximálnu amplitúdu švih dosiahne vodič v prvej perióde kmitu. Táto skutočnosť je na obr. 1. označená ako  $f_s$ . Ak sa jedná o stožiar typu „súdok“ môže nastať dotyk alebo nebezpečné priblíženie vodičov.

### III. VPLYV ROZLOŽENIA NÁMRAZY

Je zrejme, že na veľkosť amplitúdy pri vyšvihnutí vodiča vplyva v prvom rade veľkosť zmeny energie, ktorá nastane pri odpadnutí námrazy. Veľkosť týchto energetických zmien je v našom prípade reprezentovaná silami pôsobiacimi na vodič. Kým hmotnosť vodiča predstavuje približne 1 kg/m, hmotnosť námrazy môže byť v mnohých prípadoch niekoľkonásobne vyššia. Pri odpadnutí námrazy teda dochádza k veľkým, pomerne skokovým zmenám silového pôsobenia, a teda i energetickej zmene. Z uvedeného vyplýva, že hmotnosť námrazy v značnej miere ovplyvňuje veľkosť vyšvihnutia, v procese ktorého nás najviac zaujíma veľkosť prvotnej amplitúdy.

Rozloženie námrazy pozdĺž vodiča nie je vždy rovnomerné. Občas sa námraza vyskytne iba v určitej časti vodiča, a preto nemôžeme zovšeobecniť všetky prípady výskytu námrazy. Skúsme sa však bližšie pozrieť na to, ako sa bude meniť veľkosť vyšvihnutia vodiča pri odpadnutí námrazy v závislosti od rozloženia námrazy pozdĺž vodiča. Uvažujme prípady, pri ktorých dôjde k odpadnutiu všetkej námrazy nachádzajúcej sa na vodiči v jednom okamihu. Uvažujme pritom rozpätie o veľkosti 300 m a strednú námrazovú oblasť, pričom je vodič zaťažený maximálnou jednotkovou záťažou prislúchajúcou tejto námrazovej oblasti. V našom prípade uvažovaná hmotnosť námrazy na 1m dĺžky je rovná 1,71 kg/m.

Kvôli jednoduchšiemu popisu jednotlivých úsekov rozpätia si rozdelíme rozpätie o veľkosti 300 m na desať rovnako veľkých úsekov, čím získame 11 bodov podľa obr. 2.



Obr. 2. Rozdelenie 300 m rozpätia na 10 rovnako veľkých úsekov.

Simulované boli rôzne možnosti rozmiestnenia námrazy v rámci rozpätia. Pre symetrické rozloženie námrazy sú jednotlivé prípady medzi bodmi: 1-11, 2-10, 3-9, 4-8, 5-7, nesymetrické rozloženie simulujeme prípadmi: 1-10, 1-9, 1-8, 1-7, 2-8, 3-7.

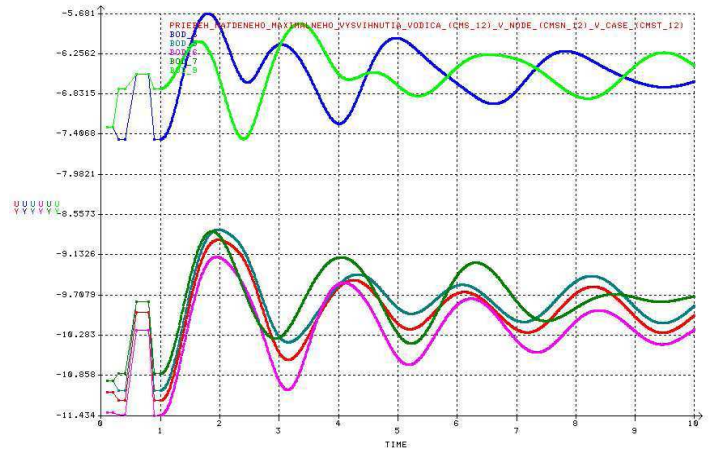
Výsledky získané programom COSMOS/M popisuje nasledujúca tabuľka 1. Obr. 3 a 4 približujú dva prípady vyšvihnutia vodiča skúmame vo vybraných bodoch, kedy sa námraza o jednotkovej hmotnosti 1,71 kg/m nachádzala medzi bodmi 1-9 (0-240 m), resp. 2-8 (30-210 m), pričom v čase 1 s došlo k jej uvoľneniu.

TABUĽKA I

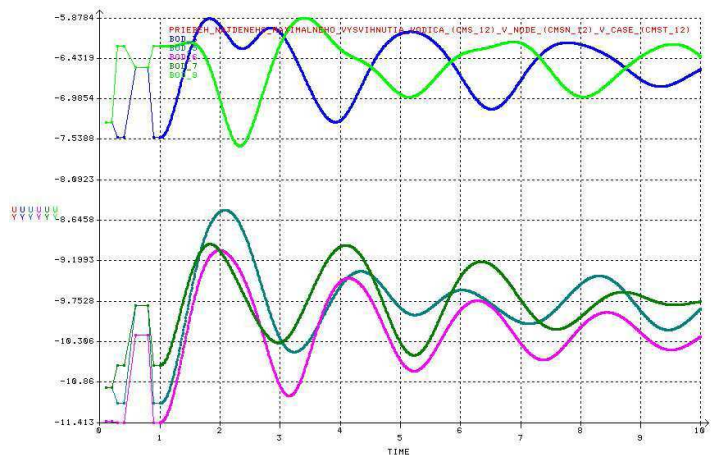
Vyšvihnutie vodiča pri jeho pokrytí námrazou len v časti rozpätia.

Námraza sa nachádza medzi bodmi a odpadne	Najväčší rozdiel priehybov medzi stavmi "1" a "2"		Najväčšie vyšvihnutie		
	df12max [m]	x [m]	fšmax [m]	x [m]	t [s]
1-11 (0-300m)	1,180	150	2,024	150	1,86
2-10 (30-270m)	1,231	150	2,186	150	1,90
3-9 (60-240m)	1,297	150	2,641	150	2,05
4-8 (90-210m)	1,280	150	2,680	150	2,03
5-7 (120-180m)	1,063	150	1,952	150	2,04
1-10 (0-270m)	1,208	142	2,101	143	1,88
1-9 (0-240m)	1,268	125	2,301	126	1,97
1-8 (0-210m)	1,350	108	2,580	112	2,12
1-7 (0-180m)	1,440	94	2,710	98	2,11
2-8 (30-210m)	1,349	115	2,645	120	2,08
3-7 (60-180m)	1,349	115	2,630	120	2,03

Zo získaných pozorovaní vyplýva, že ak sa námraza nenachádza v celom rozpätí, ale len v jeho časti, pričom následne celá z vodiča odpadne, dochádza väčšinou k väčšiemu vyšvihnutiu ako je tomu v prípade, kedy je vodič pokrytý námrazou v celom rozpätí. Inak tomu bolo iba v prípade námrazy medzi bodmi 5-7, avšak to je pochopiteľné, nakoľko počiatočná energetická zmena spôsobená odpadnutím námrazy nebola až taká veľká. Ďalej sa potvrdilo, že bod maximálneho vyšvihnutia sa nachádzal skoro vždy zhruba v polovici úseku pokrytého námrazou. Zároveň sme zistili, že veľkosť maximálneho vyšvihnutia pri nesymetrickom rozložení námrazy sa veľmi nelíšila od tej pri symetrickom rozložení.



Obr. 3. Priebeh vyšvihnutia vodiča AlFe 240/39 nachádzajúceho sa v strednej námrazovej oblasti po odpadnutí námrazy odpovedajúcej tejto námrazovej oblasti, pričom námraza sa vyskytovala len v časti rozpätia medzi bodmi 1-9 (0-240 m) a veľkosť rozpätia bola 300 m. Bod maximálneho vyšvihnutia bol vo vzdialenosti 126 m.



Obr. 4. Priebeh vyšvihnutia vodiča AlFe 240/39 nachádzajúceho sa v strednej námrazovej oblasti po odpadnutí námrazy odpovedajúcej tejto námrazovej oblasti, pričom námraza sa vyskytovala len v časti rozpätia medzi bodmi 2-8 (30-210 m) a veľkosť rozpätia bola 300 m. Bod maximálneho vyšvihnutia je totožný s bodom 5 (vo vzdialenosti 120 m).

#### IV. ZÁVER

Na záver môžeme konštatovať, že po vyhodnotení vykonaných simulácií vyšvihnutia vodiča, zamerané na sledovanie vplyvu rozloženia námrazy na amplitúdu vyšvihnutia vodiča boli preukázané nasledujúce skutočnosti.

- Ako môžeme vidieť v tabuľke 1 ak sa vytvorená námraza nachádza len na určitej časti vodiča následná amplitúda švihu je väčšia ako v prípade ak sa námraza nachádzala na celom vodiči.
- Ďalej z vykonaných simulácií môžeme konštatovať, že bod maximálneho vyšvihnutia sa nachádza takmer vždy v polovici úseku vodiča na ktorom sa nachádzala námraza.

## LITERATÚRA

- [1] Hudák, R.: Riešenie mechaniky kotevného poľa vonkajšieho silového vedenia (VSV) v priestore. Dizertačná práca. Košice: Technická univerzita v Košiciach, Fakulta elektrotechniky a informatiky, 2010. 130 s.
- [2] Leščinský, P., Varga, L., Segľa, Š., Ilenin, S.: Modelovanie pohybu vodičov vzdušných silových vedení pri opadávaní námrazy. In: Elektrotechnika v praxi, 2005, č. 2, str. 107 – 109.
- [3] Fecko, Š.: Elektrické siete. Vonkajšie vedenia. SVŠT, Elektrotechnická fakulta, Bratislava, 1978.
- [4] Varga, L.- Hudák, R.- Katin, M.- Ilenin, S.: Dynamické javy na vodičoch vonkajších silových vedení. Etm – elektrotechnický magazín 1, ročník 21/2011, str. 15-17, ISSN – 1210 – 5422.

## ADRESY AUTOROV

Matúš Katin, Technická Univerzita Košice, Katedra elektroenergetiky, Mäsiarska 74, Košice, SK 04210, Slovenská Republika, [matus.katin@tuke.sk](mailto:matus.katin@tuke.sk)  
Ludovít Csanyi , Technická Univerzita Košice, elektroenergetiky, Mäsiarska 74, Košice, SK 04210, Slovenská Republika, [ludovit.csanyi@tuke.sk](mailto:ludovit.csanyi@tuke.sk)  
Roman Jakubčák , Technická Univerzita Košice, elektroenergetiky, Mäsiarska 74, Košice, SK 04210, Slovenská Republika, [roman.jakubcak@tuke.sk](mailto:roman.jakubcak@tuke.sk)