

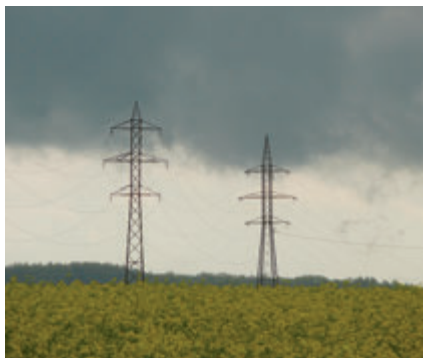
# Smery vedúce k zodolneniu energetických prenosových ciest vyvolaných klimatickými zmenami – diel I.

Tento príspevok nadväzuje na článok „Súčasná i nové prístupy k výstavbe a obnove energetických prenosových ciest“ v All for power 3/2011, ktorý pojednáva o postupe a zvyšovaní atmosférických zaťažení vyvolaných postupujúcimi klimatickými zmenami, končiacimi prvými skutočnými tornádami na Slovensku. O to dôležitejšia je rola zodpovednosti energetiky, za udržanie dosiahnutej civilizačnej úrovne. V poslednej dobe sa však nevyučuje ani vplyv snežnej aktivity spôsobujúcej tlak snežného vetra na deformáciu Wan Allendových pásov magnetosféry Zeme. Tento jav spôsobuje prakticky väčšiu alebo menšiu hrozbu výpadkov prenosových ciest, diaľkových ovládaní, telekomunikačných mobilných operátorov alebo riadenia letovej prevádzky. Zhrnuté: výsledkom hrozby klimatických zmien a snežnej aktivity sú dnes starostlivo analyzované black-outy.

V súvislosti s predchádzajúcimi riadkami boli naznačené nové prístupy k výstavbe a obnove energetických prenosových ciest pomocou podporných technológií vrtuľníkom, bez devastujúcich účinkov na krajinu. Ale hlavne, naznačený technický trend vedúci k zvýšeniu odolnosti prenosových ciest. A keďže bola odozva na zmiernený príspevok, cieľom tohto článku je podeliť sa o skúsenosti a možno skryté poznatky (pred širšou energetickou verejnosťou) o vlastnostiach, odlišnostiach a významných hodnotách jednotlivých typov stožiarov, ktorých vývoju, výrobe a stavbe (ale i analýz havárií a ich príčinám) sa venujú odborníci firmy SAG Elektrovod, a.s. už viac ako 6 desaťročí.

Skôr ako pristúpime k charakteristike vlastností jednotlivých druhov stožiarov (priehradové, ohrňované, zakružované a zvláštné) priblížme si vývojové etapy tesne pred haváriou jedného alebo skupiny stožiarov. Podotýkam hneď na úvod, že obmedzený rozsah článku popisuje udalosti skráteným spôsobom a jeho cieľom je vyvolať záujem širšej odbornej verejnosti.

Teda k haváriám prenosových ciest ako takým. Na začiatku, včasne ráno vstávajúci občania obyčajne v prvých ranných spravodajstvách dostanú zmienku o vyčíňaní víchrice alebo snehovej kalamity v tom-ktorom štáte, ktorého dôsledkom ostalo niekoľko tisíc až stotisíc obyvateľov bez



Vývoj atmosferickej situácie, ktorý sa neskôr vyvinul do konkrétneho tornáda nad južným Slovenskom



elektrickej energie. Ale buďme konkrétni a držme sa situácie u nás doma.

Toľko známa prax verejnosti. No existujú aj iné formy toku informácií, neznáme laickej verejnosti, o udalosti... energetickými kanálmi, nacvičenými modelovými situáciami, pohotovosťami, v noci zvoniacimi linkami u kompetentných. Tam už ide o merito veci, kde v prvom rade ide o zabezpečenie zásobenia regiónu v tomto prípade doslovne životodarnou energiou. Skoro na všetko je myslené, spoločnosť poučená princípom odovzdávania civilizačných skúsenosti z generácie na generáciu, má konkrétne v rámci rezortu Ministerstva hospodárstva – útvare krízového manažmentu – mobilizačné rezervy konkrétne, súpravy

pre provizórný prenos elektrickej energie formou „bypassov“, ktoré vedľa padnutého vedenia dokážu v krátkom čase dopraviť do postihnutého regiónu obmedzený elektrický výkon.

Základnou otázkou pre všetkých zainteresovaných je rozsah technickej škody, t.j. koľko stožiarov z linky padlo, v akom stave zostali základy, laná, izolátory i zvyšky ocelevej konštrukcie stožiarov, ktoré sú obvykle nepoužiteľné. Toľko bežná rutina likvidácie následkov.

Paralelne s tým však prebieha rozbor príčin, časová následnosť, histogram vývoja udalostí, postupnosť kolapsov podporných bodov a detailný rozbor, čo prvé zlyhalo. Prvé ohnisko v pretrhnuté reťazi mechanizmu kolapsu stožiaru je



Úložisko jednotlivých dielov rôznych dĺžok potrebných k zostaveniu ľubovoľných stavebnicových stožiarov 110 kV, 220 kV a 400 kV



V krátkom čase vybudovaná prenosová cesta 110 kV pre rýchle zásobenie regiónu energiou - bypass





Účinkom námrazy a vetra zrútená linka 2 × 110 kV



Ladový obal vodiča o priemere 120 mm v porovnaní s ľudskou rukou



Dominovým efektom zrútené stožiare 2 × 110 kV vplyvom poryvového vetra



Tomádo, ako jedna z nových príčin zrútenia stožiarov prenosových ciest



V texte popísaný mechanizmus deštrukcie



Rohový uholník ťažkého 400 kV stožiaru



Kolaps priehradovej konštrukcie stožiaru s pretrhnutými okami v uholníkoch

najdôležitejšie pre poučenie a posunutie vývoja. V 3D systéme navrhovania nových stožiarov nie je miesto pre vklad takýchto diskretných skúseností.

Príčinou havárie vzdušného vedenia sú obvykle námraza alebo jej kombinácia s vetrom (Senica

– Rohovník zrútených 62 stožiarov 2 × 110 kV. Víchrica, tornádo alebo poryvový vietor (Levice – Veľký Krtíš 13 stožiarov). Ďalej Levice – Štúrovo 11 stožiarov. Nie je účelné prezentovať úplný zoznam havárií, ale treba si všimnúť príčiny a spoločný menovateľ vývoja – dominový efekt.

Pre ilustráciu aktualizujem správu z rána 6. marca o 4. hodine – výpadok vo Francúzsku, znehybnená tepna Eurostar, spojenie Londýn – Paríž a bez napájania sieť TGV. Príčina: silné sneženie. Toľko suchá správa ranných správ.

A tu je motív pre investora a prevádzkovateľa siete hľadať nové cesty k budovaniu odolnejších nových a rekonštruovaných starých prenosových ciest.

Všetky vyššie citované havarované linky boli nesené na klasických stožiaroch priehradovej konštrukcie, ktorej základy položil už priekopník Gustav Eiffel. Pôvodne liatina, dnes už termomechanicky zušľachtené valcované profily širokého sortimentu pre optimalizáciu. Ale je tu (z rozborov havárií) slabé miesto. Každý rohový uholník, každá diagonála či už na koncoch alebo v strede (križovanie) sú oslabené dierou pre spojovací skrutku. V praxi pri obhliadke skolažovaného stožiaru v spleti pokrútených profilov sa to hemží pretrhnutými profilmi v mieste oslabenia dierou. Mechanizmus je vždy rovnaký. Pretrhne sa prierezom diery oslabená strana uholníka diagonály, alebo „ementál“ rohového uholníka v mieste stykových dosiek nadojdenia ďalšieho dielu stožiaru.

Skrutka vykĺzne cez pretrhnutý profil a na diagonálach ostanú typicky vyhnuté vytrhnuté oká. Po kolapse, v danú chvíľu namáhania dôjde ku skokovému prerozdeleniu síl na zvyšný skelet, ale už preťažený. Zároveň dôjde k zväčšeniu vzpernej dĺžky po zániku účinku stabilizujúcich síl od pretrhutej diagonály, čo má za dôsledok štart imperfekcie (odchýlky od dokonalého tvaru), ľudovo povedané vybúlenie.

Vybočením profilu dochádza k úplnej strate jeho pôvodných vlastností na vzper s príspevkom výraznej zmeny osi a geometrie stožiaru. Na rozdiel od situácie na skúšobni, keď zmenou geometrie a náklonu stožiaru, zaťažovacie sily od krátkozdvižových napínaných jednotiek významne klesnú alebo zaniknú na nemerateľnú hodnotu (stožiar aj



Asymetrická imperfekcia rohového uholníka po kolapse





Napriek normám vyhovujúce stožiare, a to aj s dobrou údržbou, nevydržali v tomto prípade vplyv poryvového vetra



Kolaps stožiaru obvykle poškodí aj základový diel a vyžaduje prácnú sanáciu betónu



Ukážka takmer ideálne kruhového námrazového valca ľadu na vodiči s priemerom 200mm



Váha ľadom obalených vodičov pôsobí na konštrukciu imperfekciou profilov už nestabilného stožiaru do úplného kolapsu

keď poškodený ostane stáť), v praxi namáhanej liny sily pokrčujú v namáhaní a na takto oslabenom stožiaru dokončia dielo skazy vyššie popísaným spôsobom. Pre nedostatok miesta zhmúť: u imperfekciou oslabeného stožiaru dôjde k pretŕňaniu preťažných ôk koncov diagonál a po strate ich silových účinkov k lavínovému kolapsu skeletu stožiaru zmeneného na súbor deformovaných profilov.

Pôvodné silové účinky vodičov od zaťaženia námrazou, asymetrie sil tahu lán od už padnutých stožiarov dominovým efektom, až po účinky víchricce alebo tornáda pôsobia v rôzne zmenených konfiguráciách až do poslednej chvíle. Toľko vo výrazne skrátenej forme a skutočne len stručný pohľad do mechanizmu príčin a dôsledkov pádov energetických stožiarov.

Aké sú však spôsoby vedúce k z odolneniu prenosových ciest voči klimatickému namáhaniu?

(Dokončenie v All for Power 3/2012)

**Ing. Marian Bartoš, IWE,  
špecialista Divízie elektrických vedení,  
SAG Elektrovod, a.s. Bratislava**

#### **Directions leading to the increase in the resistance of energy transmission routes caused by climatic changes – Part I.**

This article relates to the article, "Current and new approaches to the construction and renewal of energy transmission routes" in All for Power 3/2011, which addresses the procedure and the increase of atmospheric loading caused by the passing climatic changes finishing with the first real tornados in the Slovak Republic. The role of the responsibility of the energy sector for keeping the achieved civilization level is very important. However, in recent times, it has been necessary to take into consideration the influence of solar activity causing the pressure of solar wind on the deformation of Wan Allend layers of the magnetosphere of the Earth. This phenomenon can cause large and small risks to the breakdown of transmission routes, remote controls, telecommunication mobile operators and air navigation control. Summarized: the result of the threat of climatic changes and solar activity are the currently consistently analysed black outs.

#### **Способы повышения прочности систем передачи электроэнергии, необходимые при климатических изменениях. Часть I.**

Эта статья продолжает тему, начатую в статье «Существующие и новые подходы к строительству и реконструкции энергетических переносных сетей» в журнале «All for power 3/2011». Статья рассказывает о возрастании и повышении атмосферных осложнений, вызванных нарастающими климатическими изменениями, приносящими настоящие торнадо в Словакии. В связи с этим ещё больше возрасла роль ответственности энергетики в удержании достигнутого уровня цивилизации. В последнее время не исключается влияние солнечной активности, которая вызывает давление солнечного ветра и приводит к деформации магнитных поясов сферы Земли. Это явление приводит к большей или меньшей угрозе выпадения переносных энергетических сетей, дистанционных пультов управления, телекоммуникационных мобильных операторов или управление полётами. Вывод: в результате угрозы климатических изменений и солнечной активности сегодня очень внимательно и подробно анализируются «black out».





# Armatury pro klasickou a jadernou energetiku

Ventily, šoupátka, klapky, kulové kohouty, speciální armatury

Skupina **MPOWER** integruje firmy z oblasti vývoje, technologie, engineeringu, výroby a servisu armatur pro klasickou a jadernou energetiku. **MPOWER** navazuje na dlouholetou tradici vývoje a výroby průmyslových armatur koncernu SIGMA Modřany a disponuje unikátním technickým know-how. Vlastní vývojové, technologické, konstrukční a výrobní zázemí spolu s rozvinutou sítí výrobních kooperací umožňuje pružně reagovat na individuální potřeby zákazníků.

together we are strong  
[www.mpowergroup.eu](http://www.mpowergroup.eu)



**MPOWER**

MPOWER Engineering, a.s.  
Pod Vinicí 2028/20, 143 01 Praha 4 - Modřany  
tel. +420 225 371 300, fax +420 225 371 325  
e-mail: [info@mpowergroup.eu](mailto:info@mpowergroup.eu)