

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

(dokončení článku z čísla AFP 2/2012)

Jedna cesta vedie cez zvyšovanie prierezov profilov u klasického priehradového stožiaru. Samozrejme za cenu zvýšenia váhy a teda aj kilogramovej ceny, ktorá ešte stále hrá primárnu rolu v rozhodujúcom procese investora. Ďalší významný fenomén je lobbying, dnes už legalizovaný, od výrobcov jednostranne strojno-technologicky zameraných. Zväčšenie parametrov vrcholových síl však nepopiera princíp mechanizmu kolapsu stožiaru, ktorý „nebojuje“ v štádiu poškodenia, ale prosto skolabuje. Je to dané princípom chovania sa konštrukcie, v ktorej je každý prvok nepostrádateľný. Je tu však staronová koncepcia, ktorá sa najmä v zahraničí masovo presadzuje, s ktorou spoločnosť SAG Elektrovod, a.s. získala skúsenosti a hlboké poznatky technologickú disciplíny o „povahových vlastnostiach“ v procese namáhania.

Keďže trvalo platí heslo, že „Noví ľudia objavujú staré veci“, dovoľm si pripomenúť ohrňované alebo zakružované energetické stožiare najmä pre mladšiu generáciu, ktorá z prirodzených dôvodov prerušenia preberania vedomostí nemôže ich načerpať z encyklopedických informácií typu Google. Túto skúsenosť s veľkým časovým predstihom zhodnotil úspešný vizionár výroby i obchodu Tomáš Baťa vo svojom známom a nadčasovom hesle „Informace nejsou vědomosti“, čo netreba komentovať.

Práve pri zrode, t.j. návrhu, vývoji a výrobe prototypu ohrňovaného stožiaru, už v podmienkach plánovaného hospodárstva ČSSR, stál Elektrovod. Hneď úvodom a otvorene treba povedať, že informácie o takomto konštrukčnom prvku prenikli k nám zo zahraničia okolo roka 1977. Prameň vyteká z Francúzska, od fy Petitjean. V daných rokoch boli dva technologické oriešky dané stupňom vývoja techniky. Dlhé priame rezy – strihy bez deformácie a vneseného napätia z procesu strihania rozvinutého plášťa a vytvorenie čo možno najväčšieho počtu hrán na najväčšej možnej dĺžke. Prvé bolo skúšané kotúčovými odvalovacími nožnicami a druhé zakúpením na tú dobu nevidaného 12 m dlhého lisu od fy LVD Company nv, Belgium. Treba povedať, že na tú dobu to bola z hľadiska energetiky významná investičná položka do technológie. Kontinuálne strihanie 12 m dlhých rozvinutých plášťov kotúčovými nožnicami nebolo dobré riešenie, lebo vlnilo hrany a vytváralo pnutie v okrajoch. Plazma, vtedy ešte neznáma, prenikla vo forme prvoty PA 40 stabilizovanej zmesou Ar, H₂. Patálie s deformáciami pri zváraní, prepacom koreňa, zápalmi na okrajoch nebudem bližšie komentovať.

Ale testy prvých prototypov navrhované staticky pod vedením osobností akou je prof. Voříšek boli zaujímavé a v jednom bode prekvapujúce. Stožiar pri testoch po prekonaní elastickej a dosiahnutí počiatku plastickej deformácie vyžadoval pre pokračovanie deformácie zvýšenie vrcholovej sily. Čo bolo nóvum, a v rozpore s chovaním sa klasického priehradového stožiaru, ktorý proste skolaboval. Tento však potreboval so zväčšujúcim sa vychýlením prírastok zaťažujúcej sily. To ale v praxi znamená, že vodiče obalené rukávom ľadu ohnú stožiar, zväčšia parabolické previsy a zároveň zmenšia sily v reťazovke v závislosti od uhla. Zmenšenie parametrov reťazovky (zväčšenie priehybu) znamená zníženie osových síl, ale hlavne vektora sily F_x pôsobiaceho v horizontálnej rovine. V praxi



Typické symetrické vybúlenie drieku ohrňovaného stožiaru



Detail vybúlenia po ukončení testov a demontáže



Silový uzol prenášajúci extrémne zaťaženia od 24m dlhých ramien Y



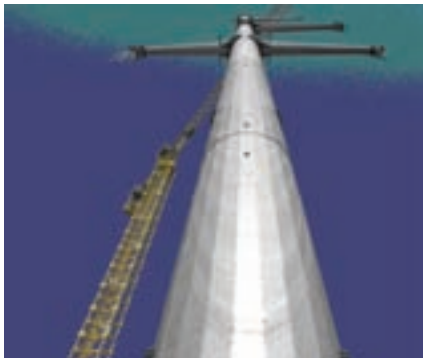
Stožiar predstavujúci súčasné technické možnosti odolnosti



Silový účinok vetra je vidieť z priehybu visiaceho lana smerom ku kľáčickej postave, kde pohyb vo vzpriamej polohe je takmer nemožný



Bežný doplnok ocelevej konštrukcie stožiarov v blízkosti polárneho kruhu



Vysoký, štíhly, prizmaticky sa zužujúci driek stožiaru ideálne optimalizuje priebeh ohybových momentov



Rozmery priemeru drieku v porovnaní s postavou (Pozn. redakcie. Na snímku autor článku)



Priehyb stožiaru v oblasti elastickej deformácie bez deštrukcie



Pohľad z podlahy na napružený driek stožiaru



Extrémne vysoký zakružovaný stožiar koncepciou podobný pilonu veternej elektrárne



Servisný prístup k izolátorovým závesom je dutým driekom stožiaru

to znamená, že pod vplyvom záťaže sa nám ohne stožiar, tým zväčší priehyb vodičov reťazovky (možno aj mimo preskokových vzdialeností), klesnú z tohto dôvodu v nich sily a „možno“ pomíne dôvod pre ďalšiu deformáciu a zlomenie stožiaru. Zhmuté: ostane trvalo ohnutý stožiar, ale nenasťanú dôvody k vypnutiu ochrán, alebo v konečnom dôsledku k pretrhnutiu lán vodičov a izolátorových závesov ako pri totálnom kolapse.

Fenomén vzdorovania stožiaru po plastickej deformácii a strate imperfekcie formou mierneho brucha - vydutia po polovici obvodu drieku - spočíva

v princípe spevnenia materiálu za studena. Plasticke deformácie v kovoch sa realizujú pohybom dislokácií v sklzových rovinách definovaných Miller-Bravaisovými indexami. V sklzových rovinách rešpektujúcich atómovú mriežku sa nachádzajú interstície (či už disperzne alebo inak rozptýlené nečistoty v štruktúre), ktoré výrazne brzdia v pohybe sklzových rovin a tvoria prekážky. Do istej hranice deformácie dochádza ku sklzom v týchto rovinách, hromadeniu interstícií, ktoré začínú vytvárať prekážku tohto pohybu. Tým vzniká požiadavka rastu deformačnej sily na prekonanie týchto

prekážok. Tento jav je dostatočne známy, teoreticky preskúmaný, zdôvodnený a v technike často využívaný. Ale rozsah jeho platnosti je len po určitú hranicu pohybu týchto rovin. V našom popisovanom prípade však funguje a je hlavne merateľným prínosom v praxi. Jeho účinok sa znižuje s klesaním hrúbky steny plášťa. Preto nemá význam za cenu úspory váhy spodného dielu stožiaru prísť o túto významnú vlastnosť stožiaru ako úžitkového prvku, ktorú nemá iný - klasický priehradový typ. Kto sa venuje skúmaniu chovania sa týchto ohraňovaných stožiarov vie, že vytvorenie brucha (vlny na tlačenej strane drieku) je po prekročení limitných hodnôt elastickej deformácie zákonitý jav - prejav a je jedno, v ktorej krajine bol stožiar vyrobený.

AG Elektrovod realizoval významnú investičnú akciu islandskej spoločnosti Landsnet v blízkosti polárneho kruhu, ktorá z vyššie uvedených dôvodov použila (nám doteraz známe) najvýkonnejšie a najodolnejšie stožiare zvn - ohraňovaného typu Y.

Skúsenosti s ich stavbou a neskôr i technológiou výroby čiastočne zachytáva článok v AFP 3/2011. Linka z pohľadu odolnosti stožiarov v „ideálne extrémnych“ podmienkach je testovaná a odoláva v najväčšej a najlepšej skúšobni stožiarov sveta. Veterné a námrazové pomery je zbytočné popisovať a tak aspoň pár snímok pre ilustráciu čitateľa.

V priebehu roka 2011 prebehli v skúšobni v ELV Žilina testy 400 kV ohraňovaných stožiarov, jedného vyrobeného v zahraničí a jedného u nás. Ten prvý bol 45 m vysoký s max. priemerom drieku dole 2,3 m. Pri testoch sa choval vysoko elasticky, ľudovo povedané ako luk. Aj pri úctyhodnej tuhosti danej veľkým priemerom drieku dosiahol elasticitú - teda vratnú - výchylku bez škôd 840 mm. Potom, pri ďalšom zvyšovaní výchylky vrcholovou silou došlo k vyššie popísanému počiatku vzniku imperfekcie v podobe vlny s vyššie popísaným mechanizmom.

Ten druhý, výrobok ELV PRODUKT a.s. Senec, 1 x 400 kV ohraňovaný stožiar s výškou 42 m a priemerom drieku 1 850 mm predviedol ukážku z vedného odboru Pružnosť a pevnosť. Bez známok imperfekcie, po dosiahnutí súčtu horizontálnych bočných síl od vrcholu, cez 3 konzoly až po tlak vetra v 4 bodoch, cca 16 ton, čo je 150 % stanovených v programe skúšok, bol test ukončený z obavy o možné poškodenie skúšobných zariadení, dynamometrov a bezpečnosti obsluhy. Stožiar vykazoval nameraný elasticitý priehyb na vrchole 1 620 mm.

Zbytkový priehyb po uvoľnení síl nemusela byť plasticke deformácia, ale súčet nepatrných mikroposuvov nalisovaných kuželov na seba v mieste ich prekrytia a to na ťahanej i tlačenej strane. V čitateľovi môže vzniknúť otázka tak často skloňovaná v kruhoch investorov. „My predsa nezaplatíme váhu stožiaru, ktorý tak presvedčivo s rezervou prekonáva výpočtami i normou požadované hodnoty.“ Vec je však zložitejšia. Ak je k dispozícii stožiar s vyššími dosiahnutými parametrami, tak je neprozreteľné žiadať konštruktéra o jeho zoslabenie vo svetle dnešných udalostí. Bol



Výroba lubu pre driek zakružovaného stožiaru počas pozdĺžneho zvaru metódou pod tavidlom



Elektronicky spriahnutý 12 000 mm dlhý ohraňovací lis pre výrobu ohraňovaných stožiarov

by to predsa len precedens, pre neskoršiu dobu. Vlastnosťami veľmi podobný stožiar vytvorený technológiou nie ohraňovaním (teda vytváraním hrán britom ohraňovacím nástrojom), je stožiar zakružovaný.

Vyžaduje odlišné technologické vybavenie, dá sa povedať, že náročnejšie, na zakružovací stroj značnej dĺžky. Vo svete technológie ale nedosahuje dĺžku segmentu 12 000 mm ako je to možné u technológie ohraňovania na NC spriahnutom 2 x 6000 mm dlhom ohraňovacím lise. Preto počet nadpojení lubov je výrazne väčší, čo zvyšuje jeho cenu v porovnaní s ohraňovaným.

Avšak otvorenie problematiky technológie výroby a ich porovnanie je už s teraz vyčerpaným priestorom tohto príspevku nemožné. Možno bude obsahom v ďalších číslach časopisu AFP. Je to rozhodne zaujímavá téma z pohľadu precíznosti a kvality výroby otvárajúca pohľad do tejto problematiky.

Zodolnenie voči teroristickým útokom, sabotážam a pod. si vyžaduje realizáciu ďalších opatrení, ktoré sú do veľkej hĺbky už rozpracované. Jedná sa o odolnosť voči nárazu čelného panciera obmeného vozidla a výbuchu trhavy prípevnenej na plášť drieku stožiaru.

Ďalej, SAG Elektrovod, a.s. má patentovo prihlásené celý rad technických riešení na „civilné“ zosilnenie – zvýšenie tuhosti drieku v miestach charakteristických pre vznik imperfekcie, ale aj kontinuálne, prizmaticky po celej výške. Sú to rôzne kombinácie dvojplášťov s výplňou od betónu počnúc po keramickú penu končiac. Samotná koncepcia ohraňovaného alebo zakružovaného stožiaru je dnes, ako sa zdá zo sveta energetiky optimálnym riešením, blížiacim sa vzoru z prírody a to konštrukcii stepných tráv. Darmo, od prírody sa je ešte čo učiť aj keď oneskorene.

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

Directions for increasing the resistance of energy transmission routes originated by climatic changes – Part II. (continuation of article AFP 2/2012)

One way is to increase the cross-sections of profiles for a traditional girder pole. Of course, at the cost of increasing the weight and kilogram price, which continue to play a primary role in the decision process of the investor. Another important phenomenon is lobbying, today already legal, from unilaterally machine-technologically oriented producers. Increasing the parameters of top forces does not stop the mechanism principle of the pylon collapsing, which "does not fight" at the damage stage, but simply collapses. This is stated by the behaviour principle of construction where each element is essential. However, there is a renovated concept which is widely used abroad by which SAG Elektrovod, a.s. has gained experience and in depth knowledge of the technological discipline "behaviour property" in the stressing process.

Пути, ведущие к укреплению систем электропередач, связанные с климатическими изменениями - часть II.

(Полный текст статьи в номере журнала AFP 2/2012) Одним из способов является увеличение поперечного сечения профилей классической решетки опоры. Конечно, вместе с этим произойдет и увеличение веса, а, следовательно, и увеличение цены каждого килограмма оборудования. А цена по-прежнему играет главную роль в процессе принятия решений инвестором. Далее, значительным феноменом является лоббизм (который сегодня уже легализован) со стороны производителей, ориентированных на однотипное производство. Увеличение параметров пика не отрицает принцип механизма колапса электроопоры, которая "не воюет" на стадии повреждения, а просто выходит из строя. Это принцип поведения структуры, в которой каждый элемент является жизненно важным. Однако, есть старо-новая концепция, которая массово используется в основном в других странах, и с которой компания «SAG Elektrovod» имеет накопленный опыт и глубокие технологические знания о «характерных особенностях поведения» систем в процессе стресса.