



OHROŽENÍ PŘENOSOVÝCH SOUSTAV PŘÍRODNÍMI VLIVY

THREAT OF THE ELECTRICAL TRANSMISSION SYSTEMS BY THE NATURAL

Dalibor VÁLEK¹, Radomír ŠČUREK²

SUMMARY:

This article describes electrical transmission systems in the Czech Republic, devices used for the energy transmission and there is analysis possibilities which can cause damage on selected equipments. Every device is assessed and analyzed towards to the most probable climatic phenomenon. Then the situations with the most probable occurrence are selected, described and countermeasures for damage minimalization are determined.

KEYWORDS: Climatic phenomenon, natural causes, electrical net, probability, occurrence.

ÚVOD

Po katastrofě na jaderné elektrárně ve Fukušimě se v Evropě začalo diskutovat o odolnosti jaderných elektráren vůči extrémním projevům přírodních vlivů a o důsledcích úniku radioaktivních látek při poškození jejich reaktorů. Tyto diskuze například v Německu vyústily v ambiciózní plán, který počítá se zrušením jaderných elektráren na německém území během let 2020 až 2022. V Německu jaderné elektrárny vyprodukují 22,5 % celoroční výroby energie. Tento výpadek by měl být pokryt převážně elektřinou vyrobenou z obnovitelných zdrojů a z elektráren na fosilní paliva. Kdyby se tento plán zrealizoval, tak to velmi vážně zasáhne i Českou republiku a její energetickou bezpečnost.

Pokud by došlo k masivní výstavbě a produkci elektrické energie z obnovitelných zdrojů, docházelo by k ještě větším jednorázovým náporům na naši přenosovou soustavu. Při těchto velkých fluktuacích přetoku je pro naši energetickou bezpečnost důležité, aby nedošlo k výpadku žádného prvku přenosové nebo distribuční sítě, tedy výpadku na vedení nebo elektrických stanicích. K ohrožení přenosové a distribuční sítě by pak mohlo dojít při jakémkoliv významnějším extrémním projevu přírodních vlivů [6].

V České republice je v podstatě nemožné, aby nastala situace podobná katastrofě v Japonsku v důsledku zemětřesení a následné vlny tsunami. Naše jaderná zařízení jsou umístěna na seismicky klidném území a ku příkladu Jaderná elektrárna Temelín je schopna odolat otřesům o velikosti 5,5 stupňů na Richterově stupnici, což v okolí našich jaderných elektráren vzhledem ke vzdálenosti od subdukčních zón a deskových rozhraní nehrozí. Hrozí ale narušení přenosové a distribuční soustavy extrémními klimatickými projevy, které se v Evropě stávají stále častěji.

1. ELEKTROENERGETICKÁ SOUSTAVA

Pro posouzení ohrožení přenosových a distribučních soustav přírodními vlivy, je zapotřebí si nejprve definovat, které prvky či zařízení do nich spadají. Do této soustavy patří všechna zařízení, která zabezpečují tok proudu od výroby až po jejich spotřebu. Při vyřazení z provozu každého jednotlivého prvku, by mohlo dojít k většímu, či menšímu ohrožení přenosu elektrické energie ke konečnému spotřebiteli. Mezi hlavní zařízení v elektroenergetice patří elektrická síť, elektrické stanice a elektrické vedení [2].

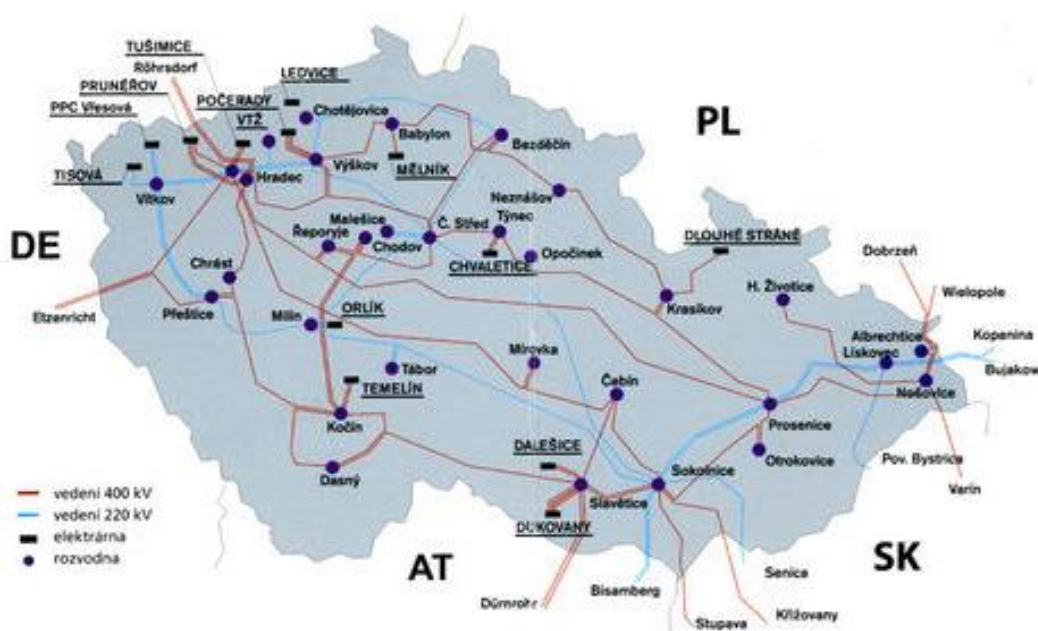
¹ Dalibor Válek, Ing., Vysoká škola Báňská, Technická univerzita Ostrava, Fakulta bezpečnostního inženýrství, Lumírova 13/630, Ostrava - Výškovice, 700 30, e-mail: dalikk@email.cz

² Radomír Ščurek, doc. Ing. Mgr. Ph.D., Vysoká škola Báňská, Technická univerzita Ostrava, Fakulta bezpečnostního inženýrství, Lumírova 13/630, Ostrava - Výškovice, 700 30, e-mail: radomir.scurek@vsb.cz

1.1. ELEKTRICKÁ SÍŤ

Elektrická síť je soubor vzájemně spojených zařízení pro přenos, transformaci a distribuci elektrické energie. Dále to jsou měřicí, řídící, zabezpečovací systémy a výrobní elektrické energie.

Přenosová soustava je systém zařízení, jehož úkolem je přenášet elektrickou energii o napětí 400 kV a 220 kV od výrobce do jednotlivých napájecích uzlů. Distribuční soustava přenáší elektrickou energii o napětí 110 kV nebo 22 kV z přenosové soustavy směrem k odběratelům, tedy do měst, továren či domácností. Schéma přenosové a distribuční soustavy ČR je patrná z obrázku číslo 1.



Obrázek 1. Schéma přenosových sítí v České republice

Zdroj: [1]

Napětí je přenášeno různými typy vedení. Použití určitého typu vedení závisí na mnoha faktorech, jako je například velikost napětí, velikost přenášeného proudu, úbytek napětí

atd. Vedení je nejčastěji venkovní, ale může být také podzemní kabelové, které je podstatně dražší. Jednotlivé napěťové stupně jsou znázorněny v tabulce číslo 1.

Tabulka 1

Klasifikace napětí [3]

Stupeň napětí	Značka	Interval napětí
Malé napětí	MN	do 50 V
Nízké napětí	NN	50 V až 1000 V
Vysoké napětí	VN	1000 V až 52 kV
Velmi vysoké napětí	VVN	52 kV až 300 kV
Zvláště vysoké napětí	ZVN	300 kV až 800 kV
Ultra vysoké napětí	UVN	více než 800 kV

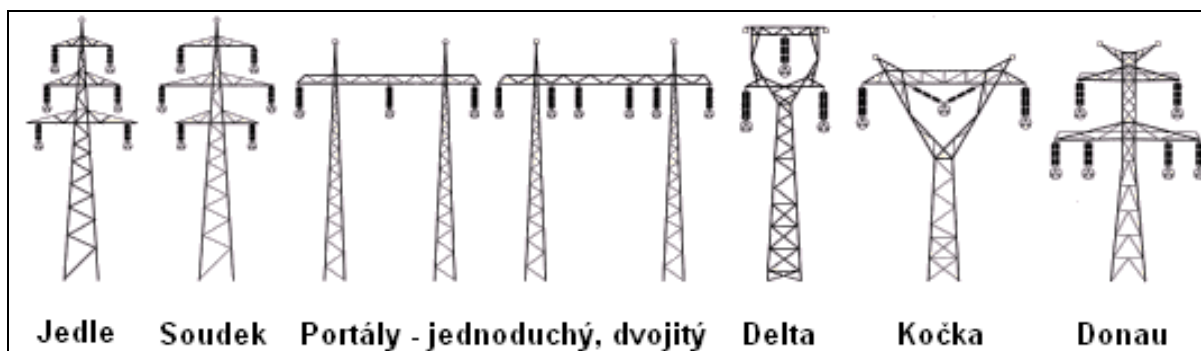
Venkovní vedení musí být odolné vůči povětrnostním vlivům a musí mít dostatečnou mechanickou pevnost i proti úmyslnému poškození. Kabelové vedení se používá

v obytných aglomeraciích, průmyslových
areálech a v budovách.

Venkovní vodiče jsou nesené elektrickými stožáry, jejichž konstrukce může být dřevěná

(sloupy), železobetonová, ocelová nebo ze slitiny hliníku. Existuje mnoho typů stožárů a liší se především svou konstrukcí. Mezi tyto

nosiče lze zařadit typy zobrazené na obrázku číslo 2.



Obrázek 2. Konstruktivní typy elektrických stožárů [2]

Elektrické stožáry jsou konstrukčně uspořádány tak, aby odolaly i extrémním poryvům větru při velmi nepříznivých klimatických podmínkách. Mimo nosných stožárů tvoří síť i výztužné stožáry, které musí odolat i v případech, kdyby se lana na jedné straně přetrhla, čímž by byl stožár extrémně namáhán v ohybu ze strany druhé. Tyto výztužné stožáry jsou zkonstruovány ze speciální oceli, která dlouhodobě odolává klimatickému působení [1].

1.2. ELEKTRICKÉ STANICE

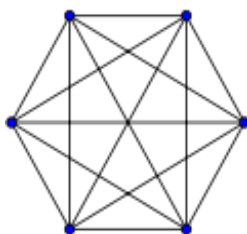
Elektrické stanice jsou součástí elektrické sítě a dělí se na transformovny, spínací stanice a měnírny. Velkou část těchto zařízení tvoří tzv. rozvodny, které jsou tvořeny samostatnou budovou nebo ohraničeným prostorem, zabezpečující přívod a odvod elektrické energie. Rozvodny jsou tvořeny především vodiči, izolátory a dále spínacími, ochrannými nebo řídicími přístroji. V budovách jsou umístěny zejména rozvodny do 35 kV a na venkovní prostranství se umísťují rozvodny

pro velmi vysoké napětí, tedy napětí přesahující 52 kV [5].

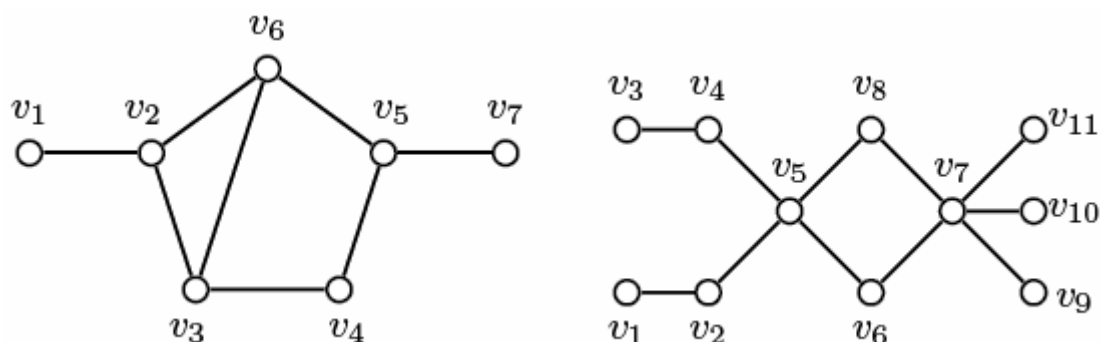
Všechny výše uvedené prvky přenosové sítě jsou více či méně zranitelné působením klimatických jevů. Jejich zranitelnost je dána místem, kde se dané zařízení nachází a přírodním jevem, který může způsobit jeho poškození, nebo vyřazení z provozu.

2. ANALÝZA OHROŽENÍ PŘENOSOVÝCH SOUSTAV PŘÍRODNÍMI VLIVY

Přenosová soustava je síť jednotlivých prvků, tak jako jsou grafy tvořeny jejich vrcholy. Ideální případ by byl ten, kdyby při každém porušení vrcholu (stožár, transformovna a jiné), došlo k jeho automatickému obejití k dalšímu, jak ilustruje obrázek číslo 3. Ze schématu přenosové sítě České republiky je však patrné, že reálně symbolizuje vztah jednotlivých prvků spíše obrázek číslo 4, kde je patrná zranitelnost celé sítě, která je mnohdy závislá pouze na jednom uzlu (zařízení).



Obrázek 3. Síť čtyř vzájemně propojených vrcholů [4]



Obrázek 4. Příklady grafů o několika vrcholech [4]

Každé zařízení přenosové soustavy je proto nutné posoudit na zranitelnost vůči přírodním vlivům, které jej mohou poškodit, nebo vyřadit z provozu. V tabulce číslo 2 jsou takto posouzeny jednotlivé prvky soustavy. Analyzována je výhradně přenosová síť a to v prostředí, které je charakterizováno spíše jako nestandardní. Jedná se tedy o záplavová území, území s vysokou nadmořskou výškou a ve svažitém terénu. Z distribuční soustavy jsou posuzovány prvky sloupů. Četnost výskytu je odvozena dle dostupných informací od pojišťoven a je posouzena autorem v rámci klimatických podmínek České republiky.

Klasifikace četnosti výskytu je stanovena dle následující stupnice:

- nepravděpodobné – výskyt teoreticky možný, ale doposud nepozorovaný,
- méně pravděpodobné – výskyt pozorován alespoň 1x za 10 let,
- pravděpodobné – výskyt pozorován alespoň 1x za 5 let,
- časté – výskyt pozorován několikrát během 1 roku.

Z tabulky číslo 2 je patrné, že nejčastější výskyt má podemletí sloupu povodní, zasněžení a následné zhoršení viditelnosti stožáru a vedení elektrické energie. Další vyskytující se důsledek silného sněžení je znepřístupnění elektrické stanice či zanesení jejích funkčních částí. Při silném mrazu je to pak tvorba spár a jejich rozpínání mající za následek oslabení konstrukce sloupů. Námraza na vodičích zhoršuje fyzikální vlastnosti vedení, u kterých může dojít k přetržení. Podtržení sloupů v důsledku sesuvu půdy je také klasifikováno jako relativně pravděpodobná situace.

Podemletí sloupu.

Podemletí sloupu nebo menšího stožáru se stává v případě povodní, kdy voda zatopí základovou patku sloupu nebo stožáru a tím naruší její soudržnost s půdou, do které je vetknuta. V případě silně proudící povodňové vlny hrozí statické porušení konstrukce v důsledku naplavení dříví či jiného plovoucího materiálu. Část základu sloupu je poté odhalena a může dojít i k vyvrácení. Příklad podemletí stožáru je zobrazen na obrázku číslo 5, ke kterému došlo v obci Polanka nad Odrou při povodních na řece Odře v roce 2010.

Jako účinné opatření lze v záplavových oblastech využít mohutnějších základových patek stožárů a sloupů, které by odolaly nánosům přinášených rozvodněnou řekou. Podemletí sloupu by se tak dalo účinně minimalizovat.

Zhoršení viditelnosti stožáru a vedení v důsledku silného sněžení.

Jako sekundární důsledek zasněžení stožáru je zhoršení jeho vizuálního vjemu se zasněženým pozadím. To může zapříčinit kolizi se stavebním strojem, vykonávající činnost v jeho blízkosti, nebo kontakt stožáru či vedení s technikou letecké záchranné služby vykonávající záchranné práce.

Jako účinné opatření lze využít různé reflexní prvky pevně připevněné na daném zařízení, včetně případného osvětlení pro snadnější rozeznatelnost prvku při zhoršených vizuálních podmínkách.

Posouzení přenosové soustavy vůči účinkům přírodních vlivů [vlastní zdroj]

Negativní přírodní jev	Prvek	Dopad na prvek	Relativní četnost výskytu vyjádřená slovně
Vichřice	Sloup (distribuční síť)	Zlomení	Méně pravděpodobné
	Stožár	Ohnutí	Nepravděpodobné
	Vedení vodičů	Přetržení větrem Přetržení předmětem	Nepravděpodobné Méně pravděpodobné
	Elektrické stanice	Poškození větrem	Méně pravděpodobné
Povodeň	Sloup (distribuční síť)	Podemletí	Pravděpodobné
	Stožár	Ohnutí nánosem	Méně pravděpodobné
	Vedení vodičů	Zaplavení	Nepravděpodobné
	Elektrické stanice	Zaplavení a následná exploze	Méně pravděpodobné
Silné sněžení	Sloup (distribuční síť)	Ohnutí	Nepravděpodobné
	Stožár	Zasněžení-zhoršená viditelnost	Pravděpodobné
	Vedení vodičů	Zasněžení-zhoršená viditelnost	Pravděpodobné
	Elektrické stanice	Deformace staveb. částí Znepřístupnění Zanesení funkčních částí	Méně pravděpodobné Pravděpodobné Pravděpodobné
Sněhová lavina	Sloup (distribuční síť)	Zlomení	Méně pravděpodobné
	Stožár	Ohnutí	Méně pravděpodobné
	Vedení vodičů	Přetržení tlakem sněhu Přetržení předmětem	Nepravděpodobné Nepravděpodobné
	Elektrické stanice	Destrukce staveb. částí Znepřístupnění Destrukce funkčních částí	Méně pravděpodobné Méně pravděpodobné Nepravděpodobné
Silný mráz	Sloup (distribuční síť)	Rozpínání spár a pórů	Pravděpodobné
	Stožár	Zvýšení křehkosti	Méně pravděpodobné
	Vedení vodičů	Zhoršení fyzikálních vlastností vedení (námraza na vedení)	Pravděpodobné
	Elektrické stanice	Poškození elektrických součástí	Méně pravděpodobné
Zemětřesení	Sloup (distribuční síť)	Oslabení konstrukce	Nepravděpodobné
	Stožár	Oslabení základu	Nepravděpodobné
	Vedení vodičů	Přetrhnutí vedení	Nepravděpodobné
	Elektrické stanice	Destrukce stavebních částí	Nepravděpodobné
Krupobití	Sloup (distribuční síť)	Poškození pláště	Nepravděpodobné
	Stožár	Poškození konstrukce	Nepravděpodobné
	Vedení vodičů	Přetržení vedení	Nepravděpodobné
	Elektrické stanice	Poškození stavebních částí a elektrických součástí	Méně pravděpodobné
Úder blesku	Sloup (distribuční síť)	Roztříštění sloupu	Méně pravděpodobné
	Stožár	Rozžhavení konstrukce	Nepravděpodobné
	Vedení vodičů	Spálení vodičů	Méně pravděpodobné
	Elektrické stanice	Spálení elektrických komponentů	Méně pravděpodobné
Sesuv půdy	Sloup (distribuční síť)	Podtrhnutí sloupu	Pravděpodobné
	Stožár	Podtrhnutí stožáru	Méně pravděpodobné
	Vedení vodičů	Roztržení po zborcení stožáru	Méně pravděpodobné
	Elektrické stanice	Destrukce stanice	Méně pravděpodobné



Obrázek 5. Vyvrácený stožár po zaplavení řekou Odrou [vlastní zdroj]

Znepřístupnění elektrické stanice a zanesení funkčních částí.

Součástí elektrických stanic jsou prostředky nutné pro bezpečnost a řízení soustavy. Např. v dohledu jsou soustředěná zařízení pro ovládání (z místa nebo dálkově), měření, regulaci, dispečerské dorozumívací zařízení, hromadné dálkové ovládání a další. Tato zařízení mají lidskou obsluhu i údržbu a proto by znepřístupnění elektrické stanice mohlo způsobit problémy s dispečerským řízením transformoven. Povinností údržby je zajištění čistoty všech elektrických komponent a jiných funkčních částí tak, aby nedošlo k jejich vyřazení z provozu. Elektronické a elektrické součástky jsou velmi náchylné na vlhkost, prach i teplotu. Tady je jediným účinným opatřením častá údržba ve smyslu odklízení sněhu, námrazy, krup či dalších důsledků negativního působení klimatických jevů.

Rozpínání spár a pórů.

Při vysokých mrazech dochází k rozpínání ledu, který se tvoří z vody a ze vzdušné vlhkosti umístěné ve spárách a pórech materiálu, ze kterého jsou sloupy vyrobeny. Tyto spáry se mrazem zvětšují a dochází tak k oslabování konstrukce. Je proto důležitá údržba, eliminace těchto spár a výběr takových

materiálů, které disponují co nejmenší pórovitostí a tedy i nasákavostí. Minimalizovat riziko tvorby trhlin lze rovněž vhodnými vodou odpudivými nátěry na bázi polymerů.

Podtrhnutí sloupu.

K podtrhnutí sloupu může dojít po povodních nebo vydatných deštích, kdy dochází k pohybům půdní masy ze strmějších svahů a posunu základu sloupu z původního místa. Tyto sesuvy půdy mohou nárazem strhnout sloupy nebo i menší stožáry a tím následně přerušit tok proudu ve vodičích. Náchylnost sloupů k podtrhnutí sesuvem půdy závisí na hloubce zapuštění základové patky a mohutnosti konstrukce daného sloupu. Účinným opatřením se zde jeví hloubkové pilotové konstrukce zabezpečující mnohonásobně vyšší stabilitu i po sesunutí svrchní části terénu.

ZÁVĚR

Při výstavbě prvků přenosové a distribuční sítě je zapotřebí posoudit, jak je konkrétní prvek klíčový v daném uzlu. Dle teorie grafů lze zjistit tyto klíčové prvky, při jejichž vyřazení by došlo k nejzávažnějším dopadům. Dále je zapotřebí posoudit prostředí, ve kterém se dané zařízení vyskytuje a posoudit jeho zranitelnost vůči

hrozbám, které v konkrétním prostředí mohou s určitou mírou pravděpodobnosti způsobit na zařízení škodu. Je zřejmé, že na nízko položených loukách v blízkosti plytkých koryt řek, bude pravděpodobnost zaplavení elektroenergetické infrastruktury daleko vyšší a proto je potřeba realizovat taková ochranná opatření, která budou efektivní na daném území pro konkrétní zařízení vůči specifické hrozbě.

Infrastruktura distribuční a přenosové sítě se stále rozrůstá a s vyšší mírou pravděpodobnosti bude muset čelit negativnímu působení klimatických jevů. Je nutné, aby jednotlivé prvky byly robustní a odolávaly takovým projevům počasí, které se pravděpodobně budou stále častěji na našem území vyskytovat.

LITERATÚRA

- [1] Internetové stránky České energetické přenosové soustavy, *Výroční zpráva pro rok 2010* [online]. [cit. 2012-04-01]. Dostupné z WWW <URL: http://www.ceps.cz/CZE/O-spolecnosti/Hospodarske-vysledky/Documents/Vyrocnizpravy/CEPS_vyrocnizprava_2010.pdf>
- [2] Internetové stránky Encyklopedie energie. *Elektrizační soustavy* [online]. [cit. 2012-02-06]. Dostupné z WWW <URL: <http://www.energyweb.cz>>
- [3] Internetová encyklopedie Wikipedie, česká verze. *Elektrické napětí* [online]. [cit. 2012-11-17]. Dostupné z WWW <URL: http://cs.wikipedia.org/wiki/Elektricke_napeti>
- [4] Internetové stránky Matematika pro inženýry 21. Století. *Teorie grafů* [online]. [cit. 2012-11-10]. Dostupné z WWW <URL: <http://mi21.vsb.cz/modul/teorie-grafu>>.
- [5] ORSÁGOVÁ, J.: *Elektrické stanice a vedení*. Studijní materiály Fakulty elektrotechniky a komunikačních technologií, Vysoké učení technické v Brně. Brno, 2006.
- [6] VÁLEK, D.: *Analýza možností narušení prvků elektroenergetické soustavy*. Ochrana osob a majetku 3. mezinárodní zborník vědeckých a odborných prac 2012, roč. 3, s. 44-54. ISBN 978-80-228-2355-5.