

ELEKTRINA JAKO UNIVERZÁLNÍ ENERGIE - NÁROKY NA PŘENOSOVOU SOUSTAVU

Kolektiv ČEPS

Článek je zaměřen na problematiku přenosu elektrické energie, který v České republice zajišťuje akciová společnost ČEPS. Zabývá se významem páteřní přenosové soustavy a jejího napojení na sousední země, nároky na přenosovou soustavu a její spolehlivost, investicemi do zařízení přenosové soustavy. Podrobněji rozebírá legislativní, procesní, územní, stavební a technické aspekty výstavby nového vedení – a to jak nadzemního venkovního, tak i kabelového podzemního vedení.

Během pouhých sta let poté, co byly vyrobeny a uvedeny do provozu první průmyslově využitelné elektrické stroje a zařízení, se stala elektřina nezastupitelnou, univerzální energií. Napomohla nebyvalému rozmachu hospodářství – průmyslu, dopravy i služeb – a také růstu životní úrovně obyvatel. **V současné době se nejen v České republice, ale i ve všech vyspělých zemích rozhoduje o budoucích zdrojích elektrické energie. Ta je pro lidstvo stále nejvýhodnější, protože se dá nejlépe přeměňovat na další typy energie.**

Česká energetická politika

Aby mohla také naše vyspělá společnost dále fungovat a rozvíjet se, musí nejen co nejlépe využívat všech vlastních energetických zdrojů k výrobě elektřiny, ale také budovat silnější a spolehlivější propojení dálkovými vedeními.

V několika posledních letech se pro státní energetickou politiku i pro podniky elektroenergetického a elektrotechnického průmyslu stalo prioritou zajištění bezpečnosti dodávek elektřiny. Pod tímto pojmem se rozumí spolehlivost, nepřetržitost a garance vysoké kvality dodávané elektřiny, vyjádřené jak počtem výpadků, tak stabilitou napětí a frekvence.

Přenos elektrické energie zajišťuje v České republice **akciová společnost ČEPS** na základě výhradní licence č. 130100001 udělené Energetickým regulačním úřadem.

Jako provozovatel přenosové soustavy:
– poskytuje všem jejím uživatelům přenosové a systémové služby za nediskriminačních podmínek a za konkurenceschopné ceny,
– dispečersky řídí zařízení přenosové soustavy a systémové zdroje na území ČR,
– podle pravidel UCTE (nebo v rámci nového vzniklého organu ENTSO-E) zajišťuje propojení s elektrizačními soustavami sousedních zemí.

Dopravní tepny

Přenosová soustava 400 a 220 kV (viz obr. 1 a tab. 1), často nazývaná

„páteřní“, slouží k rozvedení výkonu z velkých systémových elektráren do celého území České republiky a zároveň je součástí mezinárodního propojení Evropy. Napájí elektřinou distribuční soustavy, které ji dále rozvádějí až ke konečným spotřebitelům. Přeshraničními vedeními je přenosová soustava ČR napojena na soustavy všech sousedních států, a tím synchronně spolupracuje s celou elektroenergetickou soustavou kontinentální Evropy.

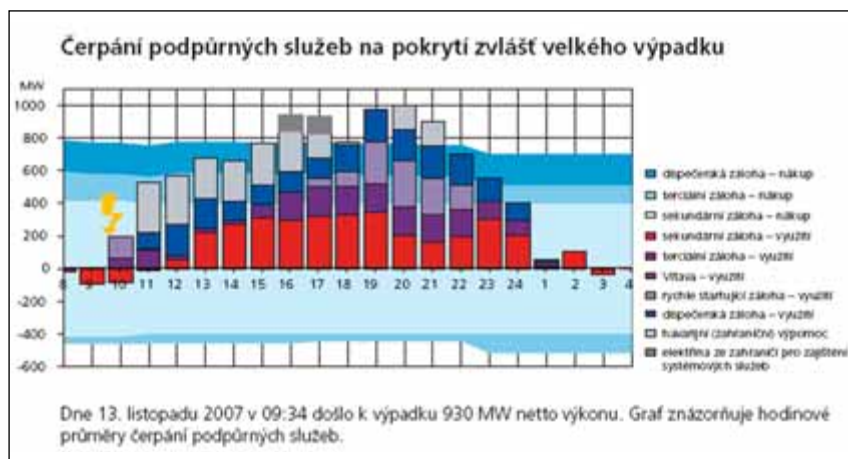
Na zajištění spolehlivého přenosu závisí nepřetržitě a plynulě zásobování všech spotřebitelů. Nezbytnou funkcí provozovatele přenosové soustavy



Obr. 1: Páteřní přenosová soustava v ČR včetně rozvojových záměrů do roku 2018

Typ vedení ČEPS	Délka tras vedení (km)
400 kV	2 968
220 kV	1 371
110 kV	56
Celkem	4 395

Tab. 1: Délka tras vedení ČEPS



Graf 1: Příklad čerpání podpůrných služeb na pokrytí výpadku z 13. listopadu 2007

je proto také dispečerské řízení elektrizační soustavy (viz graf 1), což je v podstatě zajištění nezbytné rovnováhy mezi výrobou a spotřebou elektřiny na licencovaném území ČR, a to v každém okamžiku.

Stoupá závislost, ne spolehlivost

Od 2. poloviny 90. let minulého století dochází k podstatným změnám ve fungování přenosových sítí. **Výrazně vzrostlo množství přenášené elektřiny**, jednak vlivem růstu spotřeby, jednak vlivem narůstajícího mezinárodního obchodu s elektrickou energií, podporovaného snahou o liberalizaci evropského trhu.

Mění se charakter výrobních zdrojů zapojených do soustavy. Nové zdroje jsou budovány v místech výskytu primární energie (větru, vody, uhlí), případně v lokalitách nejvhodnějších z hlediska bezpečnosti (jaderné elektrárny). Při výběru lokalit pro nové zdroje ustupuje do pozadí kritérium

optimálního geografického umístění elektráren vzhledem k místům spotřeby a k přenosové kapacitě páteřní sítě.

Provoz obnovitelných zdrojů je zároveň méně regulovatelný vzhledem k potřebné rovnováze mezi okamžitou výrobou a spotřebou. V případě větrných elektráren jsou objemy výroby a spotřeby v daném okamžiku navzájem zcela nezávislé. To zvyšuje nároky na vyvedení a přenos výkonu jednak z větrných elektráren, jednak také ze záložních zdrojů, pokud větrné elektrárny výkon právě nedodávají. **Mění se konfigurace elektrizační soustavy, zvyšují se nároky na schopnost přenosové sítě dopravovat vyrobenou elektřinu ke spotřebitelům a rostou také nároky na dispečerské řízení soustavy.**

V neposlední řadě se mění také charakter spotřeby elektrické energie. Růst životní úrovně, restrukturalizace průmyslu, rozvoj mezinárodního obchodu s elektřinou i klimatické změny stírají sezónní rozdíly v poptávce.

To ztěžuje plánování odstávek výrobních zdrojů i přenosových tras kvůli údržbě, opravám a rekonstrukcím. Klimatické změny mohou být jednou z příčin poruch na vedeních a krizových situací v zásobování elektřinou. Ve výjimečných případech může mít kumulace takových faktorů za následek i větší výpadek, tzv. black-out.

Bezpečnost zásobování elektřinou se řeší na všech úrovních, včetně nadnárodních profesních sdružení elektrotechnického a elektroenergetického průmyslu, i ve vrcholné mezinárodní politice. Operátoři přenosových soustav v Evropě se zvyšováním spolehlivosti přenosu zabývají soustavně už několik let v úzké spolupráci s regulačními orgány členských zemí a s Evropskou komisí. Zaměřují se přitom na tři základní strategie:

- rozvoj vnitřního trhu Evropské unie,
- posílení kapacit přeshraničních propojení,
- zvýšení úrovně spolehlivosti přenosové soustavy.

Investiční plán ČEPS

Tyto základní strategie koordinovaně naplňuje také provozovatel přenosové soustavy ČR. Za prioritu považuje především investice do zařízení přenosové soustavy. **Bez zvýšení kapacity sítě, bez extenzivního odstraňování úzkých míst v soustavě a bez modernizace zařízení přenosové soustavy nelze zvyšovat úroveň spolehlivosti ani rozvíjet vnitřní trh EU.**

Investiční plán ČEPS zahrnuje posílení vedení ve směru sever-jih, na trase z Polska do Rakouska. Dále sleduje zvýšení kapacit přeshraničních propojení a posílení přenosových vedení z oblasti severočeských hnědouhelných elektráren východním směrem. To ale zároveň znamená i směr z Německa do Polska, Slovenska a dále na východ a jihovýchod Evropy, protože **přenosová soustava má vždy mezinárodní i celoevropský přesah.**

Celkem ČEPS hodlá do roku 2010 investovat 12,5 miliardy korun, tj. v **průměru 2,5 mld. korun ročně.** Součástí těchto investic je výstavba nových vedení, obnova zařízení PS, posílení

Rozsáhlé poruchy v Evropě		
Území (stát)	Datum	Rozsah výpadku
Londýn	srpen 2003	500 tisíc osob
Dánsko a jižní Švédsko	září 2003	5 mil. osob
Itálie	září 2003	56 mil. osob
Švédsko	leden 2005	341 tisíc domácností
Moskva	květen 2005	10 mil. osob
Německo, Francie, Itálie, Belgie, Španělsko, Portugalsko, Rakousko, Chorvatsko	listopad 2006	15 mil. domácností

Tab. 2: Příklady rozsáhlých výpadků v zásobování elektřinou v Evropě

kapacity některých vedení stávajících a dokončení přechodu stanic přenosové soustavy na dálkové ovládání. Souběžně se také buduje ochranný systém fyzického zabezpečení objektů elektrických stanic, včetně nezbytné modernizace dispečerských pracovišť.

Investiční plán ČEPS (viz obr. 1) předznamenává **zásadní změny v přenosových parametrech celé sítě**. Zvýší se její přenosová kapacita, jež by měla být dostatečná i pro připojování nových (obnovitelných) zdrojů do budoucna. Otevře se prostor pro hlubší mezinárodní spolupráci. V konečném efektu se zvýší bezpečnost zásobování spotřebitelů elektrickou energií.

Výstavba nového vedení

Výstavba nového vedení se řídí všemi zákony platnými pro přípravu a realizaci projektů liniových staveb. **Vztahují se na ně veškerá pravidla stavebního řízení, včetně posouzení vlivu stavby na životní prostředí (EIA)**. To platí i v těch případech, kdy se nové vedení staví v trase vedení stávajícího.

Při projektování nového vedení se vždy hledá konsenzus mezi ochranou přírody a krajiny a nejschůdnějším, respektive ekonomicky nejvýhodnějším řešením.

Kolem vedení se ze zákona zřizují ochranná pásma. Jedná se o bezpečnostní koridory, jejichž šířka činí 15 metrů (220 kV) a 20 metrů (400 kV) od krajního vodiče (podle starších norem jsou tyto vzdálenosti 20, resp. 25 metrů). Zákon stanovuje, že uvnitř těchto koridorů se nesmí vyskytovat porost vyšší než 3 metry nad zemí. **Požadavek na ochranná pásma je důležitý, protože vodiče vykazují určitý průhyb**, který je proměnlivý v závislosti mj. na měnících se klimatických podmínkách (teplota vzduchu, vlhkost, apod.) a na zatížení samotného vodiče (při vyšším zatížení se zvýší teplota vodiče a zvýší se průhyb). Kromě toho je závaznými normami určena rovněž minimální vzdálenost dřevin od živých částí vedení (vodiče pod napětím), která činí 4 m u vedení 220 kV a 5 m u vedení 400 kV. Podob-

ně jako v předchozím případě mají i tyto vzdálenosti **vyložit nebezpečí dotyku živých částí vedení s dřevinami, což by mohlo způsobit zkrat a následně požár.**

Páteřní elektrická soustava ČEPS vede zvláště vysoké napětí 220 kV a 400 kV. To znamená, že se v celorepublikové elektrizační soustavě odlišuje parametry svých stožárů, které jsou vyšší a mohutnější. (viz obr. 2 a obr. 3)

Nadzemní část základu stožáru tvoří čtyři betonové válce o průměru zhruba 50 cm a výšce cca 50 cm. Do každého z válců je ukotvena jedna základová noha stožáru. Celková plocha půdy, kterou základny stožárů zaberou, včetně ochranného pásma o šířce 1 m, je cca 60 m². **Stožáry jsou konstruovány tak, aby odolaly extrémním povětrnostním vlivům. Musí odolávat námrazám a větru o síle vichřice, tj. o rychlosti minimálně 120 km/h.**



Obr. 2: Soudek (kotevní) – příklad jednoho ze základních typů stožárových konstrukcí vedení ČEPS 400 kV.

Obr. 3: Kočka (nosná) – příklad jednoho ze základních typů stožárových konstrukcí vedení ČEPS 400 kV.

Stožáry se kompletují z dílců přímo na jejich stanovišti a vztyčují se metodou postupného vysouvání, tzv. štokování, nebo se používá metoda klopení, kdy se pomocí jeřábu vztyčuje celý předem smontovaný stožár. Na obtížně přístupných místech se používá pro montáž stožárů i letecká technika (vrtulníky). Na konstrukci stožárů se vyzdvihnou izolátory pomocí jednoduchých, ale důmyslných a bezpečných kladkostrojů.

Vlastní vodiče (fázové vodiče, zemnicí lana) se ke stožárům na místo montáže dopravují navinuté na bubnech

o průměrné hmotnosti 3 tuny a na izolátory se montují pomocí speciálních navijecích souprav.

Doba výstavby od vyhloubení základů stožárů do rekultivace terénu po ukončení stavby nepřesahuje zpravidla 3 měsíce – v závislosti na délce trasy vedení v konkrétním územním celku. **Ke stavbě nejsou zpravidla zapotřebí těžké stavební stroje ani jiné mechanismy**, které by vyžadovaly zřízení speciálních technologických komunikací (přístupových silnic). Ve stavební lokalitě trasy vedení nejsou zřizovány stavební dvory ani dočasné sklady materiálu. Harmonogram výstavby je vždy plánován tak, aby zemní práce nenarušovaly přirozený vegetační cyklus, respektive, aby co nejméně narušovaly běžný rytmus při využívání zemědělské půdy.

Varianta podzemních kabelů

Vedení zvláště vysokého napětí (ZVN) v kabelech uložených pod zemským povrchem je zatím i ve světě ojedinělé. Výjimečně se toto řešení používá v případech, kdy stavba nadzemního vedení je vyloučena z prostorových důvodů – typickými příklady jsou propojovací (okružní) vedení ZVN v husté městské zástavbě. Přitom celková délka jednotlivých úseků těchto kabelových vedení, vesměs uložených ve speciálních kolektorech, nepřekračuje jednotky kilometrů.

Pokud by mělo být tohoto způsobu využito v ČR, bylo by vzhledem k požadovaným přenosovým schopnostem páteřní sítě nutné počítat s paralelním uložením kabelů. V trase by tak bylo nutné umístit 6 jednofázových kabelů, z bezpečnostních a provozních důvodů vzájemně prostorově oddělených. **To znamená udržovat celkovou šíři kabelové trasy zhruba 5 až 6 m s ochranným pásmem 3 metry od každého krajního kabelu.** Zároveň je energetickým zákonem zakázáno zpětné vysazování trvalých porostů v trase a ochranných pásmech podzemního vedení.

K místu uložení by se kabely přivázely

navinuté na bubnu o průměru 6 metrů a hmotnosti 20 tun včetně kabelu. Na půl kilometru trasy by bylo zapotřebí 6 takových bubnů. **To by znamenalo výstavbu speciální technologické komunikace**, která by navíc kvůli údržbě, opravám a zajištění bezpečnosti kabelů musela být zachována i po dokončení stavby. Dále musí být řešeny manipulační a skladové plochy.

Jednotlivé díly kabelů (cca po 500 m trasy) se spojují kabelovými spojkami, které musejí být přístupné kontrole a měření. Proto by se musely v těchto místech **budovat betonové objekty, zapuštěné z větší části pod zem, o rozměrech přibližně 6x6x2 m**, které musejí zajistit bezpečné požární oddělení jednotlivých kabelových spojek v případě poruchy. Zároveň by bylo nutné k těmto objektům vybudovat trvalé přístupové komunikace, sloužící nejen pro výstavbu, ale i pro provoz a opravy kabelového vedení a nakonec i pro jeho budoucí obnovu.

Ve srovnání s nadzemním vedením má kabelové vedení zásadní nevýhodu spočívající ve značně vyšší kapacitní reaktanci, která podstatným

způsobem snižuje přenosové schopnosti kabelu. Proto by pro realizaci zamýšlených vedení kabelem bylo nutné **minimálně na obou koncích a uprostřed trasy (zhruba po 30 km) doplnit kompenzační zařízení**. Pod pojmem kompenzační zařízení se rozumí uzavřený areál pro rozvodné zařízení ZVN, vlastní kompenzátory (kompenzační tlumivky o jednotkovém výkonu minimálně 100 MVar) a budovy pro systémy řízení, chránění a vlastní spotřebu stanice a s přístupovou komunikací pro přepravu těžkých a nadrozměrných nákladů či zařízení.

Vlastní výkop pro kabelovou trasu představuje **vytěžení přibližně 13 500 m³ zeminy (nebo i skály, podle změny podloží v trase kabelu) na každý kilometr trasy**. A s ohledem na výše uvedený problém s odvodem ztrátového tepla kabelu by bylo nutné cca 25 % tohoto objemu odvézt na skládky a nahradit speciálním materiálem na zásyp.

Velkým problémem je i otázka vymezení ochranného pásma kabelového vedení v terénu, včetně zajištění jeho bezpečných přejezdů např. pro běž-

ně používané stroje a mechanismy v zemědělství a lesnictví. **Ochranné pásmo tohoto typu vedení by muselo být viditelně označeno, např. pomocí souvislého oplocení nebo výsadbou živých plotů s přístupovými bránami/vjezdy** k místům kabelových spojek i k přejezdům (obdobně jako je tomu u dálnic). Každé takovéto řešení však způsobí komplikace jak provozovateli kabelového vedení, tak i ostatním uživatelům tohoto prostoru a ztížení přirozené migrace zvěře.

To jsou jen některé nejzávažnější problémy, s nimiž by se výstavba a provoz podzemního kabelového vedení musely vyrovnávat. Těmi dalšími jsou křížení kabelové trasy se silnicemi a železnicemi, překonávání vodních toků aj. Je zřejmé, že i řešení kabelovým vedením by trvale poškodilo krajinu, a to mnohem závažnějším způsobem, než vedení nadzemní. Přitom **průměrné náklady na výstavbu kabelového vedení jsou ve srovnání s náklady na výstavbu venkovního nadzemního vedení zhruba 10x vyšší** a jsou tak plně srovnatelné s náklady na výstavbu dálniční komunikace.

*Kolektiv ČEPS
ČEPS, a. s.*

ENGLISH ABSTRACT

Electricity as Universal Energy – Requirements for the Transmission System, by a ČEPS team

This article reviews the problems of electricity transmission in the Czech Republic, carried out by ČEPS (The Czech Republic Transmission System Operator), reflecting on the importance of the backbone transmission system and its connection to the neighbouring countries, the requirements for the system and its reliability, and the investments in the equipment of the system. Analysed in detail is the legislative, procedural, spatial, constructional and technical context of the construction of new transmission lines, overhead and underground.