

# BACKGROUND REPORT

PRAGUE PRAŽSKÝ  
STUDENT STUDENTSKÝ  
SUMMIT



**UNEP**

**Energetika**





## 1. Úvod

Problém stability sítí je mnohem složitější, než je všeobecně známo. V dnešní době, kdy je zvláště v EU kladen důraz na co největší propojení jednotlivých sítí elektrické energie a podporu masivní produkce energie z obnovitelných zdrojů, je záležitost „sdílení“ společné elektrické sítě velkým problémem.

## 2. Historie a princip

### 2.1. Stejnosměrný proud

V devatenáctém století, kdy vznikala první rozvodná síť, probíhala rušná debata o jejím principu. Prvním návrhem, který zastával hlavně Thomas A. Edison, byl systém stejnosměrného proudu. V reálu si to můžeme představit jako vodovodní síť. Skládá se z čerpadla (elektrárna), které tlakuje systém, vodojemu (kondenzátor, baterie), do kterého se ukládá načerpaná voda (při nízké spotřebě se plní, při vysoké naopak vyprazdňuje), tedy něco jako skladiště energie. Není tedy potřeba neustále regulovat výkon elektrárny, stačí, když v dlouhodobém hledisku je její výkon dostačující. Posledním článkem je už samotný spotřebič, který využívá rozdíl tlaku v systému a mimo něj (napětí), z čehož získává energii pro svůj chod. Pozitivem systému stejnosměrné sítě je možnost skladování energie.

Velkým negativem, kvůli kterému byl nakonec systém zavržen, je samotný princip transportu energie. Je nutné přenést z jednoho místa na druhé nikoli jen energii, nýbrž i částice. Přesunem částic se kvůli tření spotřebuje obrovské množství energie. Další negativum přináší neměnné napětí, které se při vysokých odporech (dlouhá vedení) výrazně snižuje. Její transport na dlouhých vzdálenostech je při dnešních technologiích téměř nemožný (jedinou teoretickou možností je supravodivost, která je ale příliš nákladná). Dnes se o tomto systému přemýšlí jako o možném budoucím druhém systému, který bude spojovat nespolehlivé zdroje energie a v centrálních stanicích se pak bude elektrina střídat a dodávat do stávající sítě nebo se přímo na tuto druhou síť budou napojovat některé spotřebiče (elektromobily aj.).

### 2.2. Střídavý proud

Vítězným systémem se stala soustava využívající střídavé napětí. Zastánci tohoto systému byli hlavně Nikola Tesla a George Westinghouse. Hlavní nosnou ideu tvořil velmi efektivní transport energie pomocí vln, který si můžeme představit na příkladu oceánu a zemětřesení. V jednom místě pod hladinou vypukne zemětřesení a vznikne vlna tsunami. Ta poté putuje několik set kilometrů oceánem. Putuje však pouze energie, kterou do této vlny vložilo zemětřesení, nikoliv shluk molekul vody, které byly svědky zemětřesení a tím, jak cestuje směrem k pobřeží, vytváří vlnu tsunami. Částice, které byly u epicentra, se pohnou jen několik desítek či stovek metrů, nikoliv kilometrů. Podobně se pohybuje i elektrická energie v elektrickém vedení. Elektrická energie se nese sítí pouze jako vlna, žádné částice necestují s ní. Elektrony pouze kmitají sem a tam kolem jednoho místa. Nikdy nepotkáte doma elektron, který byl před nějakou dobou ještě v elektrárně. Ztráty při transportu energie touto metodou



jsou minimální. Velkou výhodou je snadná změna napětí pomocí transformátoru, kdy na velmi dlouhé tratě je možné přesunout obrovská množství energie s velmi malou ztrátou.

Nevýhodou tohoto typu sítě je fakt, že energie, která se právě vyrábí v elektrárně, musí být hned spotřebovávána. Jinak řečeno, zapojíte-li doma spotřebič, musí v tu chvíli elektrárna zvednout výkon tak, aby vyráběla o tolik více energie, kolik ji spotřebuje nově připojený přístroj. Pokud tak neučiní, a zůstane na stejném výkonu, klesne napětí v síti tak, aby se ustanovila rovnováha mezi spotřebou a produkcí. V případě jedné žárovky se jedná o pokles neměřitelný, v případě většího množství spotřebičů je pokles napětí znatelný. V případě příliš velkého podpětí hrozí problémy s funkcí téměř všech spotřebičů. Jako příklad je možno uvést podpětí, které vyřadilo z chodu centrální řídicí počítač pražského metra a následkem toho bylo pražské metro na několik desítek minut ochromeno. Následně metro fungovalo na starém principu, kdy vlaky vypravoval na trať dozorčí, který telefonicky zjišťoval z další stanice, zda vlak, který byl na trati, dorazil. Plný provoz byl zahájen až po zprovoznění řídicího počítače.

### 3. Regulace sítě

Vyrovňování spotřeby je technologicky náročné, neboť regulace výkonu zdrojů elektrické energie je velmi obtížná. Změnit výkon elektrárny jde většinou v řádech procent, jemněji to nejde, a proces trvá dlouho. Regulace je tedy u většiny zdrojů málo flexibilní, o změně efektivity výroby regulací nemluvě. I tak se ale donedávna dařilo síti držet stabilní. Problém nastává při připojení další neznámé ve větším měřítku do rozvodné soustavy. Tou dnešní neznámou jsou nestabilní „zelené“ (obnovitelné) zdroje energie. Okamžitý výkon solární elektrárny se neustále mění (v řádech sekund) podle toho, jak svítí slunce. Větrné elektrárny mají obdobný problém.

#### 3.1. Rozdělení elektráren podle funkce:

##### A, základní elektrárny

- tyto elektrárny pracují téměř nepřetržitě
- tepelné a jaderné elektrárny, většina průtočných vodních elektráren

##### B, pološpičkové elektrárny

- vyrábějí elektrickou energii pro krytí středního zatížení elektrizační soustavy
- doba využití 2000-4500 hodin za rok
- jedná se o tepelné elektrárny spalující plyn a některé průtočné vodní elektrárny

##### C, špičkové elektrárny

- tyto elektrárny pracují pouze v době špiček (kryjí okamžiky největších zatížení elektrizační soustavy)
- doba využívání je 700 – 1500 hodin za rok, musí být během krátké doby (několik minut) schopny přejít na požadovaný výkon
- akumulární a přečerpávací vodní elektrárny



## 3.2. Elektrárny a jejich regulace<sup>1</sup>

### A, Jaderné bloky

- určeny pro ustálenou dodávku, ale v určitém rozsahu mají možnost regulace, např. Temelín má certifikaci na tzv. primární regulaci (regulace frekvence) i sekundární regulaci (dálkové řízení výkonu v reálném čase)<sup>2</sup>, ta ale zatím není využívána s ohledem na přítomnost snadněji říditelných uhelných elektráren
- zapnutí a vypnutí v řádech dnů

### B, Uhelné elektrárny

- regulační rozsah bloku: nové 40 – 100 %; stávající 60 – 100 % jmenovitého výkonu<sup>3</sup>
- dle velikosti z teplého stavu na plný výkon – cca 6 hod
- ze studeného stavu cca 12 hod

### C, Vodní elektrárny

- přečerpávací 0 – 100 % jmenovitého výkonu
- akumulární a průtočné mají značně omezené možnosti regulace
- náběh řádově v minutách

### D, Plynové a paroplynové elektrárny

- velký regulační rozsah 40 – 100 % jmenovitého výkonu
- náběh do 1 hod.

### E, Fotovoltaické elektrárny

- neregulovatelné

### F, Větrné

- neregulovatelné

## 3.3. Záložní zdroje

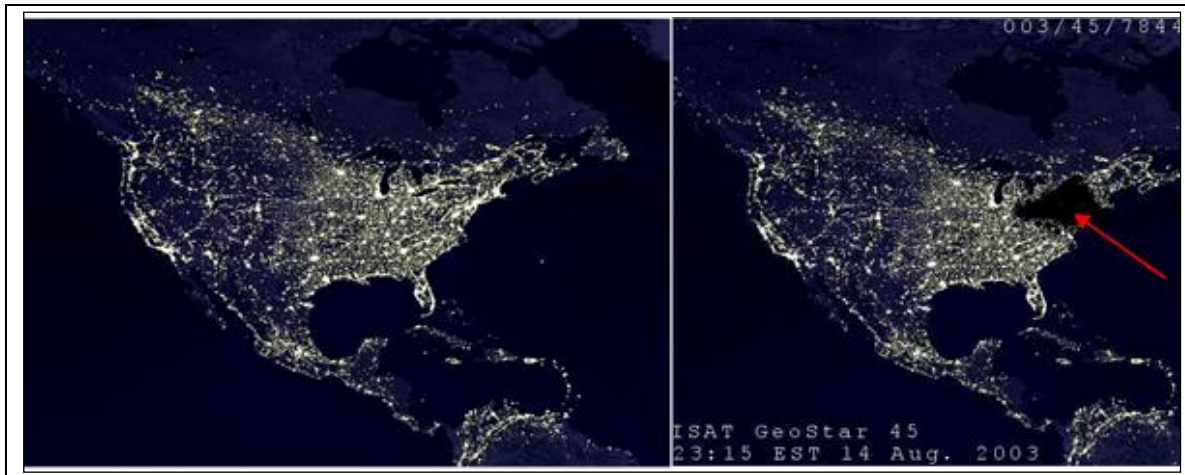
Spotřeba určitého regionu musí být v případě potřeby uspokojena. Energetická síť musí mít dostatek zdrojů, kterými v případě nárůstu spotřeby uspokojí poptávku, jinak přichází výpadek proudu. Tyto zdroje musí být připraveny na povel zahájit výrobu elektrické energie. Nežijeme v době, kdy „poroučíme větru, dešti“, a proto se solárními a větrnými elektrárnami nemůžeme počítat. Je tedy nutné mít záložní zdroje, jinak řečeno elektrárnu připravenou ke spuštění, když zajde slunce. A to stojí nemalé finanční prostředky. Dalším problémem je také její pomalý náběh, kdy v případě rychlého setmění nestihne záložní zdroj naskočit a pak přichází podpětí nebo rovnou tzv. blackout (tedy neplánovaný totální výpadek sítě).

---

<sup>1</sup> Informace poskytnul na žádost autora Ing. Miroslav Strnad ze společnosti ČEZ.

<sup>2</sup> Více na <http://gsys-soft.net/OVR.aspx>

<sup>3</sup> Jmenovitý výkon udává maximální výkon zařízení při splnění všech předpisů a norem, kterého lze dlouhodobě dosahovat.



### 3.4. Přílišná aktivita

V případě, jak už se tomu několikrát stalo například v Německu, že začne najednou foukat v oblasti pole větrných elektráren vítr, je zaděláno na problém. Z nulového výkonu skočí výkon na několik stovek MW, což způsobí lokální přepětí. Reakční doba velkých zdrojů, které můžeme ztlumit, je příliš dlouhá, aby nárůst vyrovnala. Vlna přepětí proběhne sítí (třeba i celým kontinentem) a může napáchat velké škody.

### 3.5. Jiné příčiny blackoutů

Blackout nemusí mít na svědomí pouze nestabilní zdroje. Často stačí i malá porucha a třeba celý Apeninský poloostrov vlivem nenadálé události nesvítil. Následující článek názorně popisuje následky výpadku proudu: „Ve Švédsku byly v roce 2003 jednou z příčin odstavení jaderné elektrárny Barseback politické důvody. V Itálii v roce 2003 byla příčinou bouřka, která vyřadila linku mezi Švýcarskem a Itálií. Státní společnost ENEL ztratila kontrolu nad situací během 4 sekund. Tisíce lidí zůstaly ve vlacích a v metru, letecká doprava byla zrušena. Mediálně nejznámější blackout Northeast v USA a Kanadě v roce 2003 začal pádem několika stromů na VVN vedení. Tuto událost operátoři nezvládli a došlo k dominovému šíření poruchy. V koncovém stavu bylo od sítě odpojeno 256 energetických zdrojů. Došlo k poruchám v zásobování vodou, zkolabovala železniční i letecká doprava, telefonní síť, internet. Jen v New Yorku bylo zaznamenáno 3000 požárů (od svíček). Nejvíce úmrtí vzniklo při dopravních nehodách (nefungovala světelná signalizace) a pádem zlodějů, rabujících v opuštěných domech, ze střechy nebo římsy. Došlo také k úmrtí v důsledku nadýchání zplodinami z provozu elektrocentrál.

Nejvážnější následky měl blackout v Aucklandu. Zasáhl sice "jen" 1 milion obyvatel, s důsledky blackoutů se ale město nevyrovnalo dodnes. Zpočátku jednoduchá porucha na VN kabelu vyvolala řetězec dalších poruch na kabelech. Po každé opravě kabelu a následném připojení napětí došlo k závadě na dalších místech. Tento stav, kdy obchodní centrum města bylo zcela mimo provoz, trval 5 týdnů! Denně spotřebovaly nouzové agregáty 1 milion litrů nafty. Za tu dobu opustila město velká část obyvatel,



*ale také banky, univerzity a významné firmy... Drobným podnikatelům stát doporučil ohlásit bankrot a po zklidnění situace začít znovu."*<sup>4</sup>

#### **4. Geopolitický náhled**

Samostatný stát má právo na svoji energetickou politiku. Když bude chtít, může vyrábět všechnu energii v uhelných elektrárnách, nebo ji brát z fotovoltaických elektráren. Na to má výsostné právo. Problém přichází, když svoji rozvodnou síť spojí se státem sousedním. Má - li první zmiňovaný síť velmi stabilní a druhý velmi nestabilní, případné problémy se budou přesouvat i k sousedovi, který má síť stabilní. Otázka jakým způsobem tento problém vyřešit, zůstává stále nezodpovězena.

#### **5. Vliv nestability na ekonomiku**

Nestabilní síť elektřiny je noční můra všech vyspělých ekonomik. Stabilní ekonomika je založena na stabilních dodávkách surovin, hlavně energie. Jako příklad energetické závislosti ekonomiky můžeme uvést plynové krize (např. v roce 2009). Časté výpadky proudu ovlivňují nejen proces výroby ale také samotnou životnost strojů a kvalitu produktů. Představa, že vám každých deset minut vypadne proud, je i pro běžného člověka odstrašující, natožpak pro ekonomiku.

#### **6. Masové nasazení nestabilních zdrojů. Jde to?**

Řešením tohoto problému se zdá být síť stejnosměrného proudu. Síť bude mít několik pozitiv. Bude-li dobře decentralizovaná, nebude veliký problém se ztrátami. Správným rozmístěním konvertorových stanic bude možné bezpečně převádět proud na střídavý, a dodávat tak elektřinu do stávající sítě, aniž bychom ji činili méně stabilní. Hlavní negativum této vize je finanční náročnost. Připojování velkých výkonů v nestabilních zdrojích do stávající sítě povede k velkým výkyvům napětí a její celkové nestabilitě. Ubírat se tedy touto cestou není správným řešením.

#### **7. Závěr**

V dnešním světě, kdy jsme závislí na elektrické energii čím dál, tím více, přichází mnohem silnější zodpovědnost za konané kroky v rozvodné síti. Špatné rozhodnutí má totiž mnohem větší následky než dříve. Je tedy nutné nepodlehnout ideologickým vlivům a s čistou hlavou a chladným rozumem projít informace o dané problematice a rozhodnout. Stabilní síť je jeden z pilířů prosperity a hospodářského růstu, ale také jeden z pilířů moderní civilizace. Poškodíme-li jeho stabilitu, nepovede to k zelenějšímu věku, nýbrž k celosvětovým problémům.

---

<sup>4</sup> <http://fyzmatik.pise.cz/21251-co-je-to-blackout.html>



## 8. Zdroje informací

1. *Elektrikář* [online]. 2011 [cit. 2011-09-06]. Elektrárny. Dostupné z WWW: <http://extremeweb.tym.cz/?q=elektrarny>
2. ŠTOLL, Ivan. *Dějiny fyziky*. 1. vydání. Praha: Prometheus, 2009. IBSN 978-80-7196-375-2.
3. VAVŘIŇÁK, Petr. *Užití elektrické energie* [online]. [s.l.], 2006. 70 s. Studijní materiál. Střední škola elektrotechnická. Dostupné z WWW: [http://sse-najizdarne.cz/dokumenty/studijni\\_materialy/uziti\\_elektricke\\_energie.pdf](http://sse-najizdarne.cz/dokumenty/studijni_materialy/uziti_elektricke_energie.pdf)
4. *Wikipedie: Otevřená encyklopedie: Stejnoseměrný proud* [online]. c2011 [citováno 5. 09. 2011]. Dostupný z WWW: [http://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=Stejnosem%C4%9Brn%C3%BD\\_proud&oldid=6827974](http://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=Stejnosem%C4%9Brn%C3%BD_proud&oldid=6827974)
5. *Wikipedie: Otevřená encyklopedie: Střídavý proud* [online]. c2011 [citováno 5. 09. 2011]. Dostupný z WWW: [http://cs.wikipedia.org/wiki/St%C5%99%C3%ADdav%C3%BD\\_proud](http://cs.wikipedia.org/wiki/St%C5%99%C3%ADdav%C3%BD_proud)
6. *Wikipedia: The Free Encyclopedia: Electric power transmission* [online]. c2011 [citováno 5. 09. 2011] Dostupný z WWW: [http://en.wikipedia.org/wiki/Electric\\_power\\_transmission](http://en.wikipedia.org/wiki/Electric_power_transmission)



**Zpracování:** Ondřej Novák

**Redakční úprava:** Petra Pejchová, Votěch Fiala, Laura Havlová, Dominika Holečková, Filip Chráska, Tomáš Konečný, Jan Potucký, Thu Thuy Truong, Jan Zipser

**Grafická úprava a tech. spolupráce:** Zuzana Procházková

**Odborná spolupráce:** Výzkumné centrum AMO (ředitel JUDr. PhDr. Tomáš Karásek, PhD.)

Vydala Asociace pro mezinárodní otázky pro potřeby XVII. ročníku Pražského studentského summitu.

© AMO 2011

Model OSN

Asociace pro mezinárodní otázky,  
Žitná 27, 110 00 Praha 1  
Tel./fax: +420 224 813 460,  
e-mail: summit@amo.cz,  
IČ: 65 99 95 33

»www.amo.cz«

»www.studentsummit.cz«

TOP PARTNEŘI

GENERÁLNÍ PARTNER  
MODELU OSN



HLAVNÍ PARTNER  
MODELU OSN



OD KOMERČNÍ BANKY

HLAVNÍ PARTNER  
MODELU NATO



Ministerstvo zahraničních věcí  
České republiky

MODEL NATO IS CO-SPONSORED BY  
THE NORTH ATLANTIC TREATY ORGANIZATION



HLAVNÍ PARTNER  
MODELU EU



Zastoupení  
Evropské komise  
v České republice

PARTNER ZAHÁJENÍ



PARTNER JEDNÁNÍ



UNIVERZITNÍ  
PARTNER



DODAVATELÉ SLUŽEB



MEDIÁLNÍ PARTNEŘI

RESPEKT

HOSPODÁŘSKÉ NOVINY



PARTNER CHRONICLE





**Asociace  
pro mezinárodní  
otázky**  
Association  
for International  
Affairs

Pražský studentský summit  
projekt Asociace pro mezinárodní otázky