

# Obecné úvahy o elektroenergetice a oboru rozváděčů

Při své práci v elektroenergetice se zabývám realizací zakázek nízkonapěťových rozváděčů. Zjišťuji, že se nelze spokojit jen se současností. Nemůžeme žít jen přítomností, musíme se dívat i na budoucnost, na trendy a vývoj. Jak to tedy s tou energetikou vlastně je?

## Skladba prvotních zdrojů energií v České republice

- plyn
- uhlí
- ropa
- jaderné zdroje
- vodní energie
- solární (sluneční) energie
- biomasa + bioplyny
- geotermální energie
- proudění vzduchu

## Zušlechtěná energie vhodná pro konečného uživatele

Každá země, do jisté míry, zušlechtuje prvotní zdroje energie ke spotřebě do následujících forem energie:

- elektrická energie;
- energie v tekutých palivech;
- energie v plynných palivech.

V české elektroenergetice se vyrábí přibližně 60 TW.h elektrické energie za rok (statistika ČEZ, rok 2006), z toho:

- asi 30 % elektrické energie pochází z jaderné energetiky;
- asi 60 % elektrické energie pochází z tepelných elektráren na bázi spalování uhlí;
- asi 10 % elektrické energie pochází z jiných zdrojů včetně hydroelektráren.

## Co to znamená v primárních palivech?

- Kdyby celá tato energie vznikala v uhlíkových elektrárnách, bylo by třeba spálit asi 60 mil. tun uhlí za rok (dnešní elektrárny potřebují na 1 kW.h dodané energie spálit asi 1 kg hnědého uhlí). 60 milionů tun uhlí představuje krychli o rozměrech asi  $300 \times 300 \times 300$  m. Ze spálení takové krychle vznikne samozřejmě 60 milionů tun odpadu v po-



Rozváděč nn pro projekt rafinerie Naftan v Bělorusku

době popela, polétavého prachu, oxidů  $\text{CO}_x$  a  $\text{NO}_x$  a dalších škodlivin. Neodhaduji, kolik kyslíku vyžaduje spálení uhlí.

- Kdyby celá tato energie vznikala štěpením atomových jader (či později možná fúzí atomových jader), potom podle známého Einsteinova vzorce na ekvivalenci hmoty a energie  $E = m.c^2$  k tomu postačí 2,4 kg energetického ekvivalentu hmoty, který vejde do štěpné reakce a změní se na energii. Celý tepelný proces nevyžaduje žádný kyslíkový vstup. Protože „historická konzerva fosilních paliv na planetě Země“ je už skoro vyčerpaná, je jaderná technologie jedinou reálnou technickou variantou zabezpečení dostatku energie.
- Alternativní zdroje energie (spalování biomasy, vítr, solární energie, geotermální energie) mohou být pouze zdroji doplňkovými. Jinou otázkou by bylo, zda by bylo možné považovat alternativní zdroje za perspektivní, kdyby lidstvo slevilo z nároků na spotřebu, a to dramaticky.

## Technické aspekty výroby a rozvodu elektrické energie

### Budování velkých energetických zdrojů

Ekonomická výroba elektrické energie vyžaduje koncentraci výroby do velkých zdrojů. Elektrárny se zpravidla budují u prvotních zdrojů energie. Proto jsou u nás elek-

trárny především u severočeských uhlíkových pánví. To způsobuje problémy s transportem energie do míst spotřeby na poměrně velké vzdálenosti.

### Aspekt růstu zkratových proudu

Velké energetické zdroje představují při provozu obrovskou inerciální energii (roztočené těžké rotory turbín, generátorů, obrovské energie v magnetických obvodech všech generátorů a transformátorů). Při abnormálních stavech, zvláště při zkratech, musí být rozvodná soustava schopna tyto obrovské energie vypínat. Obtíže s růstem zkratových proudu zvyšují propojování rozvodných soustav na velkých územích. Při zkratech v jistých bodech sítě přispívají do místa zkratu energií všechny zdroje připojené do soustavy. Systém chránění musí být tak dokonalý, aby rozeznal, co je třeba vypnout, aby se energetický systém nezhroutil. Propojování má výhodu ve snížení potřeby zálohovaného výkonu, který musí být v soustavě rychle k dispozici, pokud spotřeba neočekávaně roste (a zdroje začínají být přetěžovány).

### Aspekt transportu energie na velké vzdálenosti

Elektrická energie se vyrábí zpravidla při napětí 15–20 kV. Pro transport na dlouhé vzdálenosti (stovky kilometrů) se transformuje na úroveň 400 kV. Přenosové magistrální linky pracují u nás i v Evropě zpravidla s napětím 400 kV.

V místě spotřeby (třeba v regionu Praha či Jižní Morava) se transformuje napětí na

úroveň 100 kV. Tomuto napětí se říká distribuční napětí. Distribuční napětí 100 kV se přivádí do míst velkých spotřeb (k velkým průmyslovým závodům nebo do měst). Pro spotřebitele se energie dále transformuje na úroveň 22 kV (v CZ v severních a východních Čechách je toto napětí 35 kV – důsledek německého vlivu). Jedna taková linka 22 kV přenese až 20 MW výkonu. Jen tak pro představu co to je 20 MW výkonu – jedna rodina (byt) má instalováno v průměru 5 kW ve spotřebičích. Jedna linka 22 kV je tedy schopna zásobovat asi 4000 bytů (jednu městskou čtvrt' nebo malé město).

### **Kvantifikace rozváděčů v sítích vvn, vn, nn**

V praxi generuje instalace jednoho pole vn rozváděče asi 7 až 10 polí nn rozváděčů. Jedna výše uvedené linka, která je přivedena do průmyslového objektu, může napájet asi 10 až 15 transformátorů vn/nn, může mít asi 25 vn rozváděčových polí a asi 200 polí nn rozváděčů.

Veškerá vyrobená elektrická energie končí ve spotřebičích:

- z 85 % na úrovni napětí 400/230 V;
- z 15 % na úrovni 6 kV, 10 kV, 25 kV (velké motory >500 kW, železniční doprava, elektrické pece pro metalurgii).

Obecně platí, že poměr počtu rozváděčových polí v soustavách 100 : 22 : 0,4 kV je asi 1 : 7 : 7. Jedno pole R 110 kV generuje v projektech sedm polí vn rozváděčů a jedno pole vn rozváděče generuje v projektech potřebu instalovat sedm polí rozváděčů nn.

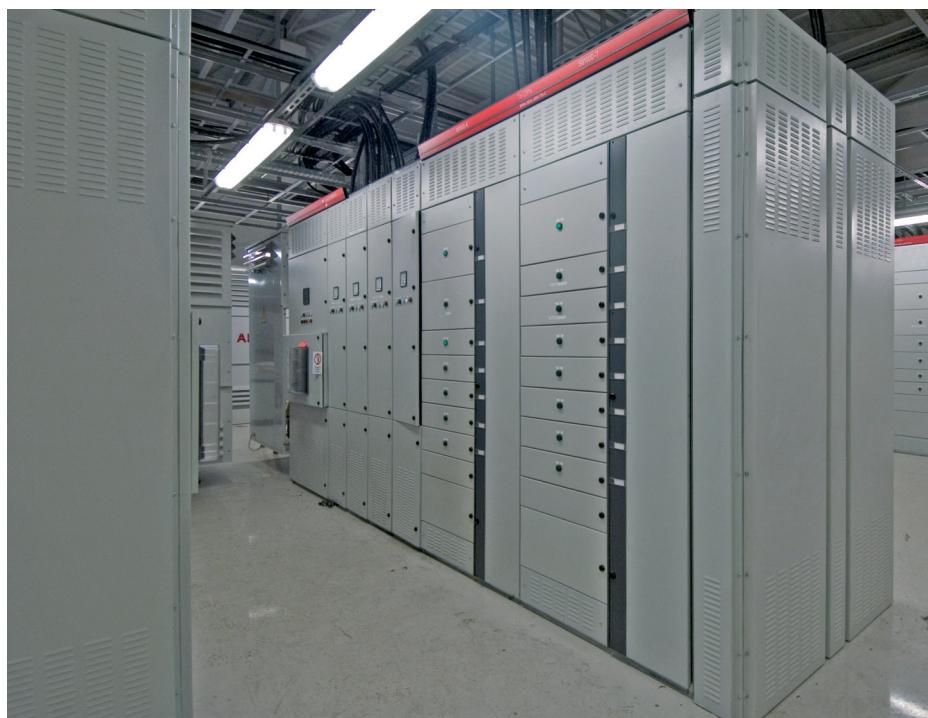
Rozváděče 0,4 kV je důležité dobře technicky vyřešit, protože stojí z pohledu toku energie ve stejně linii jako ostatní prvky distribučního systému elektrické energie. V Česku instalovaná báze rozváděčových polí představuje více než 50 000–90 000 ekvivalentních polí 0,4 kV, proto tento segment trhu je technicky i komerčně zajímavý.

### **Filozofie rozvodných zařízení**

Z pohledu principu spolehlivého rozvodu energie ke spotřebičům je zadání pro rozváděče nn již 100 let prakticky stejné:

- Rozváděč musí být vybaven spolehlivým vypínačem, který umí odepnout celou spotřebu od zdroje energie, zpravidla transformátoru vn/nn, za všech situací.

- Vypínač je třeba vypnout ve správný okamžik při poruchových stavech nebo kdykoliv, když si to uživatel přeje. Pro vypínání poruchových stavů, při zkratech, zvláště blízkých (zkrat je blízko zdroje energie), musí mít vypínač garantovanou vypínací schopnost. Moderní vypínače umějí vypnout i zkratový proud 100 kA na úrovni 0,4 kV.



**Rozváděč nn na projektu KIA Motors v Žilině, Slovensko**

- Vývoj v oboru vypínačů v posledních 100 letech byl orientován k dosažení potřebné vypínací schopnosti vypínačů.
- Geniální princip vypínání zkratových proudů je realizován v pojistkách. Překročí-li proud tekoucí pojistikou jistou hodnotu, dojde k roztavení vodiče v pojistce a ke vzniku elektrického oblouku. Pojistky jsou naplněny křemičitým pískem. Elektrický oblouk písek roztaží a energie, kterou oblouk nese v sobě, je pískem pohlcena. Oblouk je ochlazován, velmi rychle zhasná a obvod se rozpojuje. K zhasnutí oblouku dojde zpravidla v první půlvlně zkratového proudu. Pojistka tedy omezuje zkratový proud.
- Současná technika výkonových vypínačů již zvládne vypínat tak rychle jako pojistky (omezujecí/limitující jističe). Jistič může opakovaně vypínat zkraty. V tom je jeho přednost před pojistikami. Je to ale na úkor jeho výrobních nákladů a ceny.
- U 0,4 kV historicky šel vývoj integrací výkonového vypínače a ochrany, která vyhodnocuje stavy v síti a dává povely k vypnutí do jednoho prvku – výkonového jističe.

#### **Poznámka:**

V oboru vn vypínačů šel vývoj jinak – samostatně rozvojem spínačního prvku a samostatně vývojem ochrany, která dává popud k vypnutí (viz nyní běžně aplikovaný vakuový vypínač 22 kV typu VD 4 ve spolupráci s ochranou REF 542+).

### **Vývoj konstrukcí rozváděčů nn**

- Zpočátku elektrifikace měly rozváděče podobu mramorových desek (protože mramor vykazuje dobrou mechanickou odolnost, malou navlhavost a vynikající izolační schopnosti) pověšených na zeď v rozvodných skříních. Na těchto deskách byly montovány – šroubovány – pákové vypínače, přípojnicové pásy, svorky, pojistky atd. Rozvodná soustava se tvořila v místě instalace, hledisko bezpečnosti obsluhy nebylo v té době relevantní.
- Vývoj spínačů šel způsobem zapouzdřování do izolačních krytů. Jako izolační hmota se hojně používal bakelit, který znamenal velký pokrok v konstrukci spínačů přístrojů. Bylo jej možno tvarovat lisováním. Na pozici nosníků přípojnic, kde byla vyžadována značná mechanická pevnost, byl využíván glazovaný technický porcelán. Ke zhášení oblouku se začalo využívat jeho elektrodynamických vlastností. Oblouk byl elektrodynamicky prodlužován, ochlazován a zhášen. Tento princip se využívá dodnes.
- Další vývoj v rozváděčích šel již systémem tovární výroby. Rozváděč se nápadně podobal „plechové skříni“ a pojmenování **rozváděčová skříň** od té doby přežilo až do dneška. Skříň byly zprvu svařované konstrukce z profilového železa kryté listovým plechem. Pouze dveře byly odnímatelné. Veškerá montáž spínačůvých prvků a přípojnic se do skříní dělala klasickou technikou – vrtáním a šroubováním.

ním. Již v té době se s rozváděči prováděly základní elektrické zkoušky a byla na zkratovnách ověřována jejich mechanická pevnost. Zkratové proudy totiž vyvolávají značné mechanické impulzy. V místě, kde je souběh přípojnic, namáhají mechanické síly přípojnice na ohyb a izolátory na ohyb a rázy.

- Přibližně v druhé polovině šedesátých let minulého století došlo k významné inovaci rozváděčů přechodem ke šroubované konstrukci. Z omezeného počtu dílů – tvaru rámů – bylo možno poskládat všechny potřebné rozměry rozváděčů. Již tehdy se staly standardem šířky a hloubky polí 400, 600, 800, 1000 a 1200 mm.
- Vrcholem technologie povrchových úprav byly stříkané a v peci vypalované syntetické nátěry. Zpravidla to byly nátěry s tzv. tepanou strukturou v odstínech modrých či šedých.
- V dnešní době je standardem rozváděč, který odolává (samozřejmě v omezeném rozsahu) obloukovému zkratu. Tato myšlenka není nová. Již v 80. letech byly u důležitých projektů, jako je například vlastní spotřeba jaderných elektráren nebo v rafinériích či petrochemii, aplikovány modulové rozváděče se separací jednotlivých vývodů. Náš typ rozváděče, který se vyráběl v EJF Brno se jmenoval NS 81 a dodnes je ho možno v některých továrnách vidět. V té době ale modulární rozváděče nebyly normotvorně zpracovány.

## Současné konstrukce rozváděčů a její atributy

- Použití ocelových profilů s povrchovou úpravou Al-Zn k sestavování kostér rozváděčů. Takto upravené dílce vykazují dlouhodobou stabilitu ve všech pracovních prostředích.
- Konstrukce musí umožnit nejvyšší možný stupeň separace funkčních prvků (přípojnic, spínacích prvků, kabelových koncovek). Separace zajistuje bezpečnost obsluhy a odolnost proti zkratům v rozváděči.
- Konstrukce musí umožnit variabilitu připojování – od fixních montáží po plně výsuvné provedení.
- Konstrukce vede k možnosti bezpečné práce na rozváděči i pod napětím (při opravách a modifikacích).
- Použité izolační materiály nesmějí obsahovat halogenové prvky, musejí být recyklovatelné a samozhášivé.
- Od aplikace standardních prvků – spínacích přístrojů, se jde k aplikaci celých vývodů. Stavebním prvkem není jednotlivý přístroj, nýbrž celý vývod. To umožňuje sériovou výrobu vývodů, úspory nákladů na detailní projektování, vysoký stupeň typizace a továrního ověřování.
- Technické parametry všech prvků, tvořících rozvodný systém, již nebudou podléhat bouřlivému vývoji. Hlavní vývoj bude v sofistikaci rozváděčů – to je při-

dáním inteligence do rozváděčů – potřebných pro jisté aplikace, která v důsledku toho šetří náklady uživatelů.

- Příští období bude klást důraz na kvalitu dodávek energie. Kvalita dodávané energie je definována normou IEC. Přední firmy z oboru měřicí techniky (třeba GOSSEN) dodávají analyzátoru kvality, které budou instalovány na silových vstupech do nn rozváděčů.
- Rozšiřováním prvků silové elektroniky (regulátory, FC, SS) vzniká potřeba filtrace harmonických frekvencí. Tyto frekvence vznikají ve spotřebičích z principu nonlinearity zářeze a nesmí být umožněno, aby pronikaly zpět do veřejné sítě a znehodnocovaly dodávky energie jiným odběratelům. Montáž aktivních či pasivních filtrů do nn rozváděčů bude stále častějším požadavkem.

*Ing. František Bytešník  
obchodní ředitel  
Petr Hohl  
operační manažer*

  
*ABB s.r.o.  
divize Automation Products  
Herspická 13, 619 00 Brno*