



Rozvádzač pre ultravysoké napätie v Číne

Dopyt po elektrickej energii je v Číne obrovský. Všade sa stavajú kolosálne elektrárne a obrovské množstvo energie sa musí ku koncovým používateľom prenášať na veľké vzdialenosti. Pri prenosoch tejto dimenzie nastávajú značné straty vo vedení. Štátny prevádzkovateľ elektrizačnej sústavy v Číne State Grid Corporation of China (SGCC) sa rozhodol tieto straty zredukovať prenosom po vedení so striedavým napätím 1 100 kV. Začal tým novú éru prenosu elektrickej energie.

Pri vývoji jedného z ústredných prvkov takéhoto prenosového systému sa podieľala aj spoločnosť ABB. Reč je o plynom izolovanom rozvádzači, ktoré zvláda vysoké nároky tejto novej napäťovej úrovne.

Spôľahlivé dodávky elektrickej energie sú pilierom každého národného hospodárstva. Bezpečná a spoľahlivá prevádzka elektrickej siete závisí v prvom rade od vysokonapätových rozvádzačov, ktoré sú srdcom siete. Vysokonapätové výkonové spínače v týchto rozvádzačoch sú často poslednou možnosťou ochrany veľkých systémov pred skratmi.

Elektrické siete a k nim prislúchajúce podstanice sú známe ako systémy izolované vzduchom, v ktorých sa udržiava vysoké napätie vo vzdušných dráhach vzdialených od zeme a ľudí niekoľko desiatok metrov. Ďalšou podstatne kompaktnejšou alternatívou pri konštrukcii vysokonapätových rozvádzačov je použitie plynu ako izolačného média, a to v tzv. plynom izolovaných rozvádzačoch (GIS).

GIS technológia je na trhu od roku 1966, keď sa v centre Zürichu inštalovala prvá podzemná GIS stanica pre 170 kV. V roku 1976 dodalo ABB prvé GIS pre 500 kV do kanadského Claireville. Inštaláciou prvého 800-kilovoltového GIS v Južnej Afrike podčiarkla firma ABB svoju poprednú úlohu v oblasti ultravysokého napätia (UHV). Táto stanica s označením Alpha je medzičasom v prevádzke vyše 20 rokov bez výpadkov a neplánovaných prerušení. GIS pre 500 kV v brazílskom Itaipu je v súčasnosti ešte najväčším zariadením svojho druhu na svete. Čoskoro ho však nahradí GIS od ABB na obrovskej priehrade v Číne.

GIS

Tieto zariadenia sú pomerne hojne rozšírené vo vysokonapätových prenosových a distribučných sieťach. Spoločnosť ABB patrí k popredným dodávateľom GIS zariadení a v ponuke má produkty s menovitým napätím od 72 do 800 kV pri menovitých prúdoch do 4 000 A a do skratového prúdu až 63 000 A. Zariadenia GIS sa nasadzujú v interiéri, ako aj v exteriéri na volnom priestranstve. K hlavným funkciám GIS-u patria spínanie, oddeľovanie, uzemňovanie a meranie. Ako systém s mnohými komponentmi je každý GIS optimalizovaný pre konkrétnu aplikáciu. GIS komponenty majú koaxiálny dizajn s vnútorným a vonkajším vodičom. Naplnené sú plynom SF₆ pod tlakom niekoľkých stoviek kPa. Spojenie sa uskutočňuje pomocou naskrutkovaných prírub, čo dáva GIS-u zvonka vzhľad potrubia. Podstanice sa označujú ako hybridné, pretože niektoré časti (napr. prípojnice alebo spojenia k vonkajšiemu vedeniu) sú izolované vzduchom.

Ultravysoké napätie (UHV)

Elektrické siete sa prevádzkujú na rôznych napäťových úrovniach. Docieli sa tým efektívnejší prenos, minimalizujú sa elektrické straty a spotreba materiálu a maximalizuje sa prevádzková bezpečnosť. V normách IEC sú štandardizované napäťové úrovne do 800 kV. Systémy s menovitým napätím nad 550 kV sa označujú ako systémy s ultravysokým napätím. Využívajú sa v prípade, keď treba prepraviť elektrickú energiu niekoľkých tisícok megawattov na stovky kilometrov. Pri vyšších napätiach sú prenosové straty porovnateľne nižšie, pričom pri zvýšení napätia z 550 na 1 100 kV sa redukovujú straty o faktor štyri. Z tohto dôvodu sú UHV systémy špeciálne vhodné na prenos veľkých výkonov na dlhé vzdialenosti.

Inovatívna GIS technológia pre Čínu

V Číne sa prevažný podiel elektrickej energie vyrába v západnej časti krajiny, zatiaľ čo hlavné ťažiská spotreby ležia niekoľko tisíc kilometrov v pobrežných regiónoch. Vzhľadom na stúpajúce nároky na energiu sú na podporu súčasných prenosových sietí potrebné aj UHV systémy pre striedavý aj jednosmerný prúd. Čínsky SGCC naštartoval pred niekoľkými rokmi koncepciu striedavej elektrickej siete s menovitým napätím 1 100 kV a inicioval tým rozsiahly vývoj a výskum v rôznych inštitútoch a u výrobcov systémov. Na preukázanie technickej realizovateľnosti požiadal SGCC troch čínskych a dvoch japonských výrobcov GIS, ako aj ABB, aby sa podieľali na vývoji UHV GIS pre čínsky demonstračný projekt UHV striedavého napätia. Projekt sa odštartoval v roku 2008 v centrálnej Číne a zahŕňa vysokonapätové vedenia s dĺžkou 600 km a tri podstanice v Jingmene, Nanjangu a Jing Don Nane.

Projekt ELK-5

Na návrh a inštaláciu tohto 1 100 kV GIS-u spojilo ABB sily s Xian Shiky, najväčším čínskym výrobcom GIS technológií (ELK je označenie pre GIS technológiu spoločnosti ABB, číslo 5 označuje novú výkonovú úroveň). Hlavné úlohy ABB v tomto projekte spočívali v celkovej koncepcii hybridného GIS, vo výrobe a dodávke ústredných komponentov, zatiaľ čo Shiky sa zaoberal výrobou ostatných komponentov, typovými skúškami (pod dohľadom SGCC a KEMA odborníkov), montážou a inštaláciou rozvádzača v Jingmene. Časový harmonogram stanovený SGCC bol šibeničný. Prvé zariadenie sa malo totiž sprevádzkovať do konca roka 2008 – iba dva roky od začatia projektu v novembri 2006 vrátane vývoja, skúšok, typových skúšok, výroby a inštalácie. V oblasti GIS to znamenalo termínový svetový rekord, a to navyše pre novú napäťovú úroveň. Na zvládnutie tejto náročnej úlohy bol v ABB zostavený projektový tím zložený z 20 špecialistov, ktorý mal privilegovaný prístup k iným expertom a skúšobnému vybaveniu.

Zdvojnásobenie napäťovej úrovne

Izolačné schopnosti GIS-u závisia od početných parametrov, ako sú tlak plynu, geometria elektród, forma zavedeného napätia, polarita a čistota plynu SF₆. Hoci sa množstvo týchto parametrov skúmalo v závislosti od sily elektrického poľa, pri rôznych konfiguráciách poľa môžu vzniknúť rozličné fenomény. Rozhodujúci význam pre vývoj GIS-u novej napäťovej úrovne má pochopenie fyzikálnych fenoménov pri rôznych napätiach vzhľadom na elektrickú izoláciu. Pritom sa pre každý stavebný prvok a napokon pre celý systém musia uplatniť určité pravidlá. Mimoriadna pozornosť sa venuje efektom, ktorých význam narastá pri vysokom napätí, napr. veľmi strmé napäťové špičky (Very Fast Transients – VFT), ktoré vznikajú pri činnosti odpojovača.

Obzvlášť veľká výzva spočíva v nájdení optimálneho tlaku plynu pre extrémne vysoké úrovne napätia. Tu platí, že treba hľadať strednú cestu medzi parametrami s pozitívnym a negatívnym vplyvom na schopnosť izolácie. Výskumy ABB ukázali, že pre UHV GIS komponenty je najvhovujúcejší nízky tlak plynu SF₆.

Dôležitú úlohu hrá aj odolný dizajn a vysoká disponibilnosť. Preto sa pri koncepcii UHV-GIS zariadenia aplikovali tieto pravidlá:

- jednofázové zapuzdrenie zhášacích komôr,
- samostatný oddiel pre spínacie odpory,
- dostatočná bezpečná rezerva pre všetky elektrické parametre.

Obrovské dimenzie 1 100 kV rozvádzača vyžadujú rozsiahle mechanické výpočty. Okrem toho je škálovanie mechanických parametrov, ako je energia pohonu, rýchlosť kontaktov a pretlak, všetko možné, len nie lineárne. V skutočnosti je pri takomto vývojom projekte potrebných veľa strojníkov inžinierov a elektrotechnikov.



Celý mechanický a elektrický dizajn sa tvoril pomocou 3D výpočtového nástroja, zatiaľ čo pri samotnej výrobe sa siahlo po osvedčených výrobných postupoch.

Výkonový spínač – ústredný komponent

Výkonový spínač je spínací prístroj, ktorý je schopný bezpečne zopnúť alebo odopnúť elektrický obvod za všetkých podmienok – v bežnej prevádzke aj pri poruche. Samotné spínanie prebehne do 50 milisekúnd od iniciovania. Výkonový spínač pre napätie 1 100 kV predstavuje rozšírenie doterajšieho portfólia výkonových spínačov ABB. Skladá sa z dvoch oddielov – jeden je pre zhasiacie komory a druhý pre spínací odpor. Zhasiacie komory a spínač pre odpor sa obsluhujú jedným pružinovo hydraulickým pohonom, ktorý bol vyvinutý v dielňach ABB pre túto aplikáciu. Stanovené hodnoty 1 100 kV a 4 000 A zodpovedajú menovitému výkonu 7 600 MW pre tri fázy. To je viac ako priemerná spotreba Švajčiarska. Inými slovami výkonový spínač by mohol zapínať a vypínať elektrickú sieť celého Švajčiarska. Vďaka optimálnemu počtu zhasiacich komôr v hliníkovom puzdre tak celá konštrukcia UHV výkonového spínača váži iba 7,5 tony.

Keďže ide o prvé zariadenie svojho druhu pre 1 100 kV, muselo sa v súlade s medzinárodnými a čínskymi normami adekvátne preskúšať, čo postavilo výrobcov a predovšetkým skúšobné laboratóriá pred veľkú výzvu. Typové skúšky výkonového spínača sa vykonávali v laboratóriách Xihari v čínskom Xiane a v priestoroch spoločnosti ABB vo Švajčiarsku. Testy v Xihari boli spojené s veľkým úsilím z niekoľkých dôvodov:

- Na finalizáciu a skúšky sa UHV zariadenia museli transportovať z jedného kontinentu na druhý. Aby sa dodržal náročný časový plán, museli sa kompletne výkonové spínače a iné prevádzkové prostriedky transportovať leteckou formou.
- Kládli sa značné nároky na priestor v laboratóriách. Na kombinované napäťové skúšky boli potrebné dve priestory s odstupom 13 m, ktoré museli byť vzdialené od stien laboratória viac ako 10 m.
- Skúšky spínacích vlastností pod záťažou sa vykonávali iba na jednej polovici výkonového spínača, keďže k dispozícii nebolo dostatočne vysoké napätie, aby dokázalo zaťažiť celý spínač. K tejto tzv. polovičnej pólovej skúške sú potrebné špeciálne puzdro a výpočty napäťového gradientu.

Vďaka starostlivej koncepcii a výrobe sa mohol výkonový spínač úspešne otestovať už v prvej várke skúšok.

Odpojovač

Základnou úlohou odpojovača je izolovať časti GIS zariadenia, aby bolo možné vykonať údržbu na oddelených a uzemnených častiach. V porovnaní s výkonovými spínačmi prebieha tento proces pomalšie v rozmedzí niekoľkých sekúnd. Odpojovač ABB pre 1 100 kV má pravouhlé usporiadanie a viditeľná štrbina vnútorného vodiča je menšia ako 300 mm. Táto štrbina dokáže pri vysokonapäťovej skúške odolať napätiu viac ako 3 400 kV. V tom sa odzrkadľuje jedna z najvýraznejších výhod GIS zariadenia s plynom SF₆ – izolácia veľmi vysokých napätí na krátke vzdialenosti. Vo vzduchu by musela byť medzi vodičmi vzdialenosť minimálne 13 m, aby sa predišlo napäťovým prierazom.

Typové skúšky odpojovača sa vykonávali v Swedish Transmission Research Institute (STRI) vo švédskom Ludviku, pretože to je jediné laboratórium disponujúce potrebným vybavením. Očividne pomalšia činnosť odpojovača vedie pri zatváraní a otvárať k tvorbe iskier v kontaktnej štrbine. Tým vznikajú rýchle napäťové špičky (VFT), ktoré sa šíria celým GIS. Tento fenomén kladie najvyššie nároky na elektromagnetickú kompatibilitu testovaných komponentov.

Prvá UHV GIS podstanica v Jingmene

Po fázach vývoja a úspešného testovania v rokoch 2007 a 2008 začali ABB a Shiky spoločne s montážou a dodávkou prvých zariadení pre podstanicu v Jingmene, ktorá je vybavená takmer všetkými GIS komponentmi, ako sú výkonové spínače so spínacími odpormi, odpojovače, uzemňovacie prvky, prúdové transformátory, prípojnice, prechodky a izolátory.



Odpojovač počas typových skúšok v laboratóriu STRI

Rozsiahle štúdie vytvorené na určenie optimálneho usporiadania GIS komponentov ukázali, že pre hybridnú GIS podstanicu v Jingmene je najvhodnejší „plochý“ návrh s dobrým prístupom. K charakteristickým znakom tejto schémy patria:

- Všetky prevádzkové prostriedky GIS sa nachádzajú v blízkosti zeme (podlahy).
- Ploché usporiadanie poskytuje vyššiu odolnosť proti zemetraseniu.
- Všetky pohony sa nachádzajú vo výške 1,5 m nad zemou, čo umožňuje bezpečný a pohodlný prístup počas inštalácie a údržby.
- Nie sú nutné žiadne plošiny ani brabky.
- Návrh sa môže bez problémov rozšíriť v smere prípojnic.
- Štruktúra spínacieho poľa vyžaduje minimálne nároky na ocelovú konštrukciu.
- Nízke pracovné zaťaženie umožňuje rýchlu inštaláciu.

Podstanica sa inštalovala v roku 2008 v blízkosti mesta Jingmen v centrálnej Číne a má sa podieľať na prenose časti energie vyrobenej na obrovskej priehrade do severných provincií krajiny.

Úspešne zvládnutá výzva

Vývojový projekt ELK-5 predstavoval v mnohých smeroch veľkú výzvu. Bolo potrebné zrealizovať a zvládnuť nový dizajn v rekordne krátkom čase v spojení s kooperáciou presahujúcou jeden kontinent medzi výrobcami a partnermi v Európe a Číne, ktorí napriek kultúrnym rozdielom spolu znamenite spolupracovali.

Typové skúšky komponentov ELK-5 sa vykonávali súbežne v čínskych, vo švédskych a švajčiarskych laboratóriách. Tento projekt nie je len začiatkom novej éry v prenose ultravysokého napätia, ale je aj pôsobivou demonštráciou svetového spoločného technického potenciálu.

Prevzaté z ABB Review, č. 4/2008.

Walter Holaus

ABB Švajčiarsko
Zürich, Švajčiarsko
e-mail: walter.holaus@ch.abb.com

Fredi Stucki

ABB Švajčiarsko
Zürich, Švajčiarsko
e-mail: fred.stucki@ch.abb.com