

„Při některých těžkých poruchách v síti se budou bloky elektrárny Temelín více spoléhat na rozvodnu 400kV Kočín, než na vlastní turbogenerátory,“

uvedl v rámci své přednášky na konferenci Elektrizační soustava 2014 Ing. Jan Anděl, projektový manažer ÚJV Řež, a. s. (divize ENERGOPROJEKT PRAHA).

V rámci své přednášky jste hovořil o ochraně bloku Elektrárny Temelín (ETE) proti těžkým poruchám v síti. Jde o novou věc nebo se problematika ochrany řeší prakticky od začátku provozu jaderné elektrárny?

Elektrárny stavíme proto, aby vyráběly elektřinu. Vyrobená elektřina je ke spotřebitelům přenášena elektrickou sítí. Vazba elektrárny se sítí je tedy základním rozhraním, které existovalo vždy. To platí pro elektrárny všech druhů, tedy elektrárny vodní, uhelné, plynové, jaderné a poslední době i větrné a fotovoltaické parky. U většiny typů zmíněných elektráren může závažná porucha v síti znamenat odpojení elektrárny od sítě a tím ohrožení systémů a zařízení elektrárny vzniklými přechodovými procesy. U jaderných elektráren by navíc v některých případech tyto procesy mohly aktivovat systémy, které garantují jadernou bezpečnost. Takovéto případy se snažíme minimalizovat. Pečlivě a systematicky řešena ochrana elektrárny proti poruchám v síti je tedy součástí projektů všech velkých elektráren a u jaderných bloků je na ni kladen obzvláštní důraz již od prvních projektových studií.

Jde, předpokládám, o technicky velice složité téma...

Téma se zdá být složité, ale právě proto musí být v projektech jaderných elektráren řešeno systematicky. Pokusím se vysvětlit základní principy. Systém zajištění jaderné bezpečnosti se opírá o dva základní principy.

Prvním je princip hloubkové ochrany (DID = defence in depth) proti vzniku havárií, které by mohly způsobit šíření radioaktivních látek do životního prostředí. Šíření radioaktivity brání několik fyzických bariér, například pokrytí palivových článků, tlaková hranice primárního okruhu a kontejnment tvořící ochrannou obálku okolo reaktoru. Každá z bariér je chráněna soustavou technických a organizačních opatření, uspořádaných do několika vzájemně nezávislých úrovní. Systémy v jednotlivých úrovních jsou obvykle redundantní.

Nižší úrovně opatření jsou tvořeny zařízeními normálního provozu jaderné elektrárny a patří sem například funkce a systémy, které mají zvládnout většinu poruch v elektrické síti. Pokud se těmito opatřeními zvládnout poruchu nepovede, nastupuje druhý princip zajištění bezpečnosti, to znamená, že nabíhají speciální systémy, které plní bezpečnostní funkce (bezpečnostní systémy). V případě závažných poruch, způsobujících odpojení elektrárny od sítě, je to především rychlý start nouzových dieselgenerátorů, které jsou na vnější síti zcela nezávislé.



Jan Anděl

Hladiny (úrovně) hloubkové ochrany (DID) se s časem mění, jak? V čem jsou největší změny a co by měly přinést?

Troufám si říci, že princip hloubkové ochrany, či obrany, je starý jako lidstvo samo. Nejzřetelněji je zřejmě patrný ve vojenství, v taktice a organizaci obrany proti vnějšímu nepříteli i proti nepříteli, který například formou diverzního výsadku pronikne za některé linie obrany. V obou těchto případech je nutná koordinace obranných opatření, izolace napadených oblastí a případně i organizovaný ústup na další připravenou linii obrany.

Principy tohoto systému byly přeneseny i do oblasti techniky, spolehlivosti zařízení a odolnosti systémů proti poruchám. V oblastech s vysokými požadavky na zajištění bezpečnosti byly tyto principy používány i v dřívějších dobách, ale spíše intuitivně. V dnešní době jsou principy DID lépe kodifikovány, jsou definovány jejich hlavní zásady a staly součástí bezpečnostních a projektových předpisů a standardů. Hlavní současný vývoj vidím v přesnější definici bezpečnostních cílů a v podrobnějším stanovení požadavků na robustnost a výkonnost jednotlivých úrovní DID.

Jaké poruchy ze strany elektrické sítě vlastně ETE hrozí?

Poruchy na rozhraní elektrárna/síť jsou dávno známým fenoménem a projekty elektráren s těmito poruchami počítají. Ztráta elektrického napájení z vnější sítě je jednou ze základních podmínek, na které se jaderné elektrárny projektují a je součástí povinných bezpečnostních analýz. Tyto poruchy tedy nejsou primárně nebezpečné ve smyslu zajištění jaderné bezpečnosti. Jinou otázkou je, že pokud porucha v síti způsobí odpojení jaderné elektrárny od sítě, dojde ke ztrátě její výroby

a elektrárna se na místo zdroje stane spotřebičem, který síť v takovémto oslabeném stavu ještě více zatíží. Proto je cílem řešit systém výroby energie a schéma vyvedení výkonu bloku s takovou soustavou regulací, automatik a ochran, který v součinnosti s regulacemi, ochranami a automatikami v síti zabezpečí co nejlepší stabilitu zapojení elektrárny do sítě, a tím současně přispěje k odolnosti sítě proti poruchám. Důležitá je i vzájemná koordinace provozu a údržby sítě a elektrárny.

Po zvýšení výkonu bloků elektrárny Temelín jste v rámci své přednášky popsal neselektivitu ochrany turbogenerátorů. Vysvětlíte, prosím, blíže...

Selektivní působení ochrany je vlastně způsob koordinace jejich nastavení a funkce, který zajistí, že porucha je vypnuta tou správnou ochranou a přitom je rozsah odepnutých zařízení co nejmenší. Obdobně musí být ochrany zkoordinovány s regulacemi bloku a režimovými automatikami. Obvykle by měly na odchylky sledovaných parametrů, například napětí, frekvenci a výkon, nejdříve reagovat regulace, pak automatiky a nakonec ochrany. Zároveň ovšem na druhu poruchy a rychlosti změn těchto parametrů. Například při zkratech způsobí nejdříve ochrany a následně se snaží regulace udržet stabilitu TG. Takováto vzájemná koordinace funkcí vlastně zajišťuje princip hloubkové ochrany (DID).

V rámci projektu zvyšování výkonu ETE byla provedena celková prověrka schopnosti systémů a zařízení ETE pracovat se zvýšeným výkonem. Její součástí byla i analýza funkce a působnosti elektrických ochrany. Jedním z jejích závěrů bylo zjištění, že se částí vypínacích charakteristik ochrany hlavního generátoru 1 000 MW proti ztrátě buzení a proti prokluzům po zkratech v síti 400kV částečně překrývají. Toto překrytí znamená riziko neselektivního působení, tj. současné zapůsobení obou ochrany. Blok by tak při zkratu v síti mohl přijít jak o napájení ze sítě 400kV, tak o napájení z vlastního generátoru. Následoval by automatický záskok vlastní spotřeby bloku na rezervní napájení ze sítě 110kV. Protože by na zkrat v síti 400kV tímto způsobem zareagovaly pravděpodobně oba bloky ETE, mohl by být systém rezervního napájení přetížen, následně vypnut a oba bloky ETE by mohly skončit na nouzových dieselgenerátorech, tedy aktivací bezpečnostních systémů (3. úroveň DID). Takovýto průběh je zjevným narušením požadavků hloubkové ochrany, protože porucha má být zvládnuta v 1., maximálně v 2. úrovni DID.

Jak to bylo tedy vyřešeno?

Při řešení neselektivity ochrany existují dva postupy. Buďto se provedou podrobné výpočtové



GA Energo technik

DODAVATEL KOMPLEXNÍCH SLUŽEB PRO ENERGETIKU

- elektromontáže na všech napěťových úrovních (NN, VN, VVN)
- pohotovostní havarijní služba NN, VN, VVN
- komplexní dodávky rozvoden a transformoven
- opravy, revize, montáž distribučních transformátorů
- výměna elektroměrů
- montáž veřejného osvětlení a městského rozhlasu
- dodávky a pohotovostní havarijní služba pro transformaci a vyvedení výkonu z OZ
- výroba dokumentace, statické výpočty
- počítačové zpracování dokumentace, zpracování koncepcí
- trasování nadzemních vedení



☎ 373 303 111
✉ obchod@gaenergo.cz
www.gaenergo.cz

mezinárodní odborná konference

all·for **power**2014 conference

Energetické investiční celky: jaderné elektrárny, klasické elektrárny, teplárny, průmyslová energetika
vývoj česko-slovenské energetiky v celosvětovém kontextu

27. - 28. 11. 2014

Clarion Congress Hotel Prague, Freyova 33, Praha 9



www.afpc2014.com

Organizátor:

AFPoweragency

analýzy, které oblast neselektivity vyloučí. Nebo se upraví působnost obou ochran, takže v neselektivní oblasti obě provedou stejný zásah a tak je zkoordinujeme.

V uvedeném případě neselektivity ochrany ETE bylo řešení cestou podrobných analýz pečlivě zvažováno širokým týmem odborníků, včetně výrobců předmětných ochran. Závěr byl, že tato cesta je velmi pracná a výsledek je nejistý. Proto byla zvolena cesta změnou působnosti ochrany proti prokluzu generátoru, které nově působí na generátorový vypínač stejně jako ochrana proti ztrátě buzení. Toto řešení je založeno na prosté logice. Pokud má totiž ochrana vyhodnotit prokluz generátoru proti síti, musí být síť po odepnutí zkratu přítomná. A pokud je síť 400kV přítomná, je výkonově zajiště schopná napájet vlastní spotřebu obou bloků ETE. Uvedená logika funkce a stručné konstatování výkonové dostatečnosti sítě 400kV bylo ovšem důkladně analyticky i výpočtově prověřováno ve spolupráci odborníků ÚJV, divize Energo-projekt Praha, ČEZ a ČEPS.

Výsledky prací lze shrnout následujícím způsobem. V původním projektovém řešení se v případě těžkých blízkých zkratů v síti 400kV, které způsobí ztrátu stability (prokluz) turbogenerátorů, dávala větší důvěra schopnostem turbogenerátorů. Blok se proto odepnul od sítě s cílem zregulovat na vlastní spotřebu. V novém řešení se po 2. prokluzu, podle požadavku výrobce TG, vypíná generátorový vypínač a blok zůstává připojen k síti 400kV, která napájí jeho vlastní spotřebu. Je tedy

dána větší důvěra síti 400kV a schématu zapojení bloků ETE do sítě 400kV prostřednictvím rozvodny Kočín.

Přenosová soustava 400kV byla tedy zvolena jako spolehlivější zdroj pro pracovní napájení vlastní spotřeby. Co by se ale stalo, kdyby současně došlo k poruše i této rozvodny?

Schéma zapojení bloků ETE do přenosové soustavy 400kV je řešeno podle přísných požadavků kladených na systém vyvedení výkonu jaderných elektráren. Základním požadavkem je omezení možnosti šíření a důsledků poruch jak mezi bloky JE a přenosovou soustavou, tak mezi bloky JE navzájem.

Rozvodna 400kV Kočín má v části, kam jsou zapojeny bloky ETE, velmi robustní a spolehlivé schéma 4/3 vypínače na odbočku. Rozvodna je spojena s přenosovou soustavou 5 vedeními, přičemž každý blok má 2 z těchto pěti vedení přiřazena jako „vlastní“, ale navíc používá i další vedení přes systém přípojnic. Rozvodna je vybavena rychlými základními a rychlými záložními ochranami, které ovládají vypínače podle principu selektivity. Vypínače odepnou část schématu s poruchou (na lince, nebo na samotné rozvodně) v minimálním nezbytném rozsahu. Provoz a údržba rozvodny Kočín se koordinuje s provozem a odstávkami bloků ETE. V některých rozsáhlejších údržbových stavech rozvodny, které jsou ale časově velmi řídké, je např. omezován výkon bloků ETE, aby se posílila dynamická stabilita TG.

Schéma rozvodny Kočín je tedy velmi spolehlivé. Jako závěr lze uvést, že pokud by se po poruše v síti nebo na rozvodně zachovala vazba pouze jedinou z 5 linek 400kV, bude napájení vlastní spotřeby ETE zabezpečeno.

Jak jsou na tom z hlediska ochrany bloků třeba další bloky v Evropě, nebo ve světě? V čem je české řešení lepší, v čem zaostává oproti jiným lepším řešením ze zahraničí.

Schéma zapojení bloků ETE do přenosové soustavy 400kV (funkce vyvedení výkonu a pracovního napájení vlastní spotřeby) pokládám za velmi dobré, plnící všechny požadavky. Je to určitě dobrý standard. Na stabilitu zde pozitivně působí i velká hustota přenosové soustavy České republiky, včetně vyvedení výkonu linkami do více směrů. Důležité je, že každý z bloků má k dispozici dva blokové vypínače a „své“ dvě linky. Schéma vyvedení výkonu například výrazně překonává zapojení JE Fukušima do sítě, které je řešeno nadměrně ekonomickým způsobem.

Naopak, pokud porovnám schéma rezervního napájení ETE a EDU, vychází mi Dukovany lepší. Jejich rezervní napájení ze sítě 110kV je orientováno do dvou směrů (Slavětice, Sokolnice), kdežto Temelín má rezervní napájení pouze z Kočína. Napájení z více směrů může velmi významně přispět ke zvládnutí závažných poruch typu Station Blackout, vyvolanými například extrémními povětrnostními vlivy v daném regionu.

(čes)



ÚJV Řež, a. s.

JADERNÁ BEZPEČNOST A SPOLEHLIVOST V KOSTCE

bezpečnost a ekonomičnost provozu jaderných elektráren
podpora nových jaderných zdrojů v české republice
výzkum a vyvíjených jaderných procesů
podpora licenčních procesů a bezpečnostní analýzy
monitorovací systém scorio-vve
aktivní zóny jaderného reaktoru
diagnostika a radiální bezpečnost

www.ujv.cz

