

Jiří Štos<sup>1</sup>, Radovan Doleček<sup>2</sup>

## Smart Grids v ČR pro dopravu

**Klíčová slova:** *kabelová síť, distribuční transformační stanice, ochranná jednotka, ostrovní provoz, elektromobilita*

### Úvod

Chytré sítě (Smart Grids) mají představovat flexibilní, zákaznický orientované spolehlivé elektrické sítě zajišťující potřebné množství a požadovanou kvalitu dodávané energie s vyrovnanou výkonovou bilancí, a to díky efektivnímu začlenění všech připojených uživatelů, tj. velkých i malých lokálních výrobních zdrojů a spotřebitelů a rovněž tak nových funkčních prvků distribuční sítě (DS), kterými jsou např. dobíjecí stanice pro elektromobily nebo jednotky akumulace elektrické energie. Se současným masivním rozšířením a podporou obnovitelných zdrojů a zdrojů lokálního charakteru pro zásobování teplem s možností výroby elektrické energie, tzv. kogeneračních jednotek (KGJ), přichází myšlenka na využití těchto prostředků pro vytvoření autonomních oblastí s možností ostrovního provozu. Tedy oblastí energeticky soběstačných v případě poruchy v napájecí distribuční soustavě nebo v době plánovaných údržbových prací a výluk napájecích vedení bez možnosti jejich nahrazení.

V ČR byl pro realizaci a testování inteligentních sítí vybrán Skupinou ČEZ mikroregion Vrchlabí. Jedná se o dlouhodobý projekt zvaný Smart Region (SR), který má zavádět a testovat prvky Smart Grids (SG). Jednou z oblastí projektu SR je ověřit možnosti automatizace a monitoringu komponent na úrovni vysokého (VN) i nízkého napětí (NN), využití lokálního řídicího systému DS se schopnostmi rychlé manipulace v případě poruch a testování bezdrátových IT technologií dálkového přenosu dat.

Při snaze zajistit maximální spolehlivost dodávky energie je třeba zvážit možnosti využití stávajících DS a jejich přechodu na nový způsob provozu, zcela odlišný od dnes běžně užívaného režimu. Tento článek se zabývá právě touto problematikou, která představuje jen malou část projektu zvaného SG, ale patří mezi jeho klíčové prvky.

**Základní myšlenkou** pro zajištění vyšší spolehlivosti dodávky elektrické energie je omezení co nejmenšího počtu odběratelů na co nejkratší dobu v případě poruchy,

---

<sup>1</sup> Bc. Jiří Štos; nar. 1973; Univerzita Pardubice; DFJP; obor Dopravní infrastruktura, Elektrotechnická zařízení v dopravě, se sídlem v Pardubicích; pracoviště: ČEZ Distribuce, a.s., odbor Řízení sítí, oddělení Operativa Východ, Teplická 874/8, 405 02 Děčín, e-mail: jiri.stos@seznam.cz

<sup>2</sup> doc. Ing. Radovan Doleček, Ph.D.; nar. 1971; Univerzita Pardubice, DFJP, obor Dopravní prostředky a infrastruktura, specializace elektrotechnika, se sídlem v Pardubicích; současné zaměření: EMC, výkonová elektronika, trakční systémy, elektrické pohony; pracoviště: Univerzita Pardubice, Dopravní fakulta Jana Pernera, Katedra elektrotechniky, elektroniky a zabezpečovací techniky v dopravě, Studentská 95, 532 10 Pardubice, e-mail: radovan.dolecek@upce.cz

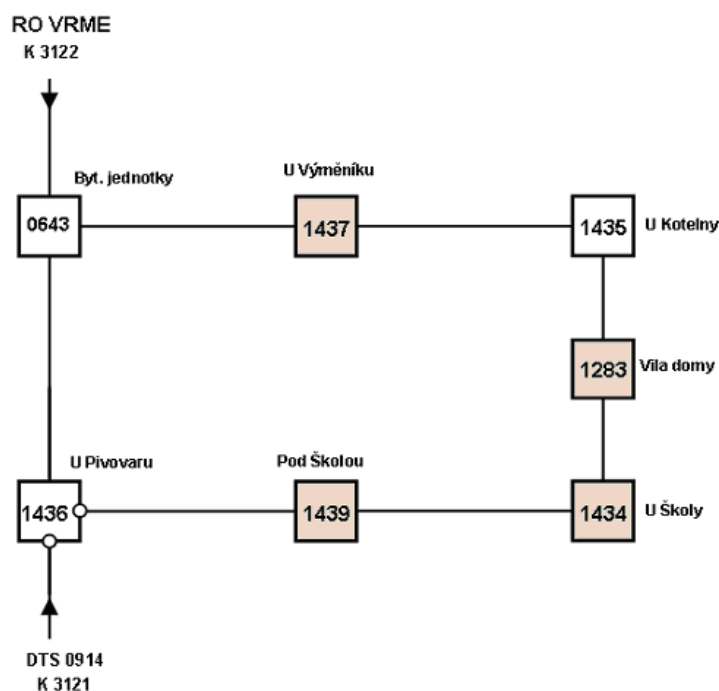
a to systematickým odpojením vadného úseku bez dopadu na okolní síť a zajištění dodávky energie z náhradního zdroje v případě poruchy v napájecí distribuční soustavě nebo nadřazené přenosové soustavě po dobu trvání poruchy. Předpokladem je možnost využití místní KGJ, jejíž regulace musí umožňovat ostrovní provoz v souladu s podmínkami pro kvalitu dodávané elektrické energie stanovené normou ČSN EN 50160. Zvolená oblast SR Vrchlabí takovýmto zdrojem disponuje v oblasti zvané Liščí Kopec (LK). To je také jeden z mnoha důvodů, proč byla tato oblast vybrána a zařazena do první etapy rozsáhlého projektu SG.

## 1 Analýza poruchových stavů v síti 10 kV SR Vrchlabí

### 1.1 Stávající stav

#### 1.2.1 Poruchy na kabelech a v DTS – zkraty a zemní spojení v síti SR

Vybraná oblast je v současné době napájena z DS ČEZ jedním kabelovým vývodem napěťové hladiny 10 kV z rozvodny 35/10 kV VRME (Vrchlabí Město). Uzel napájecího transformátoru je uzemněn přes odporník s nominální proudovou hodnotou 300 A [1]. V případě jednofázové poruchy v síti, ať už na kabelu nebo v kterékoli distribuční transformační stanici (DTS), dochází k rychlému vypnutí této poruchy ochranou příslušného kabelového vývodu jako celku na RO VRME a tato informace je dálkově přenesena na dispečerské řídicí pracoviště. O způsobu vyhledání konkrétního místa poruchy rozhoduje dispečer, který ve spolupráci s poruchovou četou zajistí vymezení a odepnutí vadného úseku. Poté je, dle aktuálního stavu a možností, zajištěno náhradní napájení ostatních, poruchou nedotčených částí sítě. Čas potřebný pro vyhledání a vymezení poruchy a na obnovení dodávky v poruchou nedotčených oblastech je závislý především na dosažitelnosti a rychlosti poruchové čety a na konkrétním místě poruchy.



Obr. 1 Kabelová síť – oblast LK, stávající stav

## 1.2 Nově navržený stav

### 1.2.1 Poruchy na kabelech – zkratky a zemní spojení v síti SR

Princip SG v oblasti zajištění spolehlivější a bezpečnější dodávky el. energie lze shrnout do dvou základních bodů:

- Možnost napájení z nezávislého náhradního zdroje v případě ztráty napětí v DS.
- Minimalizace počtu dotčených odběratelů v případě poruchy v dané oblasti a současně s tím zkrácení doby nedodávky těmto zákazníkům.

K naplnění těchto bodů vedou následující opatření:

- Využití místní KGJ jako alternativního zdroje při odpojení oblasti od distribuční napájecí sítě a přechod do ostrovního provozu.
- Změna provozu sítě z paprskové na kruhovou (uzavřenou smyčku) s rozpadovými místy (dálkově ovládanými DTS), vybavenými výkonovými vypínacími prvky a ochranami, čímž dojde k omezení počtu vypnutých částí, a tedy odběratelů již při samotném vzniku poruchy, a k možnosti zajištění rychlého náhradního napájení vyčleněné oblasti změnou konfigurace zapojení sítě prostřednictvím dálkově ovládaných prvků.

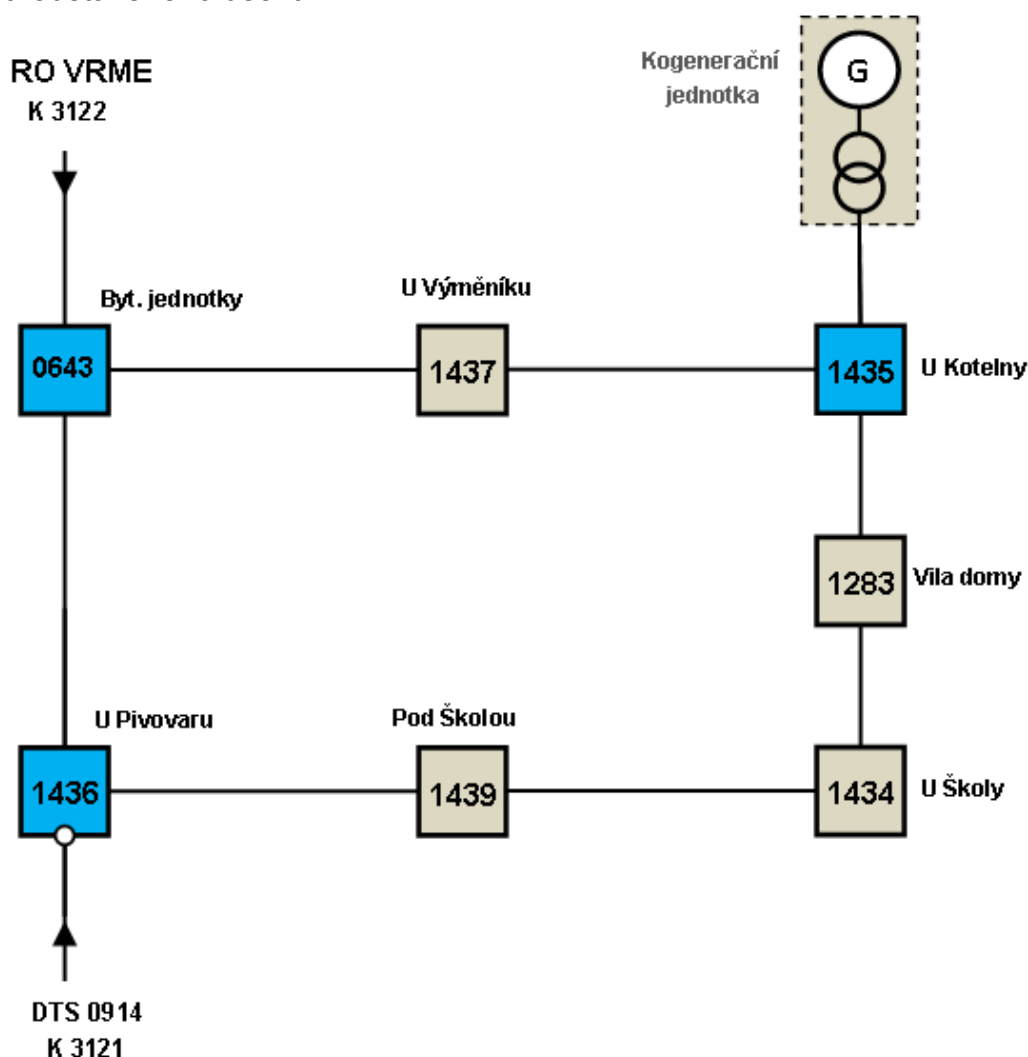
Při přechodu oblasti do ostrovního provozu je třeba věnovat pozornost změnám v provozních stavech sítě, v tomto případě přechodu ze systému uzlu sítě uzemněného přes odpor na soustavu s izolovaným uzlem při provozu s KGJ a změnám výkonových a zkratových poměrů v síti. Provoz sítě s izolovaným uzlem je dle [2] možný do hodnoty zemního kapacitního proudu 10 A. Celková délka kabelových vedení v oblasti LK činí cca 4 km. Zemní kapacitní proud byl vypočítán pro stávající kabely 3,74 A, což vyhovuje požadavkům ČSN pro tento způsob provozu.

Volba rozpadových míst (DTS) je pak dána rozsahem sítě a možnostmi změny zapojení (rekonfigurace) sítě, přičemž přednostně se volí stanice s větším počtem vývodů a s možností přivedení náhradního napájení s ohledem na místní požadavky na prioritu zajištění dodávky jednotlivým odběratelům (např. nemocnice apod.).

Problematiku vyhodnocení místa poruchy v dané oblasti v případě provozu kruhové sítě je třeba řešit pomocí směrových ochranných jednotek umožňujících vzájemnou rychlou komunikaci a blokádu jednotlivých ochranných spouští.

Nový provozní stav sítě SR je schematicky znázorněn na obr. 2. Síť SR oblast LK bude nově provozována jako uzavřená kabelová smyčka se sedmi DTS, z nichž byly tři zvoleny jako rozpadová místa (na obrázku barevně zvýrazněny). Jedná se o DTS 0643, 1436 a 1435. Tyto rozpadové stanice jsou na straně VN vybaveny modulárním kompaktním rozvaděčem se systémem jedné hlavní přípojnice. Rozvaděčové moduly jednotlivých kabelových vývodů obsahují dálkově ovladatelné

spínací prvky, měřicí transformátory proudu (MTP) pro měření proudu jednotlivých fází daného vývodu a průvlekové MTP pro měření zemního proudu  $I_0$ . Měřicí transformátory napětí (MTU) jsou umístěny v samostatném poli měření a měří napětí na přípojnici v DTS. Nadstavbová část rozvaděče tvořena nízkonapěťovými skříněmi je osazena inteligentními ochrannými jednotkami (IED) ve všech vývodech [3]. Tyto IED budou začleněny do systému logických ochran rozvodny (LOR) a kabelu (LOK), prostřednictvím vzájemné komunikace linkou GOOSE, umožňující blokování jednotlivých ochranných funkcí. V případě poruchy na kabelu nebo ve stanici v úseku mezi rozpadovými místy dojde k odpojení této části působením LOK na vypínače nejbližší místu poruchy a zároveň k odpojení transformátorů v DTS nacházejících se ve vypnutém úseku. Tím dojde k rozpojení kabelové smyčky a zbývající část sítě bude dále provozována jako paprsková, a to až do odstranění poruchy a opětovného zapnutí odstaveného úseku.



Obr. 2 Kabelová síť - oblast LK, nový stav

V případě poruchy v síti 10 kV v lokalitě SR mimo oblast LK dojde k působení ochrany na rozvodně VRME a k rychlému vypnutí vadného kabelového vývodu. Současně s tím dojde k vypnutí vypínače v rozpadové DTS na kabelové smyčce směrem k místu poruchy a k oddělení oblasti LK od okolní sítě. Při správném působení

ochran, vyrovnané výkonové bilanci a zajištění požadovaných regulačních vlastností KGJ dojde k přechodu této oblasti do ostrovního provozu. Nebudou-li splněny předchozí podmínky, bude vydělená oblast v návaznosti na dispečerský řídicí systém dle rozhodnutí dispečera připojena zpět na DS z druhého napájecího kabelu, nebo po vytvoření podmínek nutných pro ostrovní provoz bude zahájen provoz z místní KGJ. V případě ztráty napětí na obou napájecích kabelech, ať už vlivem vlastních poruch, plánovaných odstávek, výpadku transformátoru v rozvodně VRME, nebo poruch v sítích vyšších napěťových hladin, bude rovněž oblast odpojena od DS a přejde do ostrovního provozu. Přechod do ostrovního provozu je závislý na aktuálních poměrech v síti [4-5].

### **Z energetického hlediska mohou v podstatě nastat tři provozní stavy:**

a) *Vyrovnaná bilance, příp. přebytek výroby*

Je-li aktuální spotřeba pod limitem regulačního rozsahu výroby v lokálním zdroji, bilanční automatika sleduje tento stav a v případě přebytku výroby (spotřeba a výroba nejsou v rovnováze), zajistí snížení přebytku výroby na bezpečnou mez včasným regulačním zásahem na některé z úrovní řízení. K dispozici je řízení spotřeby prostřednictvím funkcí AMM (systém pro dálkové měření a řízení elektroměrů), řízení na úrovni NN vývodu DTS a řízení na úrovni VN DTS. Bilanční automatika bude sledovat rozdíl spotřeby a výroby a rozhodne o regulačním zásahu na straně zdroje nebo na straně spotřeby.

b) *Nevyrovnaná bilance (nedostatek výroby)*

Aktuální spotřeba je nad limitem výroby. Pak je třeba v odpovídajícím čase zajistit snížení spotřeby na požadovanou mez prostřednictvím bilanční automatiky nebo odstavit zdroj.

c) *Start ze tmy*

Úspěšný start ze tmy je podmíněn existencí odpovídající funkce na straně zdroje a znalostí aktuálních hodnot zatížení jednotlivých DTS. Automatika řízení musí zajistit takovou konfiguraci sítě, která zaručí spotřebu v rozsahu minimální a maximální výše odpovídající možnostem zdroje v režimu startu ze tmy.

Při přechodu na ostrovní provoz musí automaticky dojít k přestavení ochran v autonomní oblasti na provoz nově konfigurované kabelové sítě s izolovaným uzlem.

Je zřejmé, že poruchy na kabelech i v ostatních částech uvažované oblasti je třeba řešit z pohledu dvou odlišných provozních stavů a parametrů sítě. Vzhledem k tomu je tedy nutné zajistit možnost nastavení různých parametrů ochranných spouští pro obě varianty provozu a jejich automatické přestavení při přechodu mezi jednotlivými režimy provozu. Zajistit vzájemnou komunikaci mezi ochrannými jednotkami navzájem a mezi řídicím systémem a ochrannými jednotkami a rovněž tak zajistit bezpečnost a odpojení vadné části i v případě poruchy komunikace mezi ochranami nebo selhání některé z funkcí ochran. Tento požadavek bude realizován

použitím záložní nadproudové nesměrové a zemní nesměrové ochrany, selektivně nastavené nad úroveň působení základní směrové ochrany, a to opět pro obě varianty provozu sítě. Provoz s trvalým zemním spojením je nepřipustný a v obou případech se požaduje odpojení vadného úseku. Pro případ selhání všech funkcí nadproudových spouští dojde v nejdelším možném čase k postupnému vypnutí od záložní přepěťové zemní ochrany.

### **1.2.2 Poruchy v DTS**

DTS 0643 a DTS 1436 jsou dálkově ovládané stanice se třemi vývodovými poli a jedním polem transformátoru. Do těchto stanic jsou zaústěny napájecí kabelové přívody z DS vyvedené z rozvodny VRME. V základním zapojení je sepnut spínač v DTS 0643 směr RO VRME K 3122. Spínač v DTS 1436 je rozepnut proti DTS 0914 (kabelový vývod K 3121). Ostatní DTS jsou provozované jako průběžné stanice se dvěma vývodovými poli a jedním nebo více poli transformátoru s výjimkou DTS 1435, která je navíc vyzbrojena přívodním polem pro připojení KGJ jako alternativního napájecího zdroje pro danou oblast. V případě jakékoli elektrické poruchy uvnitř DTS, tj. poruchy na přípojnicích, výzbroji stanice (spínací prvky, MTP, MTU, kabelové koncovky apod.) musí LOR vypnout v dostatečně krátkém čase všechny přívody do DTS, včetně transformátoru.

### **1.2.3 Porucha transformátoru v DTS**

Poruchy na distribučních transformátorech umístěných v DTS budou vypínány jako první v krátkém čase tak, aby byl zachován chod kabelové sítě VN. Pro případ poruchy transformátoru musí být ochranou zajištěno současné odepnutí stroje i ze strany NN, což předpokládá zajištění této funkce např. prostřednictvím „inteligentních“ jističů na straně NN, začleněných do sítě ochrany VN.

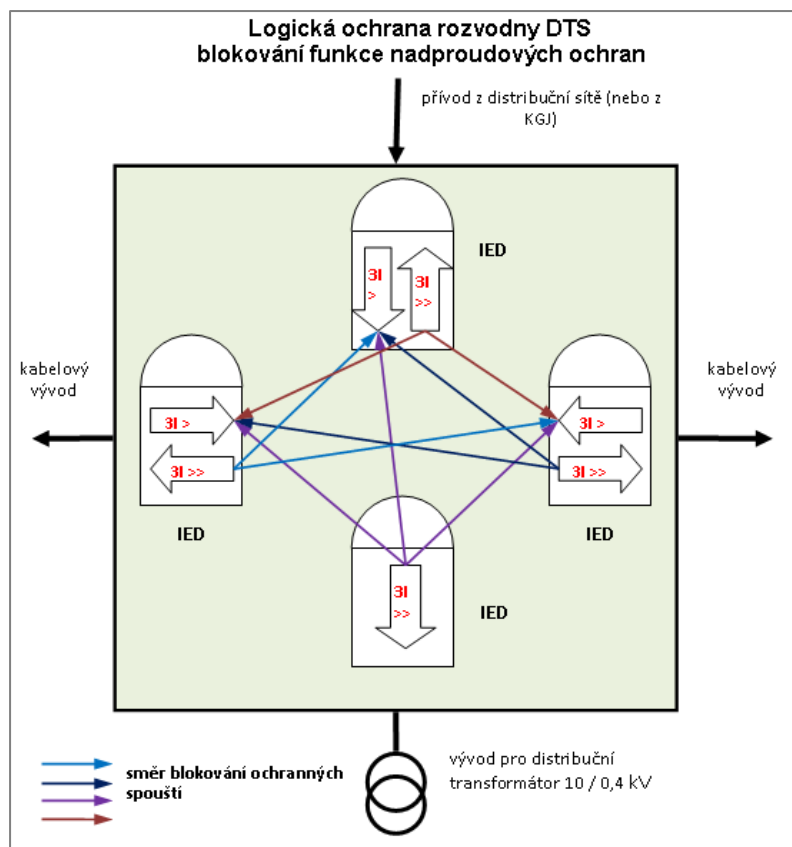
## **2 Princip chránění**

Koncepce chránění musí bezpodmínečně zabezpečit ochranu před úrazem elektrickým proudem. Další důležitou úlohou je chránění zařízení před účinky poruchových stavů. Za předpokladu automatizace řízení provozu vybrané oblasti DS a odepínání pouze poškozené části sítě je řešením nasazení směrových proudových ochranných funkcí, které správně vyhodnotí místo poruchy i při možnosti toku zkratového výkonu vývodem oběma směry. Vzhledem k výrazně odlišným zkratovým poměrům je třeba zohledňovat dva režimy chodu sítě. Chod s napájecí DS a chod v ostrovním provozu.

Vlastní systém chránění spočívá ve vyhodnocení poruchového proudu při zemním spojení i při mezifázovém zkratu a odepnutí místa poruchy ze všech směrů možného napájení nejbližšími vypínači k místu poruchy ve směru od napájecího zdroje. Určení správného vypínače je dáno vhodným nastavením nadproudové a zemní spouště LOR a LOK v jednotlivých DTS při současném zajištění vzájemné blokády ochrany. Všechny první stupně nadproudových a zemních směrových ochrany budou nastaveny na stejnou úroveň s krátkým časem a s blokováním působení následující ochranou ve stejném směru toku poruchového proudu v okamžiku jejího náběhu.

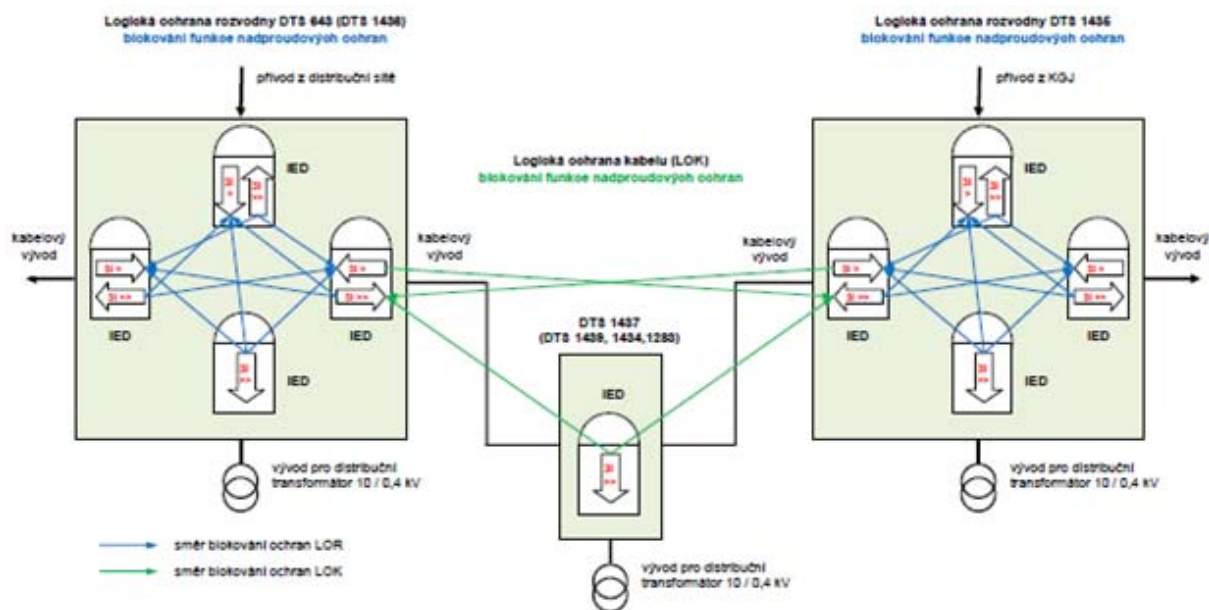
Ochrana umístěná nejbližší k místu poruchy tedy zablokuje všechny ochrany před sebou proti směru svého působení. Blokovací signál musí projít až k první ochraně ve směru toku poruchového proudu dříve než sama stačí zapůsobit. Komunikace mezi ochrannými jednotkami bude probíhat po lince GOOSE. Dále je třeba, vzhledem k malému rozdílu mezi provozním a poruchovým proudem v síti během ostrovního provozu, působení nadproudových ochran při ostrovním provozu podmínit uvolněním od podpětové spouště. Všechny IED jednotky tedy musí umožňovat změnu konfigurace jednotlivých ochranných stupňů nezávisle na ostatních jednotkách, včetně změny směru působení u každé z nich. Nezbytné jsou nejméně dvě sady nastavení každé jednotlivé ochranné funkce s možností jejich automatické aktivace.

Princip funkce blokování LOR schematicky znázorňuje obr. 3. Šipky ukazují směr vyslání blokovacího povelu, zaregistruje-li ochrana průchod poruchového proudu v příslušném směru (jedná se o směrové ochrany).



*Obr. 3 Logická ochrana rozvodny (LOR)*

Pro poruchy mimo DTS je použita LOK. Princip blokování nadproudových ochran je zřejmý z obr. 4. Podobně bude funkce LOR a LOK nastavena také u ochranných spouští při zemním spojení.



Obr. 2 Logická ochrana kabelu (LOK)

V souladu s požadavky na bezpečnost je nezbytné zajistit odepnutí vadného úseku i v případě poruchy komunikace mezi ochranami nebo při selhání některé funkce ochrany. Pro tyto případy je navrženo záložní chránění realizované nesměrovou nadproudovou ochrannou funkcí bez vzájemných blokády na každém vývodu, kdy k působení ochranných spouští dochází pouze na základě nastavené proudové a časové selektivity. Ta je nastavena tak, aby při provozu sítě z distribuční soustavy ČEZ došlo v nejkratším čase k rozpojení kabelové smyčky na dvě větve paprskové sítě v DTS 1435 vypínačem směr DTS 1283. Dále pak jsou časy ochran odstupňovány směrem k napájecímu bodu (DTS 0643, příp. DTS1436). Obdobný princip záložního chránění je nastaven také pro případ ostrovního provozu, kdy se však místem pro přerušení kabelové smyčky stává vypínač v DTS 1436 na vývodu směr DTS 1439. Při ostrovním provozu zde opět nastává problém velmi malých hodnot poruchového proudu, a to především při odporovém zemním spojení. Proto pro případ selhání funkce nadproudové zemní ochrany je zde jako další záložní ochrana použita přepěťová ochrana U0. Tato ochrana bude působit vždy v nejdelším čase. Problematikou konkrétního nastavení hodnot jednotlivých ochranných spouští včetně záložního chránění se zabývá [6].

#### Pravidla pro nastavení ochran soustavy 10 kV SR Vrchlabí:

- 1. SADA – provoz se soustavou odporově uzemněnou
- 2. SADA – ostrovní provoz s izolovanou soustavou
- Poruchy na transformátorech v DTS budou vypínány jako první, síť zůstane v provozu
- Poruchy v DTS se vypnou LOR v krátkém čase, síť zůstane v provozu
- Poruchy na kabelech mezi DTS se vypnou v krátkém čase LOK, síť zůstane v provozu



- Při ztrátě komunikace zapůsobí záložní ochrany v delším čase a s pevně nastavenou selektivitou
- Zemní spojení bude řešeno stejným postupem jako nadproudové poruchy.
- Provoz s trvalým zemním spojením je nepřipustný, proto při selhání všech funkcí dojde v nejdelším možném čase k postupnému vypnutí od záložní přepětové ochrany  $U_0$ .

### 3 Použité ochranné jednotky IED

Z hlediska požadovaných funkcí byla pro SR vybrána inteligentní elektronická zařízení **REF 615** firmy ABB. Jedná se o zařízení IED, určené pro chránění, ovládání, měření a monitorování vývodů v rozvodnách a systémech, včetně radiálních, okružních a zauzlených DS s distribuovanou výrobou i bez výroby elektrické energie. Toto zařízení plně využívá potenciál standardu IEC 61850 pro komunikaci a vzájemnou součinnost zařízení určeného pro automatizaci rozvodu. Je určeno především pro chránění venkovních vedení a kabelových vývodů v DS a lze jej též využít pro záložní chránění v aplikacích požadujících nezávislý a redundantní systém ochran. Podle zvolené standardní konfigurace je zařízení IED připraveno a přizpůsobeno pro chránění venkovních vedení a kabelových vývodů v sítích s izolovaným nulovým bodem, v odporově uzemněných sítích, v kompenzovaných i v účinně uzemněných sítích. Pro konkrétní požadavky a s ohledem na výzbroj DTS v oblasti LK je tedy pro pole kabelových vývodů zcela vyhovující ochranná jednotka REF615 ve standardní konfiguraci **F** a pro pole transformátoru tato jednotka v konfiguraci **D**. Podrobné informace o jednotce IED REF615 a popis ochranných funkcí jednotlivých konfigurací jsou dostupné na stránkách výrobce [7].



Obr. 5 IED REF615 [7]

### 3.1 Využití jednotlivých funkcí IED

#### 3.1.1 Ochrany v přívodech a vývodech z DTS

- **Třífázová směrová nadproudová ochrana, funkce č. 1 (DPHLPDOC1)**

Bude využita jako LOR, LOK pro směr do DTS (poruchový proud přitéká do stanice). Při poruše mimo DTS bude zablokována některou DPHHPDOC1 ve vývodu nebo PHHPTOC1 ve vývodu pro transformátor. Nebude-li blokována, bude vypínat a blokovat ochranu DPHHPDOC1 v DTS na druhém konci kabelu.

- **Třífázová směrová nadproudová ochrana, stupeň s vyšším nastavením, funkce č. 1 (DPHHPDOC1)**

Jako LOR, LOK směr z DTS (proud vytéká z DTS do kabelu a do další stanice). Při náběhu blokuje ochrany DPHLPDOC1 v této stanici. Bude blokována ochranou DPHLPDOC1 z DTS na druhém konci kabelu. Nebude-li blokována, bude vypínat.

- **Směrová zemní ochrana, stupeň s nižším nastavením, funkce č. 1 (DEFLPDEF1)**

Při zemním spojení je tato funkce využita jako LOR, LOK směr do DTS. Při poruše mimo DTS bude zablokována některou DEFLPDEF2 ve vývodu nebo PHHPTOC1 ve vývodu pro transformátor. Nebude-li blokována, bude vypínat a blokovat ochranu DEFLPDEF2 v DTS na druhém konci kabelu.

- **Směrová zemní ochrana, stupeň s nižším nastavením, funkce č. 2 (DEFLPDEF2)**

Funkce je využita jako LOR, LOK směr z DTS (poruchový proud vytéká z DTS do kabelu a do další stanice). Při náběhu blokuje ochrany DEFLPDEF1 v této stanici. Bude blokována ochranou DEFLPDEF1 z DTS na druhém konci kabelu. Nebude-li blokována, bude vypínat.

- **Třífázová nadproudová ochrana, stupeň s nižším nastavením, funkce č. 2 (DPHLPDOC2)**

Bude využita jako záložní nesměrová ochrana nastavená na delší vypínací čas než je nastavena DPHHPDOC1 využitá jako LOR, LOK. Při ostrovním provozu bude tato spoušť navíc uvolňována podpětím.

- **Třífázová nesměrová nadproudová ochrana, mžikový stupeň (PHIPTOC1)**

Ochrana pro vysoké zkraty.

- **Třífázová podpět'ová ochrana (PHPTUV)**

Podmiňuje působení DPHLPDOC1, DPHHPDOC1, DPHLPDOC2 při ostrovním provozu.

- **Směrová zemní ochrana, stupeň s vyšším nastavením (DEFHPDEF1)**

Bude využita jako záložní nesměrová zemní ochrana. Ochrana vypíná zemní spojení v nejdélším čase. Bude uvolňována přepětím  $U_0 > 15\%$

- **Přepět'ová ochrana vyhodnocující nulovou složku, funkce č. 1 (ROVPTOV1)**

Bude využita jako záložní ochrana pro zemní poruchy při  $U_0 > 30\%$ , vypne v nejdélším čase.

- **Přepět'ová ochrana vyhodnocující zpětnou složku, funkce č. 1 (NSPTOV1)**

Tato ochrana je použita pro případ poruchy MTN apod., vedoucí k nesprávné funkci logické ochrany. Ochrana upozorní obsluhu na tuto skutečnost a ta zajistí zjištění a odstranění závady.

### **3.1.2 Ochrany ve vývodech pro transformátory v DTS**

Pro chránění a ovládání bude použito IED REF615D, které umožní s využitím komunikace GOOSE zpráv blokádu LOR, LOK v nejbližších přívodech napájejících DTS, a tím zajistí pouze vypnutí transformátoru bez dopadu na provoz sítě. Ochrana musí zajistit současně i vypnutí sekundární strany transformátoru (hlavního jističe na straně NN).

- **Třífázová nesměrová nadproudová ochrana, funkce č. 1 (PHLPTOC1)**

Ochrana bude vypínat při přetížení transformátoru.

- **Třífázová nesměrová nadproudová ochrana, stupeň s vyšším nastavením, funkce č. 1 (PHHPTOC1)**

Bude využita jako LOR pro zkraty v transformátoru a zároveň jako záložní ochrana pro zkraty na straně NN. Ochrana vypíná transformátor a současně svým popudem blokuje ochrany DPHLPDOC1 v nejbližších přívodech.

- **Třífázová nesměrová nadproudová ochrana, mžikový stupeň, funkce č. 1 (PHIPTOC1)**

Ochrana vypíná vysoké zkraty na primární straně transformátoru.

- **Nesměrová zemní ochrana, stupeň s nižším nastavením, funkce č. 1 (EFLPTOC1)**

Ochrana vypíná transformátor při poruše typu zemní spojení ve vývodu transformátoru.

### **3.1.3 Ochrany ve vývodu do KGJ**

- **Třífázová směrová nadproudová ochrana, stupeň s nižším nastavením, funkce č. 1 (DPHLPDOC1)**

Ochrana je nastavena pro směr proudu přitékajícího do DTS z transformátoru KGJ.

- **Třífázová směrová nadproudová ochrana, stupeň s vyšším nastavením, funkce č. 1 (DPHHPDOC1)**

Využita jako LOR směr do transformátoru KGJ.  
Při náběhu blokuje ochrany DPHLPDOC1 v přívodech této DTS.

- **Třífázová nesměrová nadproudová ochrana, mžikový stupeň, funkce č. 1 (PHIPTOC1)**

Ochrana vypíná vysoké zkraty na primární straně transformátoru KGJ .

- **Směrová zemní ochrana, stupeň s nižším nastavením, funkce č. 1 (DEFLPDOC1)**

Ochrana bude použita jako nesměrová. Vypíná při poruše typu zemní spojení ve vývodu KGJ.

- **Přepět'ová ochrana vyhodnocující nulovou složku, funkce č. 1 (ROVPTOV1)**

Záložní ochrana pro zemní poruchy  $U_0 >$  , vypne v nejdelším čase.

## **Závěr**

Myšlenka na budování chytrých sítí nabývá na významu především z důvodu masivního nárůstu počtu lokálních obnovitelných zdrojů (fotovoltaických a větrných elektráren), rovněž tak kogeneračních jednotek sdružujících výrobu tepla a elektřiny a zároveň stále rostoucích požadavků na spolehlivější a kvalitnější dodávku elektrické energie současně s nárůstem objemu její spotřeby. Sílicí tlak na snižování emisí a zvýšená pozornost ekologickým otázkám vede kromě rozvoje obnovitelných zdrojů také k zaměření pozornosti na širší využití elektrické energie v dopravě, která v tomto směru představuje skutečně velký prostor pro její uplatnění jako efektivního a ekologického zdroje energie. SG se proto snaží již v počátcích vytvořit prostředí pro tento nový typy spotřeby, kterým elektromobilita bezpochyby je

a začleňuje do svých projektů také síť dobíjecích stanic. Objevuje se i myšlenka na budoucí využití rozsáhlé sítě elektromobilů připojených k dobíjecím stanicím jako alternativního přechodného zdroje (akumulátoru) v případě nedostatku elektrické energie a naopak jako spotřebiče v době přebytku výroby, kdy by na základě zvýhodněných podmínek zákazník umožnil distributorovi operativně přistupovat k jeho akumulačním spotřebičům a přispěl tak k efektivnímu vyrovnání výkonové bilance v síti.

Samotná realizace takovýchto sítí však představuje velice složitý a rozsáhlý soubor požadavků, které je třeba splnit, aby bylo dosaženo požadovaných výsledků. Kromě úprav, rozšíření a dovybavení stávajících technologických celků DS, mezi něž patří vlastní silové rozvody, DTS, rozvaděče, ochrany atd. je třeba vyřešit problém dálkového ovládání, přenosu informací a měření potřebných veličin a hodnot, které jsou podstatou zajištění správné funkce ochrany a automatik. Přesné zjištění okamžitých hodnot spotřeby a výroby a možnost dálkového ovládání až na úroveň koncových zákazníků je nezbytným předpokladem provozu autonomních oblastí a zajištění vyrovnané výkonové bilance. Projekt SR Vrchlabí je ve své podstatě prvním projektem SG tohoto rozsahu v ČR. Architektura technického řešení SR vychází z obecně platných zásad a principů v oblasti distribučních systémů, mezi něž mimo jiné patří:

- Oddělení jednotlivých vrstev distribučního systému, který zajišťuje vzájemnou nezávislost řešení těchto vrstev s ohledem na rozvoj technologií a souvisejících standardů.
- Minimalizace změn v primární technologii, která má ukázat možnost nasazení modelu chytré sítě ve stávajících podmínkách.
- Oddělení procesů řízení technologie a sítí.

Jedním z hlavních cílů tohoto projektu je ověření funkce a spolehlivosti provozu elektrické sítě v ostrovním provozu, schopnost zařízení přejít ze standardního provozu z DS do autonomního provozu a zpětné připojení na DS po odstranění příčin, vedoucích k vydělení této oblasti, a to při zajištění plné bezpečnosti v jakékoli fázi provozu sítě. To vede k vysokým nárokům na systém chránění, jeho variabilitu, automatizaci a komunikační schopnosti. Vzhledem ke způsobu provozu SR jako uzavřené kabelové smyčky s rozdílným způsobem provozu uzlu napájecí soustavy, se značně rozdílnými zkratovými poměry v síti a s různými místy napájení je třeba přistoupit k využití nejmodernějších technologií v oblasti ochranných prvků. S ohledem na možnost poruchy či selhání, ať už vlastní ochranné funkce, nebo komunikační cesty a přenosu, je třeba též vyřešit problematiku záložního chránění, a to opět z pohledu všech možných stavů sítě.

## Literatura

- [1] KOPECKÝ, Leoš. *MPP pro el. stanici Transformovna 35/10 kV Vrchlabí město*. Trutnov, 1. 6. 2011

- [2] ČSN 33 3070: *Elektrotechnické předpisy. Kompenzace kapacitních zemních proudů v sítích vysokého napětí.* 1979
- [3] KOPECKÝ, Leoš. *MPP pro el. stanici DTS 643 Bytové jednotky. (DTS\_1283 Vila domy, DTS 1434 U Školy, DTS 1435 U Kotelny, 1436 U Pivovaru, 1437 U Výměníku, DTS 1439 Pod Školou).* Trutnov, 1. 1. 2013
- [4] Firemní materiály: *Finální architektura technického řešení Smart Region;* Draft 6, 18. 03. 2011; ČVUT v Praze, FEL; ABB s.r.o.
- [5] Firemní materiály: *Ostrovní provoz Vrchlabí oblast Liščí Kopec;* Draft, květen 2011; EGE, spol. s.r.o., České Budějovice
- [6] ŠTOS, Jiří. *Návrh řešení provozu sítě VN 10 kV Smart Regionu Vrchlabí.* Pardubice, 2013. Bakalářská práce, Univerzita Pardubice, DFJP
- [7] <http://www.abb.cz/product/db0003db004281/c12573e700330419c12573cc00431e30.aspx?productLanguage=us&country=CZ>; [online], [2013-09-20]

Praha, říjen 2013

Lektorovali:

Ing. Ivan Dobeš (VUZ, a.s.)

Bc. Bohuš Mihál (ČEZ Distribuce, a.s.)