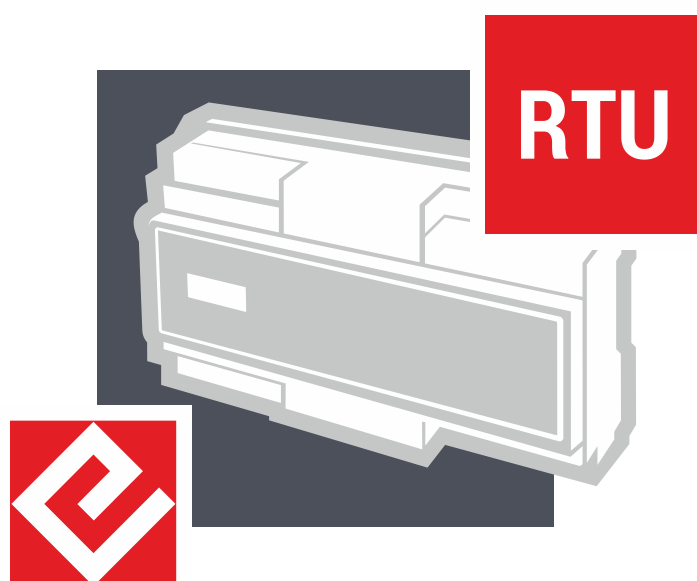




Uživatelská příručka k SW pro centrální jednotku systému V-dip



T A
Č R

Tento projekt je spolufinancován se státní podporou Technologické agentury ČR v rámci Programu THÉTA.

www.tacr.cz

Výzkum užitečný pro společnost.

Číslo projektu: TK01020107

Název projektu: Vývoj systému pro lokalizaci nesymetrických poruch V-dip



OBSAH

1. Úvod.....	3
2. Popis SW balíku V-dip.....	3
3. Popis systému a metody V-dip	5
3.1. Princip metody Vdip.....	6
4. Popis platformy SCADA MikroDispečink	9
5. Popis nadstavby IMDISP	10
6. Popis komunikačního a parametrizačního SW RTU	11
7. Popis komunikačního a parametrizačního SW PQM-A	12
8. Specifické moduly V-dip	13
8.1. Modul pro vytvoření numerického modelu sítě	13
8.2. Komunikační brána "a parametrizační SW pro distribuovanou měřící jednotku"	14
8.3. Modul pro optimalizaci vstupních dat "obdržených ze systémů SCADA/DMS/GIS/TIS"	14
8.4. Modul pro určení pravděpodobnosti výskytu nesymetrické poruchy.....	17
8.5. Modul pro vizualizaci místa poruchy	18
9. Vzorová konfigurace systému	19
10. Příklad integrace se systémy třetích stran.....	20
10.1. SW ETAP ADMS – stručný popis	21
10.2. Import/export konfiguračních dat.....	21
10.3. Import/export stavových dat a měření	22
10.4. Příklad vizualizace dle vzorové konfigurace	22
11. Přílohy	23



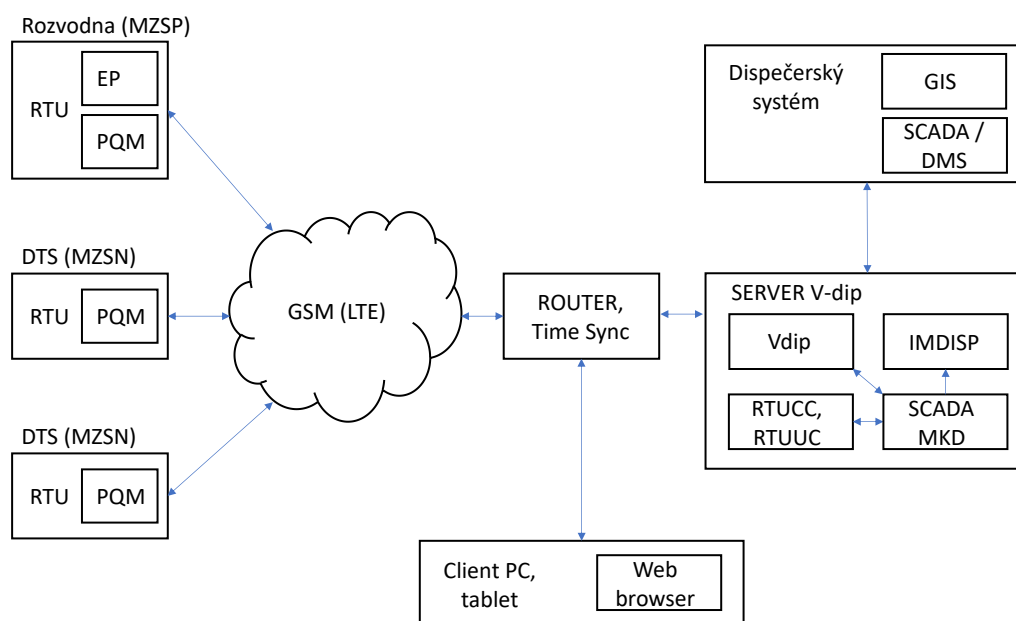
1. ÚVOD

Softwarový balík V-dip je složen z modulů, které zajišťují funkci metody pro lokalizaci nesymetrických poruch (V-dip) a jsou nezbytné pro integraci metody či její návaznost na systémy provozovatele distribučních soustav. Hlavním cílem tohoto SW balíku je poskytnutí plné SW podpory centrální jednotce s ohledem na požadavky metody V-dip a celého systému pro lokalizaci nesymetrických poruch vyplývající z národního patentu č. 305209 (2014-250) a evropského patentu č. EP2940483.

2. POPIS SW BALÍKU V-DIP

Jako základ pro implementaci SW modulů V-dip bylo využito existující platformy systému SCADA Mikrodispečink (viz. kap. 4) spolu s komunikačním (RTU Komunikátor) a parametrizačním SW (RTU Uživatelské Centrum) pro jednotky RTU7M, a dále pak obslužný SW pro měřicí karty PQM-A (ENVIS). Tato platforma spolu se SW moduly V-dip dává dohromady ucelený systém pro lokalizaci poruch, který může pracovat jak autonomně, tak jako komponenta většího dispečerského systému, se kterým si bude vyměňovat potřebná data.

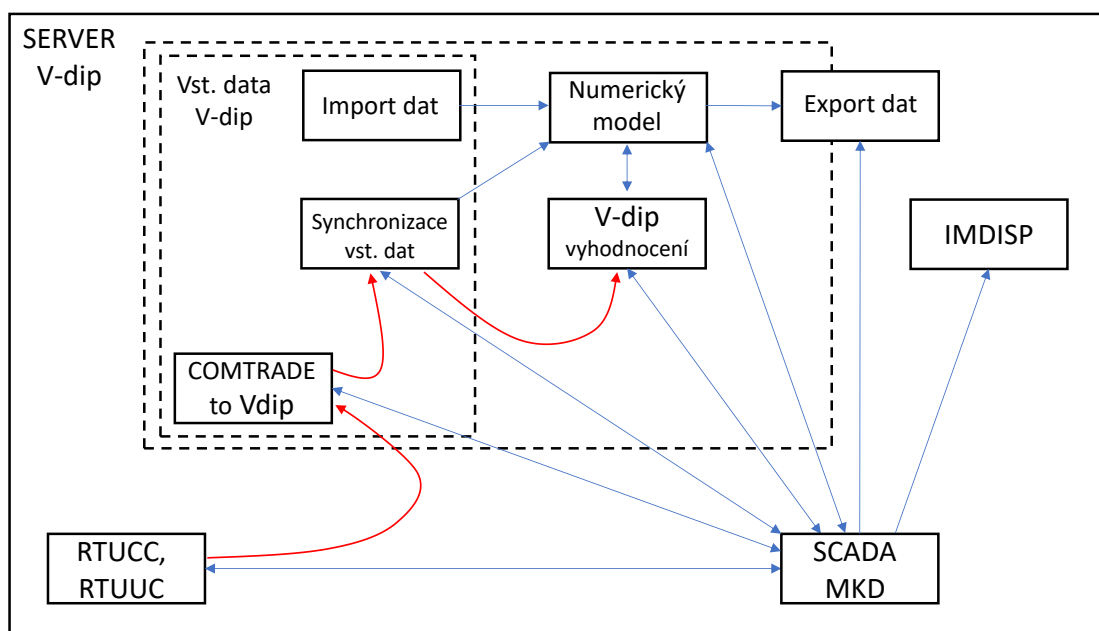
Systém lokalizace poruch V-dip je provozován na aplikačním serveru, kde udržuje aktuální stav modelu rozvodné sítě (z pohledu topologie – data z dispečerského systému nebo přímo z terénu). V okamžiku detekce poruchy distribuovanou měřicí jednotkou (DMU V-dip) na rozvodně (MZSP) dochází k předání povelu k odeslání dat z jednotek (DMU V-dip) v distribučních trafostanicích (MZSN). Systém na serveru V-dip poté postupně obdrží data z jednotek v dané oblasti a nad těmito daty spustí proces vyhodnocení, jehož výsledkem je určení místa s nejvyšší pravděpodobností výskytu poruchy. Toto místo je pak indikováno buďto přímo přes uživatelské rozhraní systému V-dip nebo přes uživatelské rozhraní nadřazeného dispečerského systému na základě výsledků předaných systémem V-dip.



Obr. č. 2.1: Celkové blokové schéma systému



Blokové schéma na obr. 2.1. znázorňuje obecný příklad architektury systému V-dip od rozvodny/DTS po aplikační server a nadřazený dispečerský systém. Na dalším obrázku (2.2) je detailněji zobrazena architektura samotného SW řešení na straně aplikačního serveru.



Obr. č. 2.2: SW moduly serveru V-dip

Legenda k obrázku č. 2.2:

Numerický model	...	Modul pro vytvoření numerického modelu sítě
Vst. data V-dip	...	Modul pro optimalizaci vstupních dat
V-dip vyhodnocení	...	Modul pro určení pravděpodobnosti výskytu nesymetrické poruchy
SCADA MKD + IMDISP	...	Modul pro vizualizaci místa poruchy
RTUCC	...	Komunikační brána
RTUUC	...	Parametrizační SW

Pro automatické spuštění Sw balíku V-dip na aplikačním serveru je vytvořen příslušný skript, který aktivuje všechny potřebné komponenty.



Obr. č. 2.3: Spuštění modulu V-dip



Na běžící aplikační server V-dip je možno připojit neomezený počet klientů nadstavby IMDISP (viz. kap. 5) pro vizualizaci aktuálního stavu systému (topologie sítě a měření na DMU) a polohy poslední lokalizované poruchy. Aplikační server současně udržuje aktivní spojení s nadřazeným dispečerským systémem, ze kterého načítá informace týkající se aktuální topologie sítě a předává stavy pro indikaci úseku s lokalizovanou poruchou.

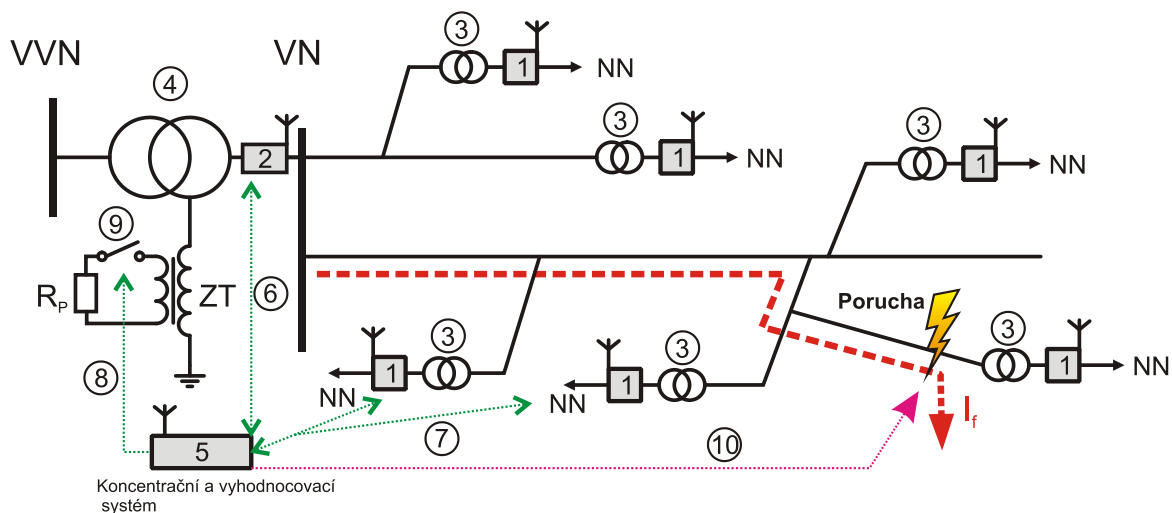
3. POPIS SYSTÉMU A METODY V-DIP

Koncepce systému Vdip je zjednodušeně popsána na příkladu vývodu kompenzované distribuční soustavy, který je zobrazen na obrázku č. 3.1. Tento systém je tvořen monitorovacím systémem pro monitorování změny zpětné složky proudu (2) a napětí (1) a vyhodnocovací jednotkou (5) pro koncentraci dat z monitorovacího systému a vyhodnocení místa poruchy.

Vlastní monitorovací systém je sestaven z monitorů zpětných složek napětí MZSN (1), které jsou umístěny na sekundárních stranách distribučních transformátorů (3). Tyto monitory se vyznačují tím, že monitorují časově synchronní změny zpětných složek napětí uvnitř chráněné oblasti distribuční soustavy a v případě překročení mezní (popudové hodnoty) změny zpětné složky napětí uloží poruchový záznam a čas vzniku poruchy do paměti pro pozdější předání záznamu do nadřazeného vyhodnocovacího systému (5). Jednotlivé monitory (1) jsou umístěny do vybraných distribučních transformačních stanic VN/NN (3) uvnitř chráněné části sítě, která je napájena napájecím transformátorem VVN/VN (4). Dalším klíčovým prvkem monitorovacího systému Vdip je monitor změny zpětné složky proudu MZSP (2), který je instalován na sekundární stranu napájecího transformátoru VVN/VN (4). Monitor (2) monitoruje změny zpětné složky proudu a po překročení její nastavené popudové hodnoty, případně popudové hodnoty netočivé složky napětí, uloží poruchový záznam a čas vzniku poruchy do paměti a pomocí bezdrátové či kabelové komunikační cesty (6) ji bezprostředně předá vyhodnocovací jednotce (5). Následně si vyhodnocovací jednotka pomocí bezdrátové komunikace (7) vyžádá pro daný čas vzniku poruchy poruchový záznam od dostupných MZSN (1). Po přenesení všech dostupných poruchových záznamů z jednotek (1) a (2) do vyhodnocovací (koncentrační) jednotky (5) je provedena vzájemná časová synchronizace či případná korekce obdržných záznamů a jejich konverze do formátu, který je použit vyhodnocovací jednotkou pro lokalizaci nesymetrických poruch v soustavě.

Vlastní vyhodnocovací jednotka se vyznačuje tím, že načte dostupná data z monitorů napětí pro čas vzniku poruchy, provede jejich analýzu a výsledky této analýzy použije jako vstupní data pro lokační algoritmus, který určí pravděpodobnost poruchy v jednotlivých částech monitorované sítě, přičemž místo s nejvyšší pravděpodobností je indikováno jako místo poruchy (10). Vlastní vyhodnocovací jednotka rovněž umožňuje i několikanásobnou lokalizaci místa poruchy pro případy, kdy nebylo možné provést lokalizaci poruchy na základě naměřených dat či pro případ zpřesnění vypočtené polohy poruchy lokačním algoritmem. Pro tento účel musí být vybavena automatickým či manuálním ovládáním (8) vypínače pomocného odporu R_p (9).

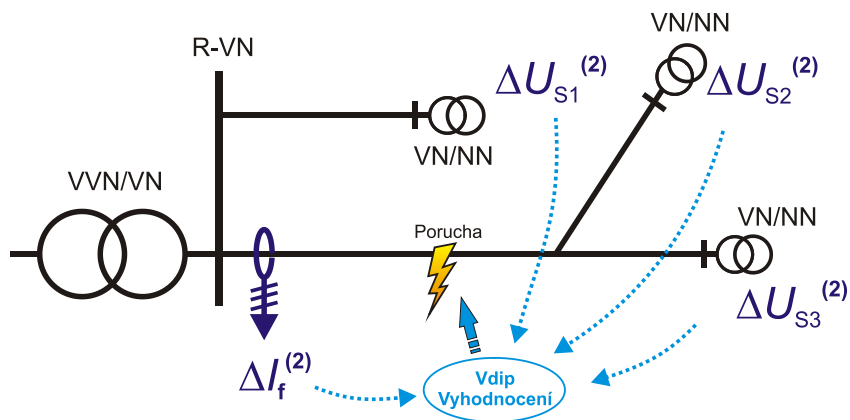




Obr. č. 3.1: Popis systému Vdip pro lokalizaci nesymetrických poruch

3.1. Princip metody Vdip

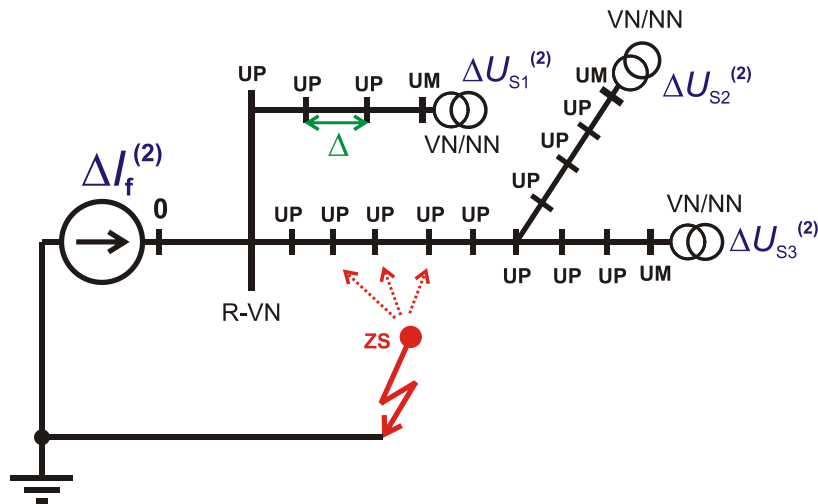
Lokalizační algoritmus Vdip je navržen tak, aby na základě zaznamenaných změn zpětné složky napětí $\Delta U^{(2)}$ a proudu $\Delta I^{(2)}$ stanovil pravděpodobnost výskytu nesymetrické poruchy v jednotlivých místech distribuční sítě. Hodnoty $\Delta U^{(2)}$ jsou měřeny na sekundárních stranách distribučních transformátorů 22/0,4 kV pomocí instalovaných monitorů napětí a hodnoty $\Delta I^{(2)}$ pak v napájecí rozvodně 22 kV v poli postiženého vývodu, jak je zobrazeno na obrázek č. 3.1.1. Hodnotu $\Delta I^{(2)}$ lze tedy určit i z poruchového záznamu vývodové ochrany. Takto získané hodnoty $\Delta U^{(2)}$ a $\Delta I^{(2)}$ jsou dále konfrontovány s hodnotami určenými výpočtem v numerickém modelu soustavy.



Obr. č. 3.1.1: Zjednodušený princip metody Vdip

V prvním kroku se každý úsek monitorované soustavy rozdělí na jednotlivé elementy o délce Δ , čímž dojde k vytvoření pomocných uzlů UP potřebných pro přesné určení místa poruchy. Přesnost lokačního algoritmu je vyšší pro menší délky elementu Δ (dojde k určení pravděpodobnosti poruchy ve více

bodech soustavy). Schéma zpětné složky soustavy je pak tvořeno z uzlů pomocných UP a uzlů měřících UM odpovídajících místům s instalovanými monitory zpětné složky napětí (MZSN), tj. monitor napětí s implementovanou funkcí záznamu zpětné složky napětí, jak naznačuje obrázek 3.1.2 pro jednoduchou distribuční soustavu z obrázku 3.1.1. Pro toto zpětné impedanční schéma se vytvoří náhradní admitanční matice $\left[\bar{Y}^{(2)} \right]$, která je vstupem pro metodu Vdip.



Obr. č. 3.1.2: Zjednodušené schéma zpětné složky soustavy pro metodu Vdip

Lokační algoritmus metody Vdip vychází z postupného připojování místa uvažované poruchy (uzel ZS na obr. č. 3) k jednotlivým uzlům s číslem 1 až n , kde n je celkový počet uzlů UP a UM. Je tedy řešena soustava rovnic (1) pro $N = 1, 2, \dots, n$.

$$\begin{bmatrix} \Delta \bar{U}_{UM}^{(2)} \\ \Delta \bar{U}_{UP}^{(2)} \end{bmatrix}^{(N)} = \left[\bar{Y}^{(2)} \right]^{-1} \cdot \left[\Delta I_f^{(2)} \right]^{(N)}, \quad (1)$$

kde $\left[\Delta \bar{U}_{UM}^{(2)} \right]^{(N)}$ je vektor vypočtených změn zpětné složky napětí v měřících uzlech UM při uvažování poruchy v uzlu N ($N = 1, 2, \dots, n$), $\left[\Delta \bar{U}_{UP}^{(2)} \right]^{(N)}$ je vektor vypočtených změn zpětné složky napětí v pomocných uzlech UP při uvažování poruchy v uzlu N ($N = 1, 2, \dots, n$) a $\left[\Delta I_f^{(2)} \right]^{(N)}$ je vektor změny zpětné složky proudu sestavený pro poruchu v uzlu N ($N = 1, 2, \dots, n$). Pokud budeme uvažovat poruchu v uzlu 1 ($N = 1$), můžeme jednotlivé vektory rovnice (1) rozepsat dle (2) a (3).

$$\left[\Delta \bar{U}_{UM}^{(2)} \right]^{(1)} = \begin{bmatrix} \Delta \bar{U}_{UM1}^{(2)} \\ \Delta \bar{U}_{UM2}^{(2)} \\ \vdots \\ \Delta \bar{U}_{UMi}^{(2)} \end{bmatrix}^{(1)}, \quad \left[\Delta \bar{U}_{UP}^{(2)} \right]^{(1)} = \begin{bmatrix} \Delta \bar{U}_{UP(i+1)}^{(2)} \\ \Delta \bar{U}_{UP(i+2)}^{(2)} \\ \vdots \\ \Delta \bar{U}_{UPn}^{(2)} \end{bmatrix}^{(1)} \quad (2)$$



$$\left[\Delta \bar{\mathbf{I}}_f \right]^{(1)} = \begin{bmatrix} 1 & & \\ & i & \\ & & (i+1) \\ & & & n \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \left[\Delta \bar{\mathbf{I}}_f \right]^{(1)} \\ \left[\Delta \bar{\mathbf{I}}_f \right]^{(1)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & & & \\ & -\Delta \bar{\mathbf{I}}_f^{(2)} & & \\ & 0 & & \\ & \vdots & & \\ & 0 & & \\ & & (i+1) & \\ & & & \left[0 \right]^{(1)} \\ & & & \vdots \\ & & & 0 \end{bmatrix} \quad (3)$$

Inverzní matice zpětných složek impedance může být následně rozdělena na čtyři submatice s ohledem na počet použitých měřících uzlů UM, jak je ukázáno v (4).

$$\left[\bar{\mathbf{Y}} \right]^{-1} = \begin{bmatrix} \left[\bar{\mathbf{Y}}_{\text{Inv } 1}^{(2)} \right] & \left[\bar{\mathbf{Y}}_{\text{Inv } 2}^{(2)} \right] \\ \left[\bar{\mathbf{Y}}_{\text{Inv } 3}^{(2)} \right] & \left[\bar{\mathbf{Y}}_{\text{Inv } 4}^{(2)} \right] \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \begin{bmatrix} \bar{Y}_{11}^{(2)} & \cdots & \bar{Y}_{1i}^{(2)} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \bar{Y}_{i1}^{(2)} & \cdots & \bar{Y}_{ii}^{(2)} \end{bmatrix} & \begin{bmatrix} \bar{Y}_{1(i+1)}^{(2)} & \cdots & \bar{Y}_{1n}^{(2)} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \bar{Y}_{i(i+1)}^{(2)} & \cdots & \bar{Y}_{in}^{(2)} \end{bmatrix} \\ \begin{bmatrix} \bar{Y}_{(i+1)1}^{(2)} & \cdots & \bar{Y}_{(i+1)i}^{(2)} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \bar{Y}_{n1}^{(2)} & \cdots & \bar{Y}_{ni}^{(2)} \end{bmatrix} & \begin{bmatrix} \bar{Y}_{(i+1)(i+1)}^{(2)} & \cdots & \bar{Y}_{(i+1)n}^{(2)} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \bar{Y}_{n(i+1)}^{(2)} & \cdots & \bar{Y}_{nn}^{(2)} \end{bmatrix} \end{bmatrix}, \quad (4)$$

kde i je počet použitých monitorů napětí (UM uzlů).

Pro efektivnější resp. rychlejší výpočet matice $\left[\Delta \bar{\mathbf{U}}_{\text{UM}} \right]^{(N)}$, která je zapotřebí pro vyčíslení pravděpodobnosti poruchy v jednotlivých uzlech, může být rovnice (1) upravena na rovnici (5).

$$\left[\Delta \bar{\mathbf{U}}_{\text{UM}} \right]^{(N)} = \left[\bar{\mathbf{Y}}_{\text{Inv } 1}^{(2)} \right]^{-1} \left[\Delta \bar{\mathbf{I}}_{\text{FED}} \right]^{(N)} + \left[\bar{\mathbf{Y}}_{\text{Inv } 2}^{(2)} \right]^{-1} \left[\Delta \bar{\mathbf{I}}_f \right]^{(N)}, \quad (5)$$

V první fázi výpočtu je rovnice (5) vypočtena pro všechny uvažovaná místa poruchy, tj.: uzly $N = 1, 2, \dots, n$.

V dalším kroku se řeší rovnice (6) pro $N = 1, 2, \dots, n$, tzn.: provede se výpočet chyby (odchylky), která je dána rozdílem vypočtených a naměřených hodnot změn zpětné složky napětí pro každý uzel UM v případě uvažované poruchy v uzlech 1 až n .

$$\left[\varepsilon \right]^{(N)} = \left[\Delta \bar{\mathbf{U}}_{\text{UM}} \right]^{(N)} - \left[\Delta \mathbf{U}_{\text{MV}}^{(2)} \right], \quad (6)$$

kde $\left[\varepsilon \right]^{(N)}$ je vektor odchylek vypočtených a změřených změn zpětných složek napětí pro všechny uzly UM v případě poruchy uvažované v uzlu N , i je počet uzlů UM, $\left[\Delta \mathbf{U}_{\text{MV}}^{(2)} \right]$ je vektor změřených změn zpětných složek napětí v příslušných uzlech UM přepočtených na primární VN stranu příslušných distribučních transformátorů. Pro přehlednost lze rovnici (6) rozepsat na tvar (7).



$$\begin{bmatrix} \varepsilon_1^{(N)} \\ \varepsilon_2^{(N)} \\ \vdots \\ \varepsilon_i^{(N)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \left| \Delta \bar{U}_{UM1}^{(2)} \right|^{(N)} \\ \left| \Delta \bar{U}_{UM2}^{(2)} \right|^{(N)} \\ \vdots \\ \left| \Delta \bar{U}_{UMi}^{(2)} \right|^{(N)} \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} \Delta U_{MV1}^{(2)} \\ \Delta U_{MV2}^{(2)} \\ \vdots \\ \Delta U_{MVi}^{(2)} \end{bmatrix} \quad (7)$$

V následujícím kroku se na základě vyčíslených odchylek $[\varepsilon]^{(N)}$ vypočte vektor celkových chyb $[E]$, která vyjadřuje globální chybu změřené a vypočtené hodnoty změny zpětné složky napětí monitorované soustavy pro jednotlivé uzly $N = 1, 2, \dots, n$ dle rovnice (8).

$$[E] = \begin{bmatrix} E_1 \\ E_2 \\ \vdots \\ E_N \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum_{p=1}^i \left| \varepsilon_p^{(1)} \right| \\ \sum_{p=1}^i \left| \varepsilon_p^{(2)} \right| \\ \vdots \\ \sum_{p=1}^i \left| \varepsilon_p^{(N)} \right| \end{bmatrix}, \quad (8)$$

Následně se pro každý uzel N vyjádří procentuální hodnota pravděpodobnosti výskytu asymetrické poruchy F dle vzorce (9).

$$F_N = \frac{E_{\max} - E_N}{E_{\max} - E_{\min}} \cdot 100, \quad (9)$$

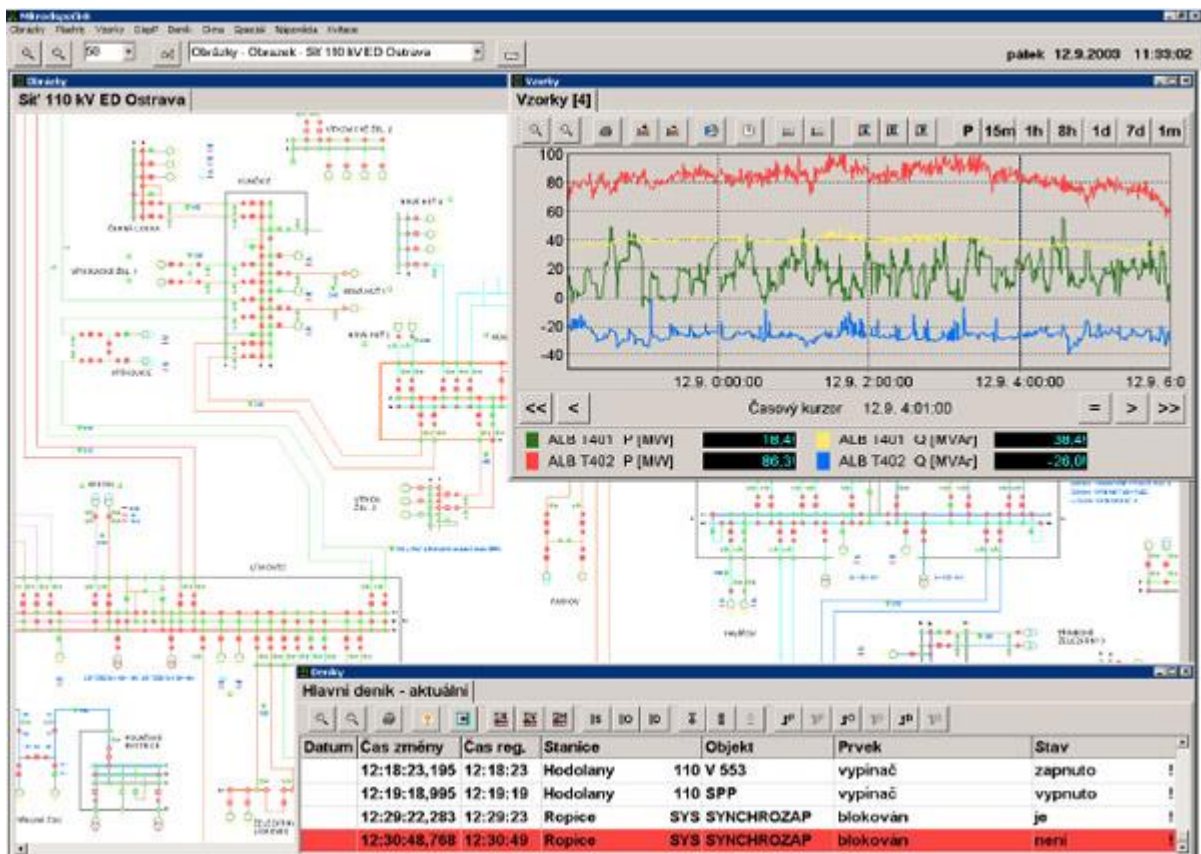
kde E_{\max} a E_{\min} je maximální, respektive minimální hodnota prvků vektoru celkové chyby $[E]$, E_N je hodnota celkové chyby daného uzlu N .

Jako místo poruchy je označen uzel N , který dosahuje nejvyšší hodnoty pravděpodobnosti (100 %). Analogicky, na základě velikosti a rozložení hodnot F , lze vyjádřit pravděpodobnost výskytu poruchy pro všechny uzly (UP a UM). Pro účely prezentace v dispečerském řídicím systému či uživatelském rozhraní lze pak použít grafické vyjádření pravděpodobnosti výskytu nesymetrické poruchy ve schématu distribuční sítě.

4. POPIS PLATFORMY SCADA MIKRODISPEČINK

SCADA Mikrodisepečink je specializovaný SW systém pro sledování, řízení a vyhodnocování procesů v reálném čase, který je vhodný především pro řízení elektrických sítí velmi vysokého, vysokého a nízkého napětí, pro aplikace v elektrických stanicích a v dispečerských centrech.





Obr. č. 4.1: Klientská aplikace systému SCADA Mikrodisepečink (ilustrační obrázek)

SCADA Mikrodisepečink lze provozovat na serverech a klientských stanicích s operačními systémy z řady MS Windows, jako datové úložiště lze využít i clusterová řešení pracující s jinými operačními systémy (Unix, Linux). Jsou používány standardní dostupné HW a SW prostředky, není vyžadován žádný speciální HW nebo SW. Řídicí systém je navržen s maximální modularitou a otevřeností. Generace systému je prováděna zápisem údajů do konfiguračních tabulek a kreslením schémat v grafickém editoru.

Při řešení komunikace s jinými systémy jsou využívána standardní vstupně/výstupní komunikační rozhraní. SCADA Mikrodisepečink může fungovat také jako prostředník mezi různými navzájem přímo neslučitelnými systémy, které nelze jednoduše přímo propojit. Může být provozován také jen jako koncentrátor dat, jako jednoduchý nebo síťový komunikační server. Díky integraci s RTU Komunikátorem a otevřené implementaci modulu „virtual RTU“ umožňuje relativně snadné rozšíření o nové vyhodnocovací funkce a podporu nových zdrojů dat.

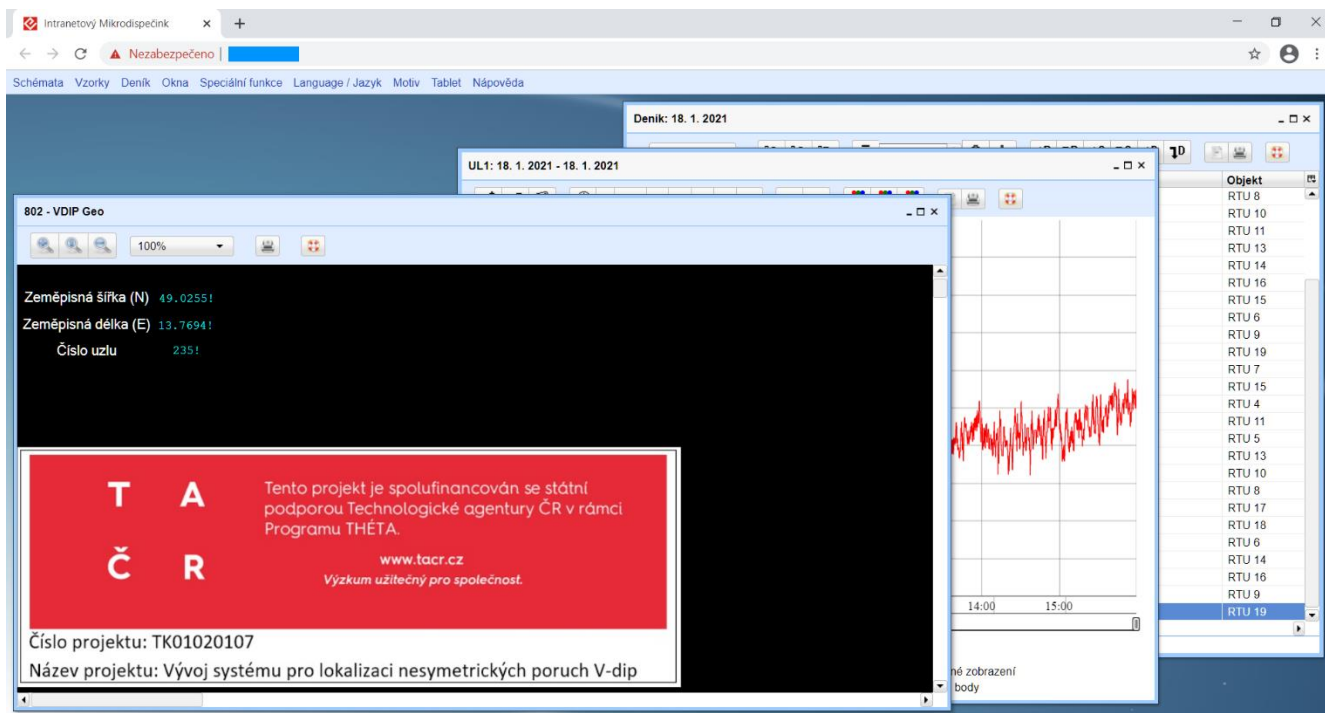
Bližší informace o systému SCADA Mikrodisepečink jsou k dispozici v příloze „Uživatelská příručka SCADA MikroDispečink“.

5. POPIS NADSTAVBY IMDISP

IMDISP je webová aplikace umožňující přístup k zobrazovacím modulům systému SCADA Mikrodisepečink v rámci intranetu/Internetu pomocí webového prohlížeče. Obsahuje moduly pro zobrazení schémat, tabulkových záznamů historických hodnot, aktuálních trendů i historických grafů



měřených hodnot a provozních deníků včetně indikace alarmních stavů. Podporuje snadné přepínání mezi více jazyky uživatelského rozhraní a nabízí režim pro desktop a tablet.



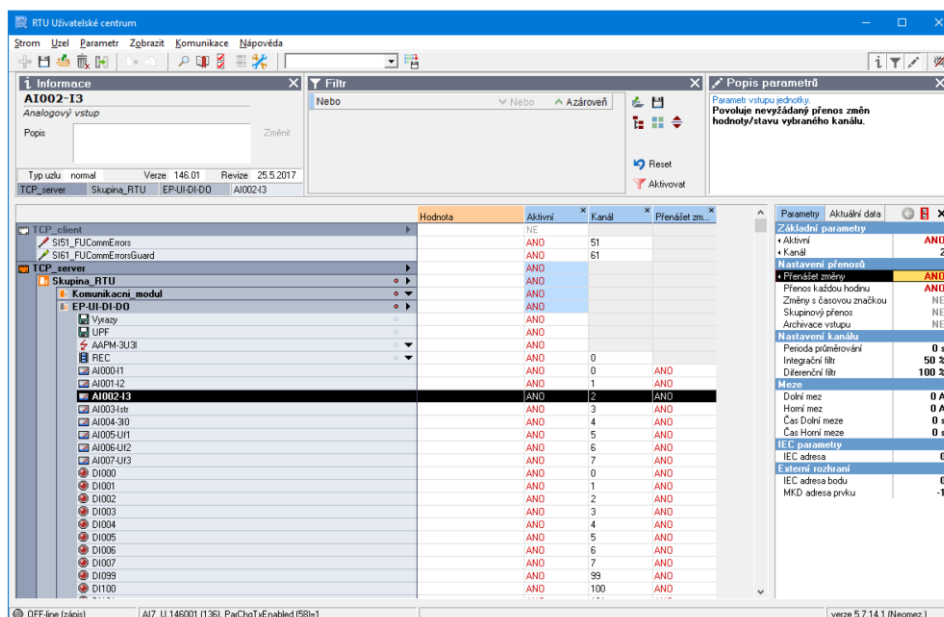
Obr. č. 5.1: Hlavní nabídka systému IMDISP

Bližší informace o nadstavbě IMDISP jsou k dispozici v příloze „Nápověda systému IMDISP“. Příklad stručného návodu pro uživatele implementace systému lokalizace poruch metodou V-dip na bázi platformy SCADA Mikrodispečink / IMDISP je uveden v příloze „Obsluha dispečerského pracoviště systému Vdip“.

6. POPIS KOMUNIKAČNÍHO A PARAMETRIZAČNÍHO SW RTU

Parametrizační SW s názvem RTU Uživatelské Centrum pracuje se stromovou strukturou konfiguračních dat sestavy DMU, kde jsou každé komponentě či kanálu přiřazeny požadované parametry a mapování (adresy). Tyto parametry jsou na povel přeneseny do vzdálené DMU, která po dokončení přenosu a zavedení nových parametrů již pracuje s novým nastavením. Na dálku je možné provádět veškerý monitoring a správu zařízení včetně update firmware.





Obr. č. 6.1: RTU Uživatelské Centrum

Podrobnější informace o parametrizačním SW jsou k dispozici v příloze „Uživatelská příručka parametrizační SW RTU“.

Kromě základních systémových součástí jako je napájecí zdroj a komunikační karta je v konfiguračním stromu DMU zařazena také měřicí karta PQM-A. Na straně RTU jsou zde namapovány zvolené kanály měření a signalizace z vnitřních registrů karty, které je možno dále předávat do nadřazeného systému pomocí standardních komunikačních protokolů.

7. POPIS KOMUNIKAČNÍHO A PARAMETRIZAČNÍHO SW PQM-A

Program ENVIS je dodáván spolu s podporovanými měřicími přístroji a analyzátory kvality elektrické energie. Uživatelé poskytují jednoduchý nástroj pro konfiguraci a správu měřících přístrojů, přenos dat do PC a jejich následovné zpracování. Data načtená z přístrojů jsou archivována do SQL databáze nebo binárních souborů. Je možno je následně exportovat do běžných formátů jako XML, CSV, PDF, HTML a dalších.

Program dále nabízí možnost on-line sledování aktuálního stavu přístroje a poskytuje základní nástroje pro vizualizaci a analytické zpracování uložených historických dat.

Instalace programu ENVIS obsahuje následující komponenty:

ENVIS ... software pro analýzu archivovaných naměřených dat. Umožňuje zobrazení záznamů v grafu a tabulkách, tvorbu reportů, vyhodnocování kvality, energy management a export dat. Pro plnou funkčnost programuje třeba, aby na počítači byl instalován databázový server a byla přístupná alespoň jedna databáze.

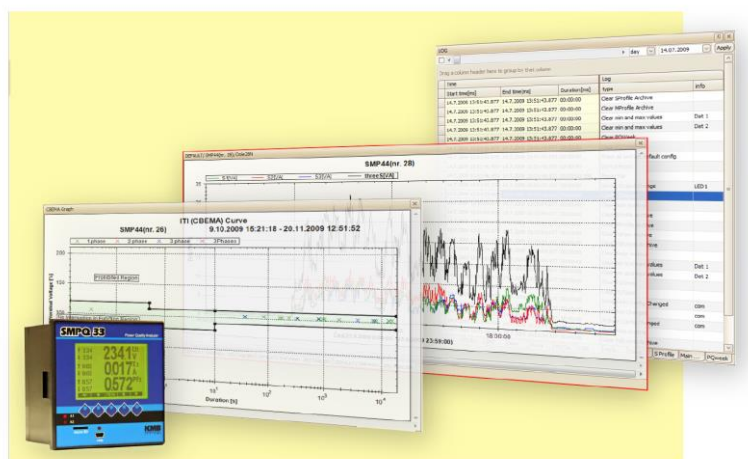
ENVIS.Daq (Data Acquisition) ... pro konfiguraci přístrojů, vyčítání naměřených dat a export dat do různých formátů. Vyčítání dat může být vyvoláno



z programu ENVIS volbou v menu nebo ze seznamu zařízení nebo přímo spuštěním programu ENVIS.Daq v samostatném režimu.

ENVIS.Online ... volitelně licencovaná systémová služba pro automatickou archivaci dat. Pro účely testování je v základu možno využívat dva měřící přístroje bez licence.

UpgradeTool ... slouží k aktualizaci firmware podporovaných přístrojů přes rozhraní USB nebo Ethernet.



Obr. č. 7.1: SW ENVIS

Pro vzdálenou správu karty PQM-A prostřednictvím SW ENVIS je využíván transparentní virtuální komunikační kanál poskytovaný za tímto účelem RTU jednotkou.

Podrobnější informace o parametrizačním SW jsou k dispozici v příloze „Uživatelská příručka parametrizační SW PQM-A“.

Podle typu aplikace (MZSP nebo MZSN) je nutno provést nastavení karty PQM-A do příslušného provozního režimu v rámci systému V-dip.

8. SPECIFICKÉ MODULY V-DIP

Pro účely implementace systému pro lokalizaci poruch na bázi metody V-dip byla platforma SCADA Mikrodispečink / IMDISP doplněna o dále uvedené nové či modifikované moduly. K funkčnímu provázání se zbytkem systému bylo použito zejména otevřené rozhraní modulu „virtual RTU“ spolu s přímým přístupem na datový server systému SCADA Mikrodispečink.

8.1. Modul pro vytvoření numerického modelu sítě

Tento modul vytváří numerický model řešené sítě na základě dat o síti poskytnutých distributorem. Model je založen na datech o jednotlivých prvcích sítě z GIS a RIS distributora. Použití dat z GIS je výhodné skrze možnost vizualizace místa poruchy, viz kapitola **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů..**



Pro správnou funkčnost metody je nutné mít validní data o topologii sítě, která lze vygenerovat z exportu (ve formátu XML) z GIS systému PDS. Export musí obsahovat klíčové údaje o konektivitě prvků, typech jednotlivých vedení a souřadnicích všech bodů. Souřadnice jsou následně přepočteny do globálního souřadnicového systému GPS. Aktuální stavy spínačů jsou načteny z RIS distributora. Vlastní modul využívá pro vytvoření numerického modelu unifikovaného tzv. zaváděcího souboru, který obsahuje v jasně definované struktuře veškerá potřebná data. Konverze exportu topologie soustavy poskytované PDS do zaváděcího souboru je řešena individuální cestou. Tento modul neobsahuje žádná uživatelská nastavení.

8.2. Komunikační brána "a parametrizační SW pro distribuovanou měřicí jednotku"

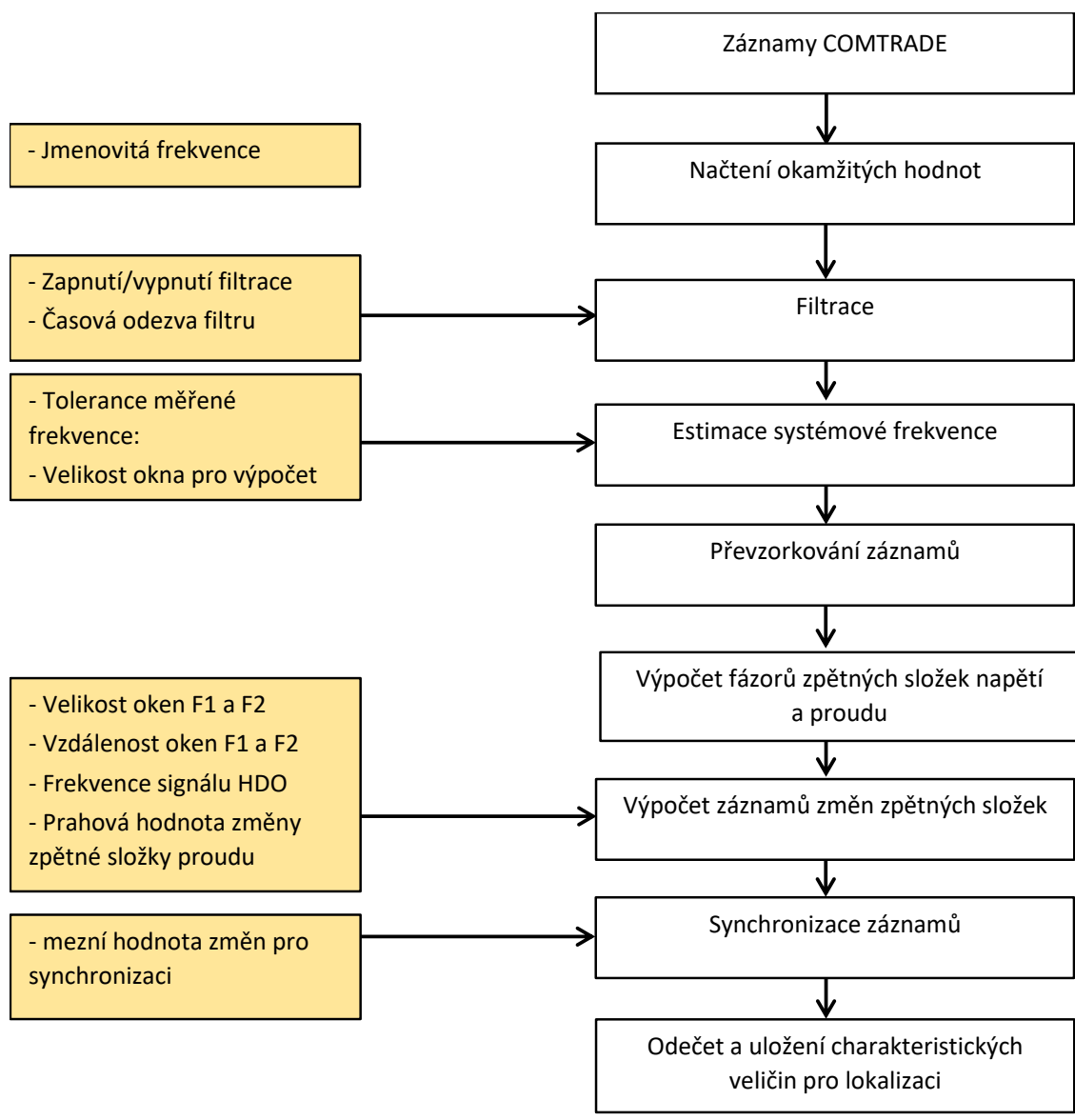
Komunikační a parametrizační SW popsané v kapitolách 6 a 7 byly pro účely podpory systému V-dip proti původnímu standardu rozšířeny o podporu příslušných konfiguračních tabulek, funkcí, komunikačních protokolů a přenášených dat. V rámci balíku V-dip jsou k dispozici šablony pro parametrizaci DMU V-dip ready ve funkci MZSN nebo MZSP a jejich začlenění do databáze zařízení obsluhovaných RTU Komunikátorem. Součástí šablon je mapování dat z karty PQM-A do datového prostoru RTU jednotky a následně do komunikačního kanálu směrem na nadřazený systém (centrálu V-dip). Konfigurační šablony samotné karty PQM-A jsou proti běžným analyzátorů kvality rozšířeny o parametry nastavující funkce MZSN a MZSP, stejně tak záznamy událostí uchovávané na kartě obsahují nový typ události spojený z popudy algoritmů V-dip. Za účelem stahování záznamů z DMU pro další zpracování subsystémem V-dip je doplněna služba pro rychlé stažení datových souborů a mechanismus pro jejich jednoznačnou identifikaci a přiřazení ke konkrétní poruchové události.

Kromě podpory samotných DMU V-dip ready byl RTU Komunikátor rozšířen o podporu obousměrných komunikačních kanálů, což umožňuje přímé obousměrné napojení aplikačního serveru V-dip do komunikačního koncentrátoru nadřazeného dispečerského systému. Systém V-dip tak sbírá data ze „svých“ DMU, vyhodnocuje poruchy a veškerá přímo získaná i vyhodnocená data následně jedním kanálem předává systému vyšší úrovně, ze kterého současně v opačném směru komunikace získává stavová topologická data.

8.3. Modul pro optimalizaci vstupních dat "obdržených ze systémů SCADA/DMS/GIS/TIS"

Tento modul slouží ke zpracování pořízených poruchových záznamů COMTRADE z monitorů napětí a monitoru proudu. Výstupem modulu jsou spočítané charakteristické veličiny pro použití lokalizační metody Vdip, tedy synchronně odečtené hodnoty maximálních změn zpětných složek napětí a proudu. Modul se skládá z několika na sebe navazujících výpočetních bloků, jejichž chování lze definovat pomocí uživatelsky volených parametrů. Zjednodušený proces výpočtu je zobrazen ve vývojovém diagramu. V pravé části je zachycen proces pomocí jednotlivých bloků, v levé části jsou uživatelské vstupy do algoritmu, viz jejich popis níže.





Nastavení některých parametrů se liší podle typu poruchového záznamu: zemní spojení (SET 1) a zkrat (SET 2). Defaultní hodnoty nastavení těchto parametrů jsou shrnuty v tabulce níže.

Jmenovitá frekvence: Systémový parametr, který má zásadní vliv na výpočet fázorů. Standardně je nastavena na 50 Hz. Jmenovitá frekvence je používána v několika výpočetních blocích.

Frekvence signálu HDO: Parametr, který se může lišit podle distributora a distribuční oblasti, ve které je síť provozována. Jeho správné nastavení umožní odfiltrout negativní dopad rušení signálu základní harmonické vlivem vysílání HDO, což vede ke zpřesnění výpočtu.

Zapnutí/vypnutí filtrace. Pro déle trvající poruchy (SET 1) je možné zařadit digitální filtraci, která zpřesní výpočet. Pro poruchy typu zkrat (SET 2) nelze kvůli časovému zpoždění filtru filtraci použít.



Časová odezva filtru: Pouze pro případ zapnuté filtrace. Nastavuje se v počtu period základní harmonické. Pro defaultní navržený filtr je doporučena defaultní hodnota 5. Nastavená hodnota určuje, kolik prvních period záznamu bude odstraněno – nižší hodnoty mohou zapříčinit zkreslení začátku záznamu vlivem filtru, vyšší hodnoty mohou odstranit validní data.

Tolerance měřené frekvence: Hodnota v procentech ze jmenovité hodnoty frekvence, která vymezuje oblast změřených okamžitých hodnot frekvence, které vedou k estimaci systémové frekvence. Hodnoty mimo toleranci nejsou pro výpočet uvažovány, což vede k chybě estimace, především vlivem přechodných jevů.

Velikost okna pro výpočet frekvence: Tento parametr se udává v počtu period základní harmonické a stanovuje velikost výpočetního okna pro hodnoty okamžité frekvence napříč záznamem. Vyšší hodnoty mohou být více zkreslené přechodnými jevy, nižší hodnoty používají méně vzorků a estimovaná hodnota se může pak více lišit od reality.

Zapnutí/vypnutí převzorkování: Při zapnutém stavu je záznam převzorkován dle estimované hodnoty frekvence, při vypnutém stavu je vzorkování fixní a odpovídá vzorkování záznamu COMTRADE. Převzorkování snižuje chybu fáze a je doporučeno pro oba sety.

Velikost oken F1 a F2: Velikost oken se nastavuje v počtu period základní harmonické. Pro maximální potlačení vlivu frekvence HDO a optimální výsledky změn zpětných složek jsou doporučeny hodnoty odpovídajícím celistvému násobku 1,5 periody, tzn. 1,5; 3; 4,5 nebo 6 period. Velikost oken určuje počet vzorků záznamu, ze kterých je počítána průměrná hodnota. Doporučené nastavení se liší pro SET1 a SET 2.

Vzdálenost oken F1 a F2: vzdálenost oken se nastavuje pomocí celočíselného násobitele D, který udává kolikrát je vzdálenost mezi okny větší než jejich velikost. Stejně jako velikost oken určuje průběh vypočtených změn. Doporučené nastavení se liší pro SET1 a SET 2.

Prahová hodnota změny zpětné složky proudu: Pro každý instalovaný monitor napětí se individuálně nastavuje prahová hodnota změny zpětné složky proudu, která je závislá na místě instalace a charakteru zátěže. Tento parametr umožňuje odfiltrovat vliv zátěže, což zamezí falešné indikaci poruchy a pořízení záznamů.

Mezní hodnota změn pro synchronizaci: Udává minimální hodnotu procentuální změny zpětné složky napětí/proudu, která bude využita pro korelaci jednotlivých záznamů za účelem jejich časové synchronizace.



parametr	jednotka	Základní nastavení		rozsah hodnot
		SET1	SET2	
Jmenovitá frekvence	Hz	50	50	50
Frekvence signálu HDO	Hz	216,66	216,66	216,66/183,33/213,33/dle oblasti
Zapnutí/vypnutí filtrace	1/0	1	0	1/0
Časová odezva filtru	per	5	-	4 až 8
Tolerance měřené frekvence	%	1	1	0,2 až 2
Velikost okna pro výpočet frekvence	per	5	5	1 až 10
Velikost oken F1 a F2	per	3	1,5	1,5/3/45/6 pro SET1 1,5 pro SET2
Vzdálenost oken F1 a F2	-	6	2	2 až 10
Prahová hodnota změny zpětné složky proudu	A	dle nastavení MZSN		1 až 500
Zapnutí/vypnutí převzorkování	1/0	1	1	1/0
Mezní hodnota změn pro synchronizaci	%	20	20	0 až 80

8.4. Modul pro určení pravděpodobnosti výskytu nesymetrické poruchy

Tento modul je využit ke stanovení pravděpodobnosti vzniku poruchy pro jednotlivé elementy soustavy dle postupu uvedeného v kapitole 3.1. S ohledem na parametrizaci tohoto modulu jsou definovány tyto vstupní proměnné:

Elementace: Tento parametr definuje velikost elementu Δ , který definuje citlivost pro stanovení místa poruchy, viz kapitola 3.1.

Uvažovat admitance: Parametr, který umožňuje deaktivovat ve výpočtu vliv příčných admitancí soustavy VN. Jeho aktivace je vhodná v případě venkovních vedení, kde úrovně příčných admitancí nejsou známy.

Proudová korekce: V případě, že jsou uvažovány příčné admitance VN soustavy, umožňuje tato korekce zpřesnit změřenou změnu zpětné složky proudu o svodové proudy soustavy. Pro nastavení této proudové korekce je nutná znalost celkového svodu soustavy a monitorovaného vývodu (je vyčíslen z parametrů vývodu), V případě, že je kapacita monitorovaného vývodu zanedbatelné, je doporučeno korekci vypnout.



Max počet MZSN: Parametr omezující počet změn obdrženy z MZSN, které vstupují do výpočtu lokalizace poruchy. V rámci tohoto omezení jsou uvažovány pouze změny s nejvyšší hodnotou a tedy i váhou pro výpočet.

Zsn tolerance: Udává maximální přípustnou chybu mezi změřenou impedancí síťového napáječe a napájecího transformátoru a spočtenou hodnotou. V případě, že je procentuální rozdíl vyšší než uvedená hodnota tolerance, je pro vstup do výpočtu uvažována hodnota spočtená, která je brána jako referenční.

DU2ph: Je prahová hodnota změny zpětné složky napětí, která je stanovena pro jednotlivé monitory napětí. Změny zpětné složky napětí jednotlivých MZSN, které jsou nižší než tato popudová hodnota, nejsou využity pro lokalizaci poruchy.

Rozsah nastavení a výchozí/doporučené hodnoty vstupních parametrů jsou uvedeny v tabulce níže.

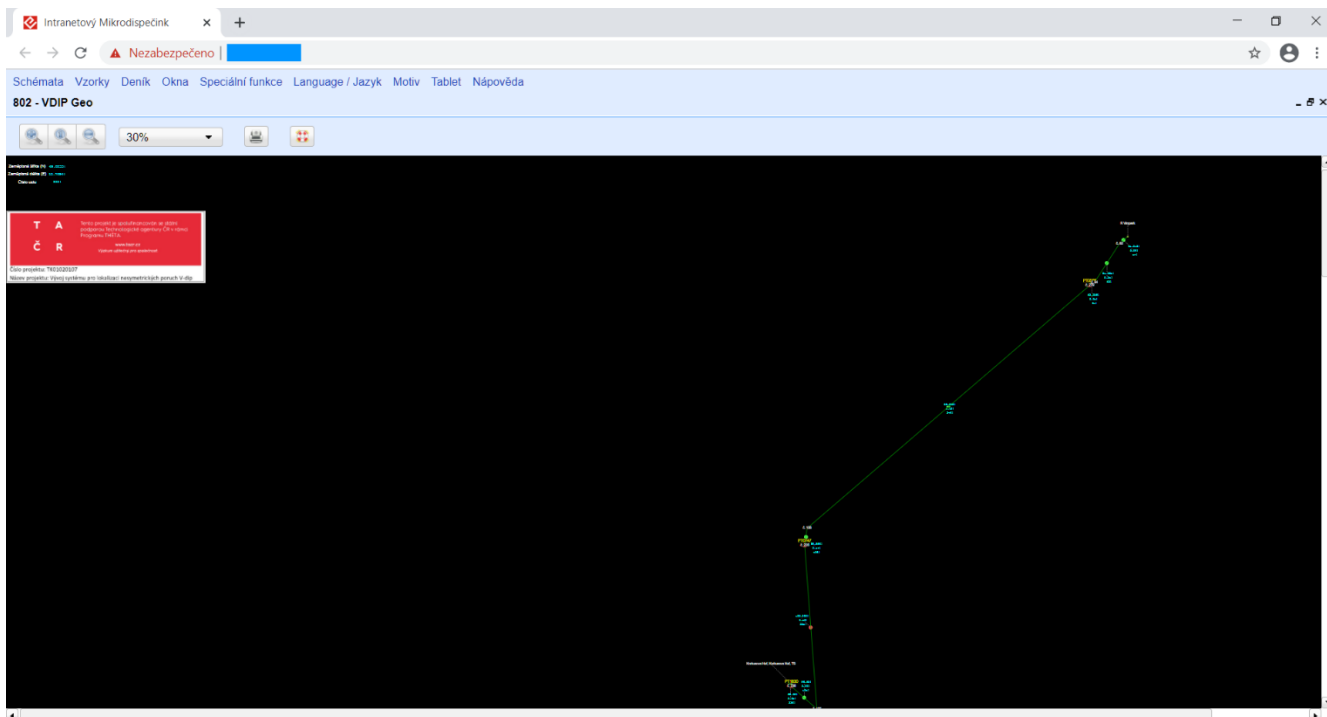
parametr	jednotka	základní nastavení	rozsah
Elementace	km	0,2 km	0,1 až 2
Uvažovat admittance	-	ANO	ANO/NE
Proudová korekce	-	NE	ANO/NE
Max počet MZSN	ks	4	1 až max(MZSN)
Zsn tolerance	%	5%	1 až 100%
DU2ph	V	dle nastavení MZSN	0,1 až 100V

8.5. Modul pro vizualizaci místa poruchy

Pro vizualizaci místa poruchy v rámci prostředků nabízených přímo SW balíkem V-dip bylo využito technologických základů platformy SCADA Mikrodispečink spolu s webovým rozhraním IMDISP. Tato platforma disponuje grafickým editorem vizualizačních schémat, „tlustým klientem“ pro jejich zobrazení na PC přímo zapojeném do sítě s aplikačním serverem (tedy i přímo na serveru) a hlavně webovou aplikací pro snadné zobrazení na libovolném zařízení s webovým prohlížečem a základním datovým spojením s aplikačním serverem.

Pro usnadnění přípravy vizualizačních schémat, ve kterých je následně indikován úsek s poruchou, vzdálenost poruchy od uzlu i GPS souřadnice předpokládaného místa poruchy, jsou připraveny příslušné šablony a současně též importní nástroj, který schéma vygeneruje na základě dat dodaných ze systému GIS (nebo modelu sítě).





Obr. č. 8.5.1: Schéma sítě a zobrazení souřadnic

Vhledem k tomu, že u rozsáhlejších schémat není možno obsáhnout celou topologii na jednom zobrazovači v dostatečné úrovni detailu, a současně by takové zobrazení nebylo za běžného provozu dostatečně přehledné, používá se jako výchozí obrazovka tzv. „Dispečerský deník“, do kterého se zapisují poruchové události a výsledky jejich vyhodnocení (na nové události je upozorňováno). Ze záznamu v deníku je pak možno přenést se přímo do vizualizačního schématu v místě úseku s poruchou, aniž by bylo nutné jej ručně vyhledávat a zoomovat. Bližší informace o způsobu práce s uživatelským rozhraním jsou uvedeny v příloze „Obsluha dispečerského pracoviště systému Vdip“.

Kromě základní funkcionality spojené s indikací místa poruchy jsou k dispozici také šablony pro přehledné zobrazení měřených hodnot na jednotlivých DMU s možností snadného vyvolání historického grafu pro každou z těchto hodnot. Pro diagnostické účely je pak k dispozici přehledové tablo zobrazující stav jednotlivých DMU a jejich případný výpadek.

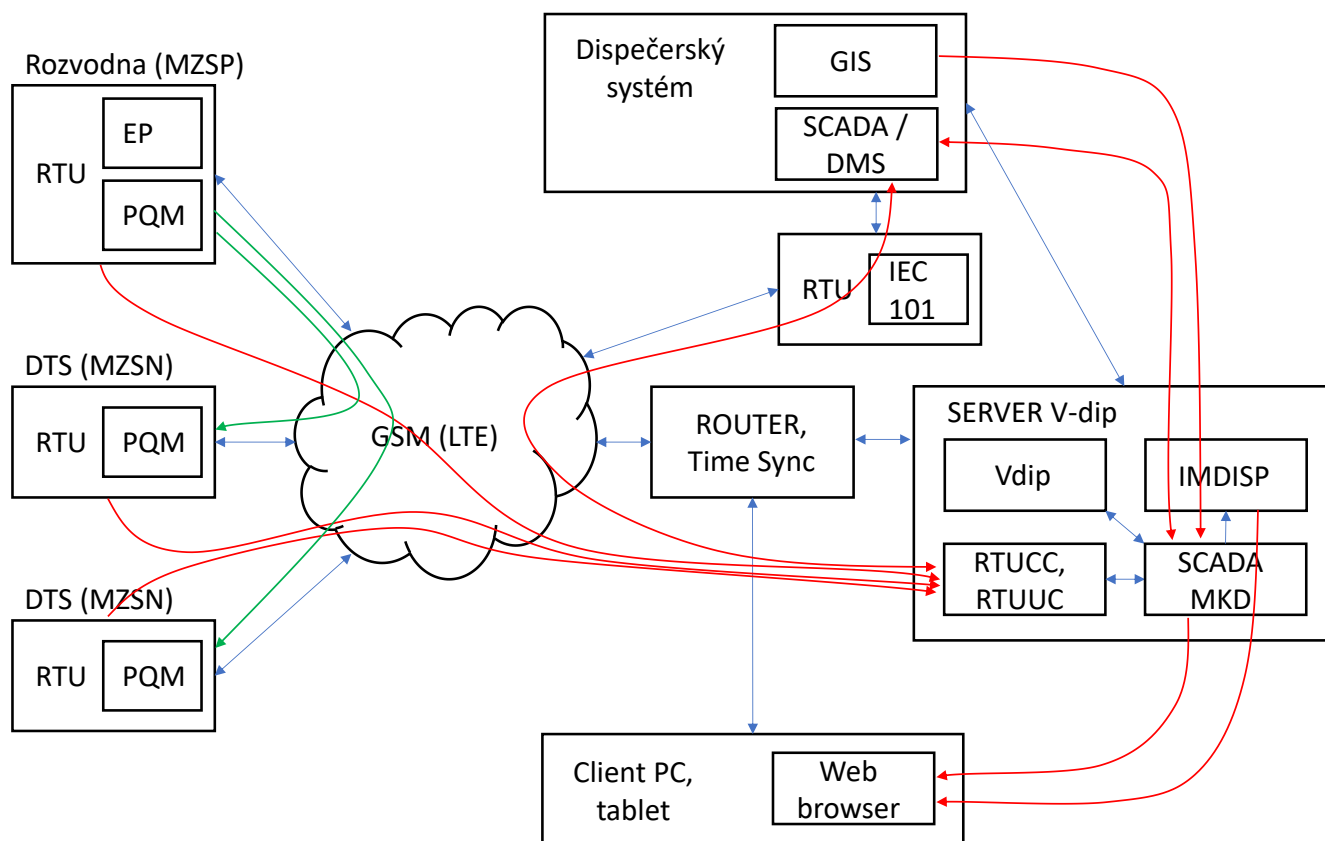
9. VZOROVÁ KONFIGURACE SYSTÉMU

Vzorová konfigurace nasazená v rámci pilotního provozu pokrývala svým rozsahem jeden vývod VN z rozvodny 22kV a z něj napájený segment nadzemního vedení distribuční sítě umístěný v poměrně členitém terénu, přičemž v závislosti na stavu spínacích prvků mohla výsledná topologie nabývat vícero stavů s odlišným chováním při poruše.

Ověřovací systém zahrnoval jednu sestavu DMU V-dip ready nasazenou v roli MZSN na vývodu v rozvodně a cca dvacet sestav DMU V-dip ready instalovaných v distribučních trafostanicích rozmístěných tak aby bylo zajištěno pokrytí sledovaného segmentu distribuční sítě. Pro komunikaci byl zvolen bezdrátový přenos prostřednictvím mobilní sítě GSM/LTE (vyhrazený segment v rámci privátní APN).



Centrální jednotkou systému V-dip byl jeden aplikační server, na kterém byla provozována kompletní platforma a všechny nadstavbové moduly V-dip. Pro zajištění aktuálních stavových topologických informací a současně k přenosu výsledků vyhodnocení byla realizována konektivita se systémy aplikačního garanta (Dispečerský systém).



Obr. č. 9.1.1: Blokové schéma systému s vyznačenými datovými toky

Pro účely vizualizace byla do systému vzdáleně připojena klientská stanice v podobě „tablet PC“, a to prostřednictvím vlastního vestavěného LTE modemu.

Díky řešení založenému na modulární koncepci lze systém široce škálovat a propojovat s dalšími zdroji dat i navazujícími technologiemi. Po úspěšném provozním ověření bude možno systém aplikovat na mnohem větším území s řádově vyšším počtem stanic DMU a stejně tak vyšším počtem současně obsluhovaných vývodů.

10. PŘÍKLAD INTEGRACE SE SYSTÉMY TŘETÍCH STRAN

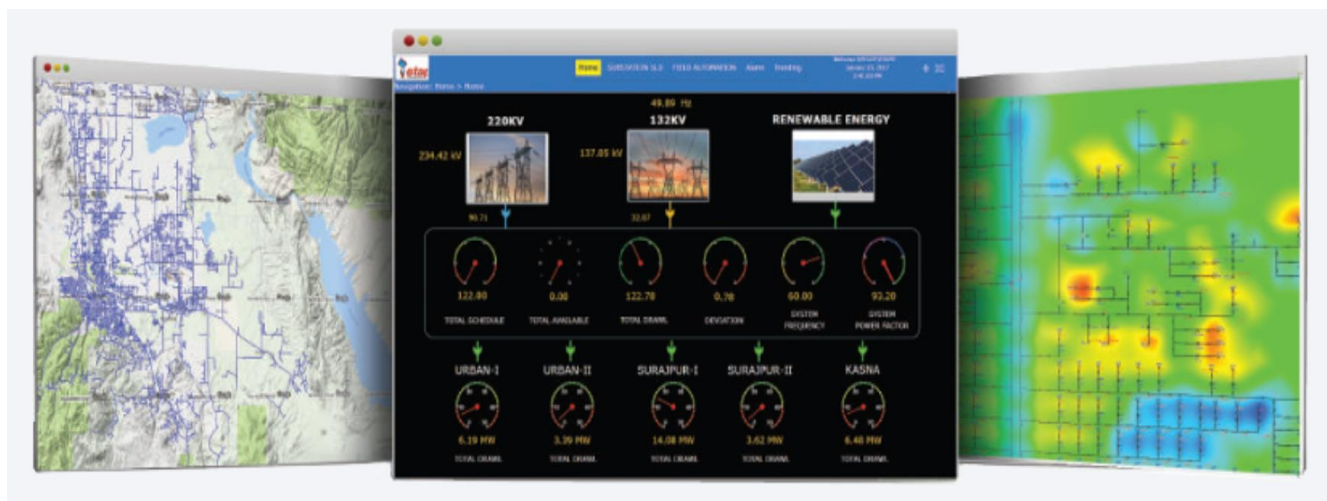
Pro přípravu potřebných rozhraní a prezentaci způsobu nasazení, kdy je platforma SCADA Mikrodispečink spolu se SW moduly V-dip nasazena jako komponenta většího dispečerského systému, byl zvolen systém ETAP ADMS.

S využitím takto ověřených technologií je možno sestavu systému V-dip integrovat s celou řadou dalších dispečerských systémů, které podporují otevřené standardy pro výměnu dat.



10.1. SW ETAP ADMS – stručný popis

ETAP ADMS poskytuje nezbytné kritické aplikace pro efektivní, spolehlivé a bezpečné řízení, vizualizaci a optimalizaci provozu distribučních sítí. Systém je založen na vysoce realistickém modelu rozvodné sítě (digitální dvojče), který uživatelům dává přesný přehled o provozních podmínkách celku i jednotlivých větví, a to jak v reálném čase, tak v rámci pokročilých analýz a simulací.



Obr. č. 10.1.1: Ilustrační obrázek prostředí ETAP ADMS

Společnost ELVAC je autorizovaným systémovým integrátorem systému ETAP ADMS, který byl zvolen jako platforma pro vzorovou integraci systému lokalizace poruch V-dip s dispečerskými systémy třetích stran. Bližší informace o systému ETAP ADMS jsou k dispozici zde:

<https://etap.com/solutions/advanced-distribution-management-system>

10.2. Import/export konfiguračních dat

Pro výměnu informací o zapojení rozvodné sítě spolu s návazností na geografické umístění a rozměry (délky úseků) byl zvolen formát XML založený na standardu CIM. Systém SCADA Mikrodípečink byl doplněn o možnost exportu topologických dat v tomto formátu. Vzhledem k absenci geografických dat v systému SCADA Mikrodípečink je nutné exportovaná data doplnit o mapové podklady získané z dalších systémů. Tyto podklady jsou následně importovány do systému ETAP. Pro účely spárování modelu v systému ETAP s reálnými daty ze systému SCADA Mikrodípečink je využito exportu/importu konfiguračních dat z komunikačních databází.

Pro účely systému V-dip byl systém SCADA Mikrodípečink s nadstavbou V-dip doplněn také o podporu importu topologických dat ve formátu MS Excel. Data v tomto formátu by mělo být možno získat či konvertovat z většiny dispečerských systémů třetích stran.



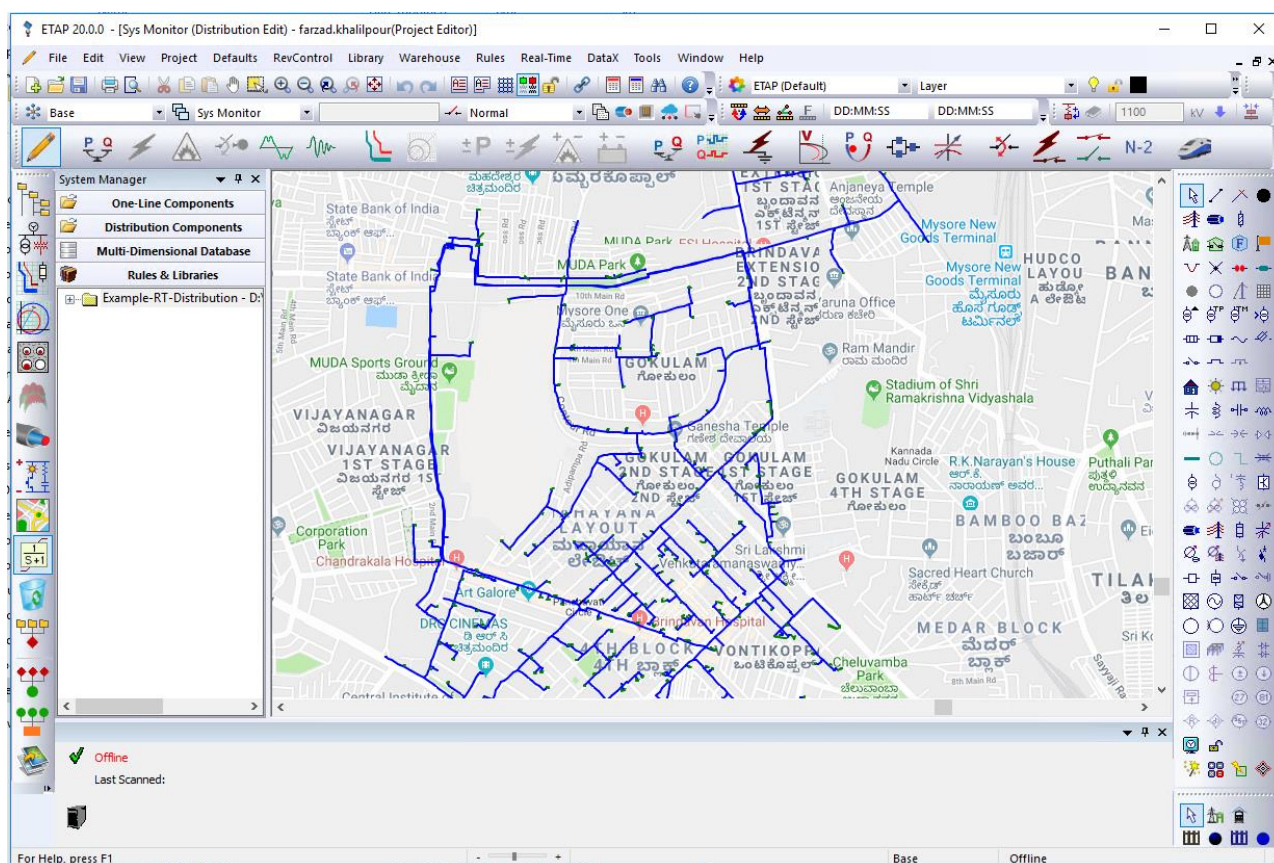
10.3. Import/export stavových dat a měření

Pro přenos informací o aktuálním stavu sítě (binární signály a měření) je možno použít některý z řady standardizovaných komunikačních protokolů využívaných v energetice. V rámci vzorové integrace je použit protokol IEC 60870-5-104, který je možno pro účely plného oddělení komunikačních sítí (z bezpečnostních důvodů) konvertovat na IEC 60870-5-101 s přenosem pomocí sériové linky (např. s využitím komunikační jednotky RTU7MC3). Jak již bylo uvedeno v předchozí kapitole, ke spárování modelu v systému ETAP s reálnými daty ze systému SCADA Mikrodispečink je využito exportu/importu konfiguračních dat z komunikačních databází.

Pro dynamickou výměnu stavových veličin je perspektivním rozhraním také standard OPC UA, který byl také úspěšně testován.

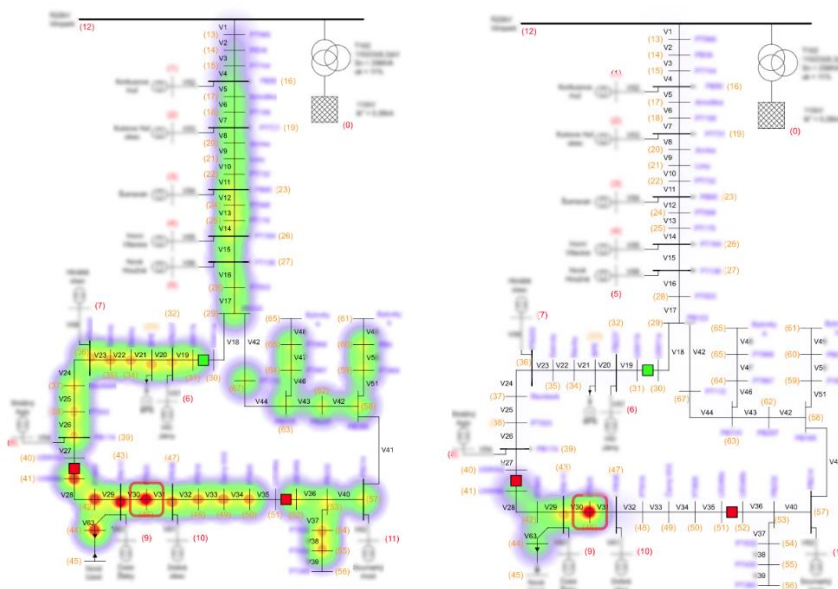
10.4. Příklad vizualizace dle vzorové konfigurace

S ohledem na charakter informace typu „poloha místa s poruchou“ je vhodné prezentovat výsledek jako konkrétní vyznačené místo na vedení, nejlépe rovnou v kombinaci s mapovými podklady a geografickými informacemi. V systému ETAP k tomuto účelu slouží tzv. „geospatial view“, tedy pohled, který kombinuje podklady ze systému GIS spolu s topologickými a provozními informacemi distribučních vedení.



Obr. č. 10.4.1: Příklad vizualizace v prostředí ETAP ADMS

Na základě doplňkových hodnot o pravděpodobnosti poruchy v každém z úseků sledovaného vedení, které poskytuje systém V-dip, je možno prezentovat výsledky také v podobě tzv. „heatmapy“, která příslušným odstínem dle barevné škály zvýrazňuje místa s vyšší pravděpodobností možného výskytu poruchy. Díky tomu má dispečer přehled o všech „podezřelých místech“, jejich počtu a délce vedení, kterou je třeba prověřit v případě, kdy jsou rozdíly mezi místem s nejvyšší vypočítanou pravděpodobností a ostatními úseky, u kterých vychází pravděpodobnost také vysoká, velmi malé a přesné místo poruchy nelze dostatečně přesně odlišit od těch ostatních díky reálně omezené dosažitelné přesnosti měření i drobným odchylkám mezi modelem sítě a reálným vedením ve venkovním prostředí.



Obr. č. 10.4.2: Příklad heatmapy pro dva různé případy vyhodnocení poruchy

Kromě informací spojených s lokalizací poruchy (úsek, vzdálenost, GPS souřadnice, pravděpodobnostní mapa) může systém V-dip poskytovat řadu dalších měření (napětí, proudy, výkony), která nabízí karta PQM-A (tedy včetně kompletních údajů o kvalitě elektřiny) – tyto údaje lze následně předávat k dalšímu zpracování a vizualizaci i několika systémům a účelům současně, přičemž konkrétní prezentace dat je již závislá pouze na těchto cílových systémech.

11. PŘÍLOHY

Uživatelská příručka SCADA MikroDispečink (standardní verze)

Ke stažení zde: <https://www.rtu.cz/domu/produkty/sw-reseni-scada-dms-/scada-mikrodispecink>

Nápověda systému IMDISP (standardní verze)

Ke stažení zde: http://support.elvac.eu/Vdip/Prilohy/IMDISP_userdoc/cs/index.html

Obsluha dispečerského pracoviště systému Vdip (z projektu V-dip)

Ke stažení zde: http://support.elvac.eu/Vdip/Prilohy/Obsluha_dispecerskeho_pracoviste_systemu_Vdip.pdf



Uživatelská příručka parametrizační SW RTU (standardní verze)

Ke stažení zde: [http://support.elvac.eu/Vdip/Prilohy/Uživatelská příručka parametrizační SW RTU.Manual CSY.pdf](http://support.elvac.eu/Vdip/Prilohy/Uzivatel'ska_přiručka_parametrizační_SW_RTU.Manual_CSY.pdf)

Uživatelská příručka parametrizační SW PQM-A (standardní verze)

Ke stažení zde: [http://support.elvac.eu/Vdip/Prilohy/Uživatelská příručka parametrizační SW PQM-A.ENVIS_1.1-Uživatelska_přiručka-cze.pdf](http://support.elvac.eu/Vdip/Prilohy/Uzivatel'ska_přiručka_parametrizační_SW_PQM-A.ENVIS_1.1-Uzivatel'ska_přiručka-cze.pdf)

