

Číslo projektu: TK04020230  
Název projektu: Vývoj systému pro autonomní analýzu  
poruchových záznamů v distribučních soustavách

Tento software systému FRA byl vytvořen se státní podporou  
Technologické agentury ČR v rámci Programu THÉTA.



## DOKUMENTACE FUNKČNÍHO VZORKU systému FRA



---

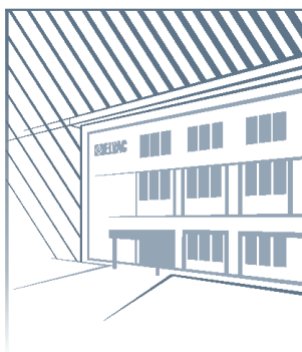
Připraveno pro	Technologickou agenturu České republiky
Číslo dokumentu	ES-FV-TACR_FRA_CS-20250128
Datum	28.1.2025
Verze	1.1
Počet stran	1/16

---

---

# DOKUMENTACE FUNKČNÍHO VZORKU systému FRA

---



**ELVAC SOLUTIONS s.r.o.**  
Hasičská 53  
700 30 Ostrava-Hrabůvka  
[www.elvac.eu](http://www.elvac.eu)

Technická podpora:  
+420 597 407 507

---

Veškeré informace obsažené v tomto dokumentu zůstávají pouze a výlučně vlastnictvím společnosti ELVAC SOLUTIONS s.r.o. a nesmí být příjemcem zveřejněny třetí straně bez předchozího písemného souhlasu společnosti.

All information contained in this document remains the sole and exclusive property of ELVAC SOLUTIONS LTD. Company and shall not be disclosed by the recipient to third persons without the prior written consent of the Company.

**ZMĚNOVÝ LIST**

Verze	Datum	Popis	Autor
1.0	10.12.2024	První vydání	Ondra J. Hajdušek R.
1.1	28.01.2025	Drobné úpravy před zveřejněním	Ondra J.

**AUTORIZACE**

Verze	Quality Manager / Datum	Project Manager / Datum
V 1.1	Mgr. Roman Gryc / 28.1.2025	Ing. Hajdušek René / 28.1.2025

Verze	Zákazník / Datum
V 1.1	

# Obsah

Vymezení rozsahu systému FRA.....	5
1. Popis funkčního vzorku systému FRA .....	6
2. Návrh konfigurace HW a SW .....	7
3. Návrh komunikační infrastruktury .....	8
3.1 Řešení pro fázi vývoje, ladění a testování .....	8
3.2 Řešení pro fázi poloprovozu.....	9
3.2.1 Základní blokové komunikační schéma poloprovozu .....	9
3.2.2 Reálné umístění částí systému FRA v rámci poloprovozu .....	11
4. Instalace a konfigurace HW a SW .....	13
5. Instalace, konfigurace a zprovoznění SW .....	14
Ověření a ladění funkčního vzorku .....	15

# Vymezení rozsahu systému FRA



Softwarový balík **FRA** je webová a konfigurační desktopová aplikace, která umožňuje sledování poruch elektrických vedení.

Softwarový balík **FRA** je určen pro operační systém Windows.

Systém **FRA** slouží k monitorování, analýze a správě poruchových událostí v elektrických sítích. Umožňuje zobrazit seznam všech zaznamenaných poruch, které jsou přehledně uspořádány v tabulce s možností filtrování a řazení podle různých parametrů. Detailní informace o každé události zahrnují data potřebná k její lokalizaci a popisu, což usnadňuje identifikaci příčin a následků poruch. Systém tak poskytuje uživatelům nástroje pro efektivní analýzu a řešení problémů v síti.

Kromě správy jednotlivých událostí nabízí systém také statistické přehledy, které pomáhají identifikovat vzorce poruch a jejich geografické rozložení. Tyto statistiky zahrnují například četnost poruch, účinnost automatického opětovného zapínání a vizualizaci výskytu poruch na mapě. Díky těmto funkcím přispívá systém ke zlepšení spolehlivosti, optimalizaci údržby a zvýšení provozní odolnosti elektrických sítí.

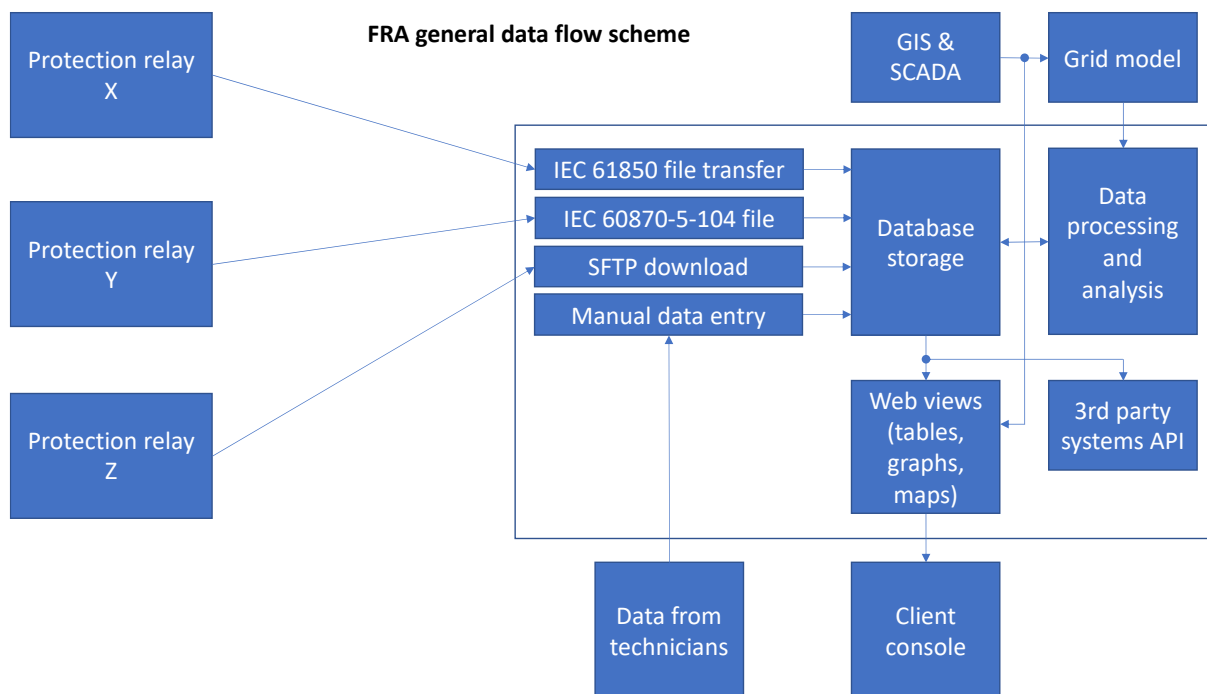
## Kontakt:

ELVAC SOLUTIONS s.r.o.  
člen skupiny ELVAC  
Hasičská 53  
700 30 Ostrava – Hrabůvka  
ČESKÁ REPUBLIKA  
[solutions@elvac.eu](mailto:solutions@elvac.eu)  
[www.elvac.eu/solutions](http://www.elvac.eu/solutions)

# 1. Popis funkčního vzorku systému FRA

Funkční vzorek systému FRA má za cíl obsáhnout v celé šíři schopnosti systému pro centralizaci a analýzu poruchových záznamů, zejména pro účely ověření plné funkcionality, ale také pro demonstraci schopností potenciálním zájemcům o nasazení v jejich rozvodné síti. V rámci realizace projektu pak komponenty funkčního vzorku sloužily v první fázi pro vývojové účely a dílčí ověřování funkcionalit, v závěru projektu pak byl funkční vzorek zapojen do poloprovozu v reálné rozvodné síti.

Pro účely vývoje, testy a ověřování je v rámci funkčního vzorku řešeno několik různých zdrojů poruchových záznamů (digitální ochrany několika typů od několika výrobců) komunikujících vícero protokoly, pro které jsou vytvořeny v rámci systému FRA vstupní kanály a nástroje. Takto získaná data jsou následně zpracovávána, ukládána a prezentována stejným způsobem, jako by tomu bylo v reálném provozu. Pro zajištění podmínek blízkým těm provozním je tedy nutno doplnit do funkčního vzorku zjednodušený model SCADA systému, resp. emulovat jeho části navazující na systém FRA.



Výše uvedené obecné schéma naznačuje datové toky a funkční bloky podílející se na sběru, analýze a vizualizaci dat v systému FRA. Všechna uvažovaná rozhraní podporují standardizované komunikační protokoly a datové struktury, aby byla zajištěna snadná integrace se systémy dalších výrobců a integrace do stávajících řídicích center distribučních sítí.

## 2. Návrh konfigurace HW a SW

HW a SW komponenty použité pro sestavení funkčního vzorku systému FRA vycházejí z běžných standardů a technologií používaných distribučními společnostmi v oblasti energetiky (zejména v EU), přičemž tyto komponenty jsou pouze rozšířeny o stavební prvky ze SW balíku FRA a RTU jednotky doplněné o podporu stahování poruchových záznamů z ochran na rozvodnách.

Jako zdroje poruchových záznamů pro fázi ladění a testování byly vybrány dostupné digitální ochrany od světových výrobců značky SIEMENS a ABB, přičemž bylo žádoucí porovnat nejen produkty různých značek, ale také jiné produktové řady od jednoho výrobce. Pro splnění těchto požadavků se podařilo zajistit ochrany řady Siprotec 4 a 5 od firmy SIEMENS, a dále pak od firmy ABB ochranu typu REX640. Tyto tři ochrany byly dále doplněny o jednotku RTU7M v konfiguraci používané na recloserech, kde tato jednotka zastává funkci plnohodnotné digitální ochrany s možností pořízení standardních poruchových záznamů ve formátu Comtrade.

Pro buzení ochran se v rámci testování často používají generátory 3f napětí a proudů, jako např. přístroje značky OMICRON – tento přístroj pak byl při testech na VUT Brno doplněn ještě o přístroj RTDS, který dovoluje simulovat chování určitých bodů v modelu sítě v reálném čase. S ohledem na nesoulad rozsahů základních analogových výstupů systému RTDS s použitými ochranami lze v našem případě využít datového propojení mezi RTDS a ochranou pomocí protokolu IEC 61850 s podporou Sampled Values (tato podpora byla dostupná u ochrany ABB).

Mezi další prvky zařazené do funkčního vzorku patří také druhá jednotka RTU7M, v tomto případě v konfiguraci jako komunikační brána / datový koncentrátor. Zde je nasazen nově vyvinutý rozšiřující modul FW podporující stahování záznamů z ochran protokolem IEC 61850, stažené záznamy jsou uloženy v datovém prostoru RTU jednotky a následně je možný přenos do FRA serveru zvoleným způsobem (RTU jednotka podporuje SFTP a IEC 60870-5-104 file transfer). Bližší informace k podpoře stahování poruchových záznamů doplněné do RTU7M jsou k dispozici v dokumentu „Firmware RTU7M pro stahování záznamů IEC61850“ (ES-FW-TACR\_FRA\_CS-20250128).

K provozu FRA serveru s instalovaným SW balíkem FRA byl využit jeden fyzický server se dvěma virtuálními stroji s OS MS Windows. Jeden z virtuálních serverů byl vyhrazen pro SW komponenty a databázi systému FRA, druhý stroj pak pro simulaci SCADA systému (zjednodušený datový koncentrátor, komunikační nástroje, offline GIS data) a testy předávání poruchových záznamů ze systémů třetích stran prostřednictvím síleného diskového prostoru.

Pro účely zobrazení webového rozhraní systému FRA, ale také ke spuštění tlustého klienta FRA určeného k administraci, konfiguraci a diagnostice, bylo vyhrazeno běžné PC s OS MS Windows bez specifických nároků na jeho parametry.

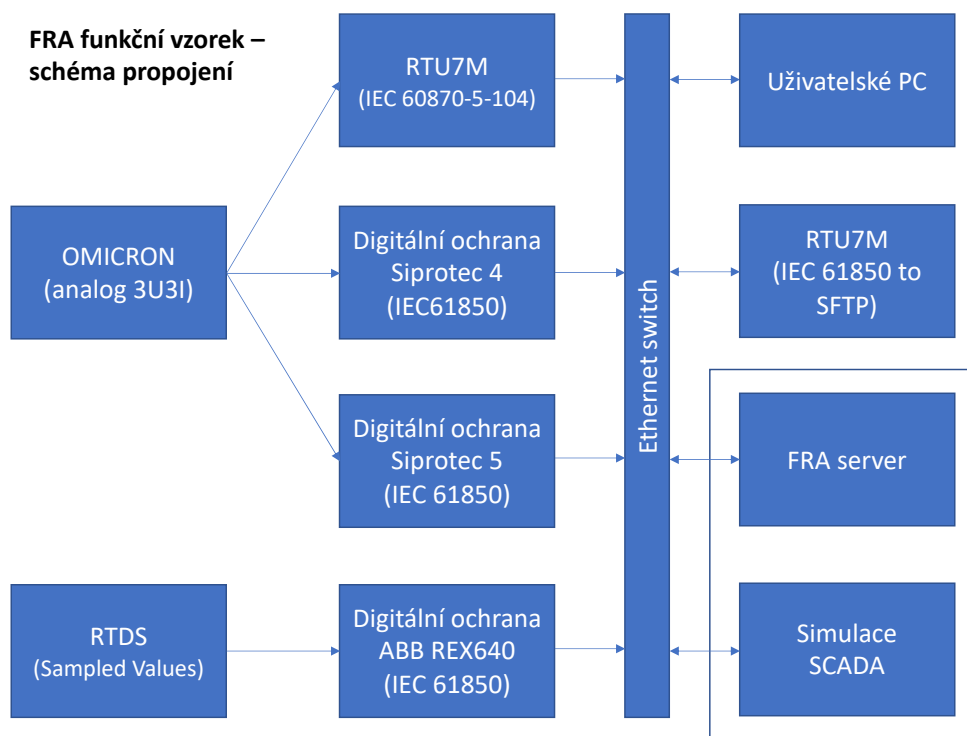
## 3. Návrh komunikační infrastruktury

Ke spuštění algoritmů pro analýzu poruchových záznamů a případnou lokalizaci poruchy systémem FRA je nutno zajistit potřebnou množinu vstupních dat v relativně krátkém čase po vzniku poruchové události. Vstupní data jsou několika typů:

- Poruchové události (signály s časovou značkou)
- Poruchové záznamy z vývodových ochran (COMTRADE)
- Topologie dotčené oblasti sítě v okamžiku vzniku poruchy (kombinace statických dat z GIS a aktuálních stavů rozpínacích prvků)

### 3.1 Řešení pro fázi vývoje, ladění a testování

S využitím HW a SW komponent popsanych v předchozí kapitole bylo sestaveno následující propojovací schéma pro účely vývoje, ladění a testování:



Zde je popis jednotlivých prvků ve schématu a jejich rolí:

#### 1. OMICRON (analog 3U3I):

Slouží jako zdroj simulovaných analogových signálů (tři napětí a tři proudy) pro testování digitálních ochran a dalších zařízení.

#### 2. RTDS (Real-Time Digital Simulator - Sampled Values):

Generuje datový tok vzorkovaných hodnot (Sampled Values) pro přenos do digitálních ochran, přičemž simuluje podmínky v reálném čase.

#### 3. Digitální ochrany:



Siprotec 4 a Siprotec 5 (IEC 61850) – Slouží jako ochranné relé pro testování funkcí ochrany, komunikují přes protokol IEC 61850, jejich vstupem je analogový signál z OMICRONu.

ABB REX640 (IEC 61850) – Další digitální ochrana, která je součástí testovací sestavy a podporuje komunikaci pomocí IEC 61850, vstupem jsou Sampled Values z RTDS.

#### **4. RTU7M:**

První RTU jednotka plní roli řídicího systému recloseru s integrovanou digitální ochranou, komunikuje přes protokol IEC 60870-5-104.

Druhá RTU jednotka působí jako komunikační brána/datový koncentrátor, který stahuje informace z digitálních ochrany přes IEC 61850 a předává je na FRA server pomocí SFTP. Jedná se o komponentu, která je součástí FRA systému (FW pro stahování záznamů protokolem IEC 61850).

#### **5. Ethernetový switch:**

Slouží jako komunikační rozhraní pro připojení všech zařízení v síti a umožňuje výměnu dat mezi jednotlivými prvky sestavy.

#### **6. Uživatelské PC:**

Poskytuje rozhraní pro ovládání, konfiguraci a monitoring celého testovacího systému.

#### **7. FRA server:**

Zajišťuje archivaci a zpracování poruchových záznamů stažených ze všech ochrany a RTU jednotek. Zde je nainstalován SW balík FRA.

#### **8. Simulace SCADA:**

Slouží k simulaci SCADA systému pro předávání signálů o vzniku poruch a stavu topologie distribuční sítě.

## **3.2 Řešení pro fázi poloprovozu**

Pro potřeby poloprovozu bylo nutno zohlednit dostupnost existujících zařízení a komunikačních kanálů v síti provozovatele distribuční soustavy (EG.D) a zajistit jejich prostřednictvím přenos potřebných dat na FRA server umístěný v datové síti společnosti ELVAC. Nezbytným aspektem návrhu řešení bylo dodržení zásad kybernetické bezpečnosti a provoz systému FRA bez negativního ovlivnění chodu provozovatele distribuční sítě.

### **3.2.1 Základní blokové komunikační schéma poloprovozu**

Schéma je barevně rozčleněno na dvě skupiny zařízení, systémů či funkčních bloků podle jejich vlastníka – modře vyznačené prvky jsou začleněny do datové sítě provozovatele distribuční soustavy (EG.D), prvky vyznačené červeně pak přísluší k datové síti společnosti ELVAC.

(pokračování na další straně)



10. Client (web browser) – výsledky analýzy poruchových záznamů včetně lokalizace poruch a doplňkových i statistických informací jsou uživatelům v EG.D dostupné přes běžný webový prohlížeč (zabezpečení přístupu jménem a heslem), použití internetového připojení

#### **Bloky v síti ELVAC (červené):**

1. RTU7MC3 (IEC 101 serial line) – komunikační jednotka pro přenos signálů ze SCADA systému EG.D, připojena do datové sítě ELVACu (přes mobilní datové připojení), spojení se SCADA přes sériovou linku (oddělení síťové komunikace z důvodu kybernetické bezpečnosti)
2. IEC 104 driver – komunikační ovladač integrovaný do SW balíku FRA
3. FRA Webservice – webová služba určená pro příjem dat poskytovaných přes „Transfer skript“, zejména tedy poruchových záznamů z ochran na vývodech z rozvodny VVN/VN
4. FRA Data Processing – algoritmy pro analýzu poruchových záznamů a lokalizaci poruch
5. FRA Database – datové úložiště obsahující jak veškerá konfigurační, topologická a poruchová data vstupující do výpočtů, tak výsledky analýzy těchto dat včetně výsledků lokalizace
6. FRA Web – webové rozhraní sloužící pro vizualizaci a třídění zpracovaných záznamů či výsledků lokalizace včetně statistických a analytických dat
7. FRA Admin SW – konfigurační a diagnostický nástroj pro nastavení systému, import podkladových dat, kontrolu interních záznamů a údržbu datových struktur

#### **Hlavní datové toky:**

Stavy odpínačů v síti, recloserů i vypínačů na vývodech jsou přenášeny standardním způsobem do SCADA systému, odtud přes sériovou linku protokolem IEC101 do RTU7MC3 a dále přes mobilní datové připojení (SIM ELVAC) protokolem IEC104 na FRA server. Stejnou datovou cestu v opačném směru lze využít pro přenos výsledků lokalizace či dalších analytických výstupů dostupných na straně serveru.

COMTRADE záznamy z ochran na vývodech v rozvodně VVN/VN jsou stahovány přes RTU7MC3 umístěné na rozvodně a dále přenášeny přes „DMZ Transfer script“ (komunikace přes internet) na FRA server. Skripty na stanici v DMZ ve spojení s webovou službou na straně FRA serveru lze využít také k přenosu záznamů stažených přes „Siemens PQS“ případně „RTU Communicator“. Stejný způsob přenosu je k dispozici také pro přenos dat ze systému GIS, tato možnost však není v průběhu poloprovozu využívána.

K zobrazení výsledků analýzy záznamů a lokalizace poruch pomocí webového prohlížeče na straně provozovatele distribuční soustavy slouží „FRA web“ na serveru Vdip2 odkud probíhá přenos protokolem HTTPS s využitím internetového připojení.

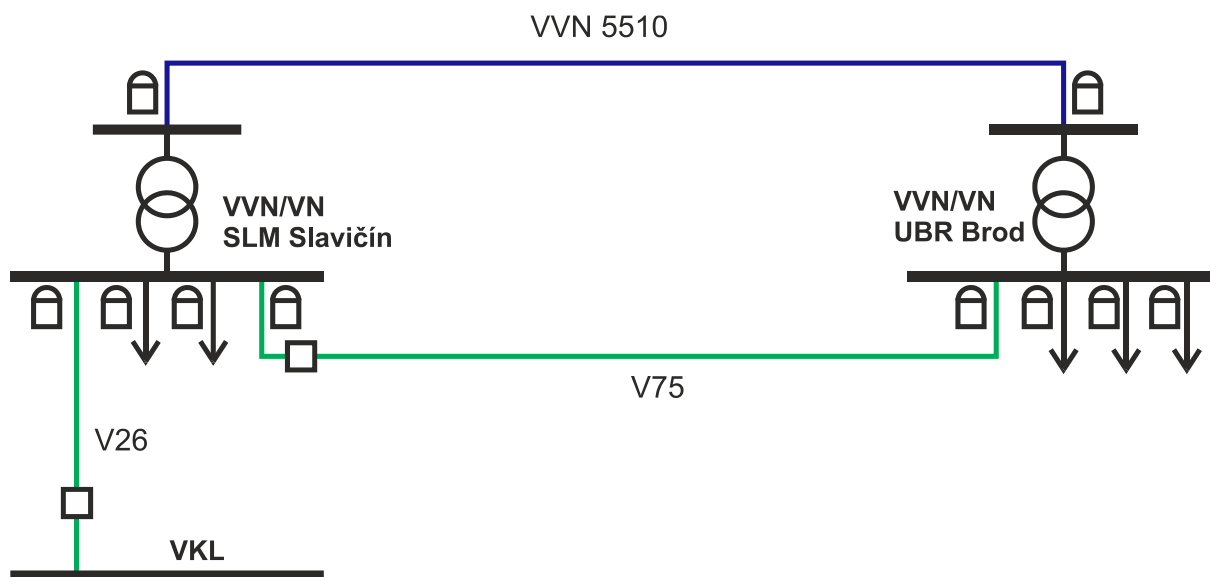
Poznámka: Pro přenos záznamů ve formátu COMTRADE a dalších datových souborů se využívá komprese (ZIP) za účelem snížení objemu přenášených dat.

### **3.2.2 Reálné umístění částí systému FRA v rámci poloprovozu**

Pro účely poloprovozu byly vybrány rozvodny VVN/VN Slavičín (SLM) a Uherský Brod (UBR). Na těchto rozvodnách jsou stahovány záznamy ze všech ochran VN vývodů (pro analýzu záznamů a lokalizaci zkratů – jednostranné napájení vedení) a z vybraných vývodů VVN (lokalizace poruch oboustranně napájeného vedení – VVN 5510).

Vedení VN26 napájené z rozvodny Slavičín a vedení VN75 standardně napájené z rozvodny Uherský Brod s možností jej napájet také z rozvodny Uherský Brod jsou současně součástí poloprovozu systému Vdip2, tudíž záznamy stažené z příslušných VN vývodů jsou oběma systémy sdílené.

Zjednodušené schéma:



RTU7MC3 pro spojení se SCADA systémem je instalováno na centrále EG.D v Brně.

Server systému FRA je umístěn v centrále společnosti ELVAC SOLUTIONS v Ostravě.

#### Poznámka – synergie s dalším výzkumným projektem

S ohledem na zapojení dalšího účastníka (VUT Brno) do projektu s názvem „Vývoj systému pro lokalizaci poruch Vdip 2. generace“, s registračním číslem TK04020187, který mj. také využívá stahování poruchových záznamů z ochran protokolem IEC61850 do RTU jednotek a souběžně též řeší poloprovoz v distribuční síti EG.D, nabídla se možnost vzájemné podpory v rámci přípravy a podpory poloprovozu obou projektů. Konkrétně se jedná o sdílení komunikačních jednotek RTU7M na rozvodnách Slavičín a Uherský Brod, které stahují záznamy ze všech ochran na dané rozvodně pro účely projektu FRA, ale současně poskytují záznamy z vybraných VN vývodů systému Vdip2. Další komunikační jednotka RTU7M pak v centrále EG.D v Brně předává signály ze SCADA systému zejména pro Vdip2, menší počet signálů je však možno touto cestou předávat také systému FRA. Stejně tak nebylo nutno budovat samostatné komunikační trasy a doplňovat předávací místa v rámci infrastruktury EG.D samostatně pro každý z projektů, což významně usnadnilo potřebnou součinnost ze strany EG.D.

## 4. Instalace a konfigurace HW a SW

Instalace a konfigurace jednotlivých komponent spočívá zpočátku zejména ve správném nastavení komunikačních parametrů (rozhraní, adresy, protokoly) a zajištění fyzického propojení. Toto propojení na straně datových cest využívá běžnou síťovou kabeláž, propojení analogových signálů pro laboratorní testy s digitálními ochranami vyžaduje přípravu vhodné kabeláže vyhovující použitým napěťovým a proudovým úrovním. Datové spojení mezi systémy v EG.D a serverem FRA využívá také mobilního datového spojení a Internetu – zejména zde je nutno dbát na kybernetickou bezpečnost, která byla zajišťována v těsné spolupráci mezi IT úseky EG.D a ELVAC.

Komplexním úkolem je vhodné nastavení popudů a působení ochran, parametrů poruchových záznamů, předávání signálů o vzniku poruch mezi jednotlivými komponentami apod. Tato nastavení je nutno provádět po pečlivém prostudování dokumentace k jednotlivým přístrojům a následně je třeba správnou funkci ověřit testem. Nastavení ochran by mělo reflektovat běžné parametry používané v rozvodných sítích, čemuž by měly následně odpovídat také generované testovací signály, aby byly výstupy systému FRA dosahované v rámci funkčního vzorku obdobné běžné praxi. Na straně druhé je možno v testovacím prostředí navodit také mezní situace, které se mohou v běžném provozu vyskytnout pouze výjimečně, což je výhodné pro ověřování funkčních vlastností systému v celém rozsahu možných podmínek. Nastavení ochran ověřená v laboratorním prostředí na funkčním vzorku bylo možno následně také aplikovat na ochrany umístěné na rozvodnách.

Konfigurace RTU7M pracující v roli komunikační brány stahující záznamy z ochran a předávající je na server FRA je díky přehlednému a intuitivnímu webovému rozhraní či SW na PC poměrně snadná a spočívá zejména v nastavení komunikačních rozhraní a přidání tolika konfiguračních bloků „IEC61850 zařízení“, kolik ochran potřebujeme do systému zahrnout. Dle dokumentace ochran je třeba nastavit správnou cestu k záznamům, v nastavení FRA serveru pak správně přiřadit identifikátory, aby byly záznamy zatříděny k příslušnému vývodu VN či VVN.

Systémová instalace a konfigurace serveru FRA odpovídá běžným zvyklostem pro MS Windows Server včetně dodržení všech zásad pro kybernetické zabezpečení. Pro chod systému FRA je nutno na server instalovat také databázi PostgreSQL, webové rozhraní využívá jako základ standardní službu IIS (pro účely zpřístupnění zvenčí v rámci poloprovozu je nutno nastavit příslušné prostupy a směrování).

## 5. Instalace, konfigurace a zprovoznění SW

SW moduly systému FRA jsou rozčleněny do několika služeb spouštěných automaticky při stratu systému. Na část výkonného jádra, datového a notifikačního subsystému navazuje webový portál a webová služba pro předávání dat přes HTTPS protokol. Pro stahování dat protokolem SFTP se využívá transfer skript v PowerShellu, který vyžaduje konfiguraci adres a cest. V konfigurační databázi je následně nutno buďto ručně přidat jednotlivá zařízení (ochrany) a propojit je s poruchovými signály nebo lze provést import kompletního modelu vybrané oblasti rozvodné sítě a pouze dokonfigurovat identifikátory. Bližší informace o SW balíku FRA, jeho konfiguračních datech i nastavení jsou uvedeny v technické dokumentaci k SW, použití webového uživatelského rozhraní je blíže popsáno v Uživatelské příručce k SW FRA. K dispozici je také krátká videoprezentace ukazující práci se systémem FRA.

Pro účely testů prováděných na funkčním vzorku bylo importováno několik dílčích oblastí distribuční sítě, ke kterým byly vytvořeny modely sloužící následně ke generování poruchových průběhů, které se staly zdrojem signálu pro ochrany. Také byla k dispozici řada reálných poruchových záznamů získaných z poruch, které dříve nastaly v příslušných částech sítě – tyto záznamy bylo možno do systému ručně importovat nebo emulovat jejich automatické stažení prostřednictvím jednotky RTU7M.

Příprava konfiguračních dat pro poloprovoz byla rozsáhlejším úkolem, jelikož bylo nutno importovat data poskytnutá provozovatelem distribuční sítě, tato data validovat, doplnit adresní databázi a vše následně uvést do provozu.



Na fotografii výše je pohled na testovací pracoviště / funkční vzorek systému FRA ve fázi laboratorního testování.

## Ověření a ladění funkčního vzorku

Funkční vzorek systému FRA byl podroben sérii testů s využitím simulovaných poruchových signálů postihujících celé spektrum možných provozních stavů včetně okrajových podmínek. Další testy byly prováděny s poruchovými záznamy z reálných poruch, které dříve nastaly v provozních podmínkách.

Jedním z posuzovaných parametrů byla spolehlivost stažení záznamu z ochrany, čas potřebný k jeho přenosu na server a následné zpracování. Spolehlivost lze hodnotit jako vysokou, neboť po odladění úvodních problémů s timeouty komunikace již nedocházelo k žádným ztrátám záznamů. Doba potřebná pro stažení záznamu z ochrany a přenos na server se v případě výchozí sítě funkčního vzorku s přímým propojením mezi komponentami pohybovala vždy do 30 s, následné zpracování a zápis dat pro jednotlivý poruchový záznam vychází do 5 s, v případě poruchy na VVN se dvěma poruchovými záznamy vstupujícími do lokalizace poruchy vychází čas zpracování na cca 10 s. V rámci složitější komunikační infrastruktury použité v poloprovozu došlo k prodloužení střední doby potřebné pro stažení záznamů o cca 15 s.

Sestava funkčního vzorku byla po provedení vyššího počtu testovacích cyklů a naplnění své databáze využita také pro ladění statistických výpočetních funkcí systému FRA.



**ELVAC SOLUTIONS s.r.o.**  
Hasičská 53  
700 30 Ostrava-Hrabůvka

Tel: +420 597 407 500  
E-mail: [solutions@elvac.eu](mailto:solutions@elvac.eu)  
[www.elvac.eu](http://www.elvac.eu)

---