



## Úvod

Energetický sektor prochází výraznými změnami, které zvyšují potřebu nalézt nové prostředky pro zajištění spolehlivého provozu elektrizační soustavy. Možnost úpravy výkonových profilů a výrobního potenciálu na straně spotřebitelů (výkonové flexibility) se stává jedním z klíčových stabilizačních prostředků s výrazným tržním potenciálem.

Pro bezpečnou integraci nových tržních a provozních mechanismů do elektrizační soustavy a tržního prostředí ČR je potřebné poskytnout příslušným subjektům nástroje, které umožní koordinaci jednotlivých subjektů a zajistí bezpečné využití výkonové flexibility z pohledu provozu soustavy.

Projekt SecureFlex cílí na vytvoření analytických, výpočetních a optimalizačních nástrojů a cílených studií, které přispějí k systémovému energetickému řešení pro bezpečné využití výkonové flexibility spojené s integrací nových technologií a tržních subjektů v prostředí ČR. Společně se systémovými operátory budou vyvinuty nástroje s významným potenciálem reálného nasazení a přispějí k vzniku systematického konceptu zapojení výkonové flexibility do tržních a provozně-bezpečnostních mechanismů v prostředí české elektrizační soustavy. Projekt pokrývá oblasti jako detekce a kvantifikace výkonové flexibility, limity její bezpečné aktivace či algoritmy optimální aktivace výkonové flexibility a související doporučení pro příslušnou legislativu.

## Výchozí stav

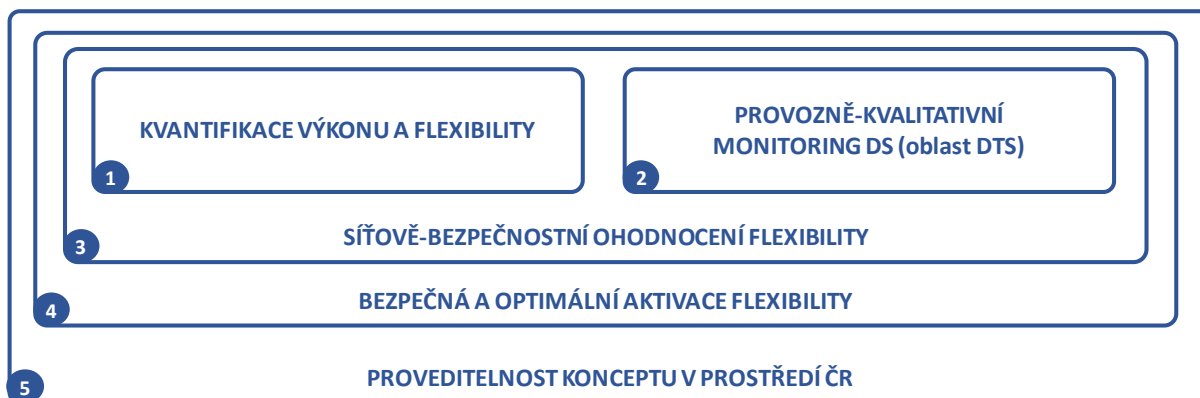
DECE, OZE, e-mobilita a další nové jevy zvyšují entropii provozu ES ČR. Zvyšuje se výkonová rozkolísanost systému, tedy rostou požadavky na dynamiku PpS. Zároveň však klesá dostupnost a kvalita PpS pro bilancování (změna výrobního mixu způsobená dožíváním konvenčních zdrojů a rozvojem DECE/OZE, snižují se setrvačné hmoty, ...).

V obchodních nástrojích pro snižování obchodní odchylky se začnou více uplatňovat nové koncepty (aktivní řízení spotřeby a výroby, agregace flexibility, využití akumulace, ...).

Energetický sektor se zaměřuje na racionální využití flexibility (zejména) pro stabilizaci DS, obchodní účely a pro potřeby PpS.

## Přístup k řešení

Náplň projektu SecureFlex lze rozdělit do tematických oblastí, které jsou spolu logicky propojeny nebo na sebe navazují. Následující schéma graficky znázorňuje vztah jednotlivých tematických oblastí a vzájemnou návaznost. Tematické oblasti vyšších vrstev integrují či navazují na výsledky (výstupy) vnořených tematických celků. Tato provázanost je promítnuta i do harmonogramu projektu, kde jednotlivé tematické celky lze do jisté míry řešit odděleně, avšak při výzkumně-vývojových aktivitách bude kladen důraz na očekávanou integraci dosažených výsledků.



Výzkumně-vývojové aktivity lze rozdělit do následujících tematických celků

**1) Kvantifikace výkonu a flexibility** – oblast pokrývá výzkumně-vývojové aktivity spojené s analýzou, charakterizací, modelováním a predikcí výkonové spotřeby a dostupné výkonové flexibility odběrných míst a technologických uzlů.

Navrhovaný přístup vychází z podrobných analýz cca 100 milionu měření 15 minutové spotřeby odběrných míst z pilotního projektu AMM společnosti ČEZ Distribuce. Základně již tato data byla analyzována v předchozích projektech, výstupy analýzy budou využity. Pro zpracování dat budou využity efektivní algoritmy z oblasti strojového učení. Algoritmy jsou postaveny na speciální třídě rozhodovacích regresních stromů (boosted oblivious regression trees - BORT). Tento druh algoritmů se používá pro zpracování velkých objemů dat - například pro ohodnocování pořadí vyhledávání v search engines na internetu. Algoritmy již byly uchazečem naimplementovány a adaptovány pro oblast zpracování energetických dat. V předkládaném projektu se budeme soustředit na jejich adaptaci a konfiguraci na jednotlivé dílčí úlohy pro kvantifikaci výkonu a flexibility (predikce reakce odběrného místa na signál změny tarifu, predikce objemu říditelného výkonu, predikce spotřeby, predikce lokální výroby a další) a integraci algoritmů do komplexního řešení flexibility. V případě odběrných míst není z výkonnostních důvodů možné pro každé odběrné místo vytvářet separátní predikční model. V rámci projektu nalezneme vhodnou segmentaci odběrných míst do tříd, predikční modely pak budou fungovat pro jednotlivé třídy OM.

Důvodem zaměření se na algoritmy třídy BORT je jejich výkonnost a díky tomu i použitelnost v reálném provozu na velkých datech. Stávající implementace v konfiguraci pro predikci spotřeby dokáže na standardním počítači predikovat cca 150.000 měření za vteřinu. Predikční model se automaticky vytváří z učících se dat. Naučení predikčního modelu z kolekce 1.000.000 měření se dvaceti faktory (typ dne, venkovní teplota, ...) trvá cca 20s. Tato vysoká výkonnost otevírá možnosti celou řadu využití v oblasti zpracování dat z odběrných míst a distribučních trafostanic. Bude možné pracovat s přesnými automaticky adaptovanými predikčními modely pro jednotlivé trafostanice (vzhledem k počtu koncových trafostanic jsou méně výkonné algoritmy prakticky nepoužitelné a je potřeba používat méně přesné metody). Dále bude možné v reálném čase počítat variantní scénáře chování odběrných míst, trafostanic či technických uzlů. Algoritmy BORT dovedou odhadovat predikční chybu, což umožní odhadovat míru jistoty odhadovaného chování. V rámci návaznosti na další výsledky projektu bude navrženo, jak informace o míře nejistoty efektivně využít v navazujících výpočtech.

**2) Provozně-kvalitativní monitoring distribuční soustavy** – do této oblasti spadají výzkumně-vývojové aktivity zaměřené na vývoj pokročilých metod monitorování a diagnostiky provozně-kvalitativních ukazatelů distribuční sítě založených na dodatečných informacích z pokročilé měřicí infrastruktury (AMM) a upřesněných modelů výkonové spotřeby a dostupné flexibility odběrných míst a technologických uzlů.

Tato část se bude zabývat provozně-kvalitativním monitoringem distribuční soustavy, kde budou vyvíjena řešení založená na dvou přístupech - metody založené na znalosti topologie elektrické sítě a datově-analytické metody.

V oblasti datově-analytických metod se bude projekt primárně orientovat na machine learning algoritmy, kde je přístup postaven na zpracování historických dat, jejich komplexní zpracování pomocí statistických metod a naučení predikčních a klasifikačních modelů. Navržené metody zde vychází z měření z 8.000 distribučních trafostanic společnosti ČEZ Distribuce. Navrhované metody budou využívat dále informace o počasí a budou brát v úvahu topologické vztahy trafostanic. Cílem bude umět automaticky detekovat problémové situace, klasifikovat jejich závažnost a identifikovat možné příčiny. Řešení bude navrhováno tak, aby ho bylo možné používat souběžně řádově na desetitisíce trafostanic.

V oblasti monitorovacích metod stavu elektrické sítě založených na znalosti její topologie přináší rozvoj pokročilých systémů měření (AMM) a jejich postupné nasazování do distribučních sítí nové možnosti. Zatímco většina klasických přístupů pro monitoring distribuční soustavy předpokládá nasazení relativně nákladných systémů WAMS (případně mWAMS) založeného na měření synchrofázorů, předpokládané přístupy projektu uvažují vývoj monitorovacích metod na základě znalosti topologie distribuční soustavy a částečné či plné dostupnosti AMM měření (tj. smart metering). Technologickými výzvami a inovačními faktory v této oblasti bude především robustnost vyvíjených vzhledem k chybám měření (např. neúplné měření, odlehlá pozorování apod.), plošná časová synchronizace jednotlivých snímků elektrické sítě a výpočetní efektivita vyvíjených řešení (např. distribuovatelnost metod).

**3) Síťově-bezpečnostní ohodnocení flexibility** – zde se budou vyvíjet metody a nástroje pro vyhodnocení dopadů a posouzení bezpečnosti aktivací a transakcí výkonových flexibilit z pohledu síťově-bezpečnostních ukazatelů provozu elektrizační soustavy.

Současné mechanismy pro využití výkonové flexibility (např. demand side response) zohledňují pouze bilanční kritérium při aktivaci flexibilit bez ohledu na dopad akčních zásahů na bezpečnostní a kvalitativní kritéria provozu elektrické sítě, které mohou být nedodrženy. Zohlednění dopadu využití flexibility na síťově-bezpečnostní kritéria je jedním z hlavních inovačních faktorů projektu.

V projektu budou vyvinuty metody a nástroje pro ohodnocení bezpečnosti aktivace flexibilit a vymezení rozsahu bezpečných uzlových flexibilit. V prvním případě bude ex-post analýza a dodatečné ohodnocení nabízených flexibilit založena na rozšířených pravděpodobnostních metodách výpočtu chodu sítě. Pro vymezení bezpečných rozsahů uzlových flexibilit bude vyvinuta optimalizační metoda založená na metodě bezpečných injektovaných výkonů vyvíjené na pracovišti hlavního uchazeče. Tato metoda bude modifikována pro potřeby distribučních sítí a bude rozšířena o korelační vlivy, které mají zásadní dopad na její konzervativnost.

**4) Bezpečná a optimální aktivace flexibility** – tato oblast bude zaměřena vývoj metod a nástrojů pro ekonomicky optimální aktivaci dostupných výkonových flexibilit, které nebudou narušovat síťově-bezpečnostní ukazatele provozu elektrizační soustavy.

Současné optimalizační metody uvažují pouze střední hodnotu predikce disponibilní flexibility a nominálního výkonu nejčastěji v podobě časové řady. V našem případě bude predikce zahrnovat nejen střední hodnotu disponibilní flexibility, ale i rozsah intervalu nejistoty odhadu. Klíčovou vlastností bude nejen uvažování míry nejistoty jednotlivých odhadů (např. v podobě kvantilů), ale i jejich vzájemná korelace, která bude silně ovlivňovat například celkovou míru nejistoty pro agregovaný technický uzel (např. agregace přes odběrná místa).

Dalším inovačním faktorem je upřesnění formulace síťových omezení a jejich užší metodická integrace s optimalizačními algoritmy, ve formě umožňující zahrnutí nejistoty na straně vstupů. Což klasické metody jako například NTC nebo DC LF neumožňují

Zmíněné inovační faktory v predikci flexibility a v síťových omezeních garantujících bezpečnou aktivaci flexibility se samozřejmě odrazí ve finální fázi řešení úlohy, kde se bude hledat optimální řešení s respektováním nejistot. V této části se předpokládá využití metod stochastického programování.

Uvažované komplexní řešení respektuje myšlenkové směry integrace DECE, OZE a využívání flexibility prosazované EU (viz. zimní balíček), a zároveň vychází vstříc výzvám a potřebám NAP SG.

**5) Proveditelnost konceptu v prostředí ČR** – jedním z výstupů projektu bude systematické energetické řešení v oblasti využitelnosti výkonové flexibility. V předchozích tematických oblastech budou vyvíjené nástroje, které budou řešit dílčí technologické problémy. Tato tematická oblast bude zaměřena na analýzu proveditelnosti zamýšleného konceptu a jeho vhodnou parametrizaci v prostředí ČR, což by mělo výrazně přispět k jeho přijetí relevantními zainteresovanými subjekty (stakeholdery).

Část proveditelnost konceptu v prostředí ČR bude zaměřena na cílené studie analyzující jednotlivé aspekty z oblasti bezpečného využití ČR. Soubor těchto studií umožní identifikovat, specifikovat a parametrizovat vhodný koncept pro bezpečné využití výkonové flexibility, který bude v nacházejících letech vysoce aktuálním tématem. Hlavním inovační hodnotou výsledků obsažených v této sekci bude kvantitativní a kvalitativní ohodnocení dopadů jednotlivých konceptů pro využití agregace a flexibility a získání souboru okrajových podmínek pro jejich využití, které budou zvláště důležité pro relevantní zainteresované strany (provozovatelé distribučních soustav, provozovatel přenosové soustavy, orgány státní správy jako ERÚ a operátor trhu - OTE).

### **Definice projektu**

Řešiteli projektu jsou ZČU NTIS, ČVUT CIIRC a Masarykova universita

Průmyslovým partnerem je společnost MycrofMind, a.s.

Aplikačními garanty projektu jsou společnosti ČEPS, a.s. a ČEZ Distribuce, a.s.

Harmonogram projektu je rozvržen od VI.2018 až do VI.2024.

Projekt je evidován pod číslem TK01030078 a je podporován prostředky TAČR, program Théta.