

## **Lista tematów prowadzonych pod opieką NCAE/NCBJ**

### **1. Projekt rozwiązań funkcjonalnych predyktora niegrafikowych przepływów w oparciu o mechanizmy uczenia maszynowego z wykorzystaniem modelowania stanu sieci elektroenergetycznej.**

Mając na uwadze bezpieczeństwo energetyczne Polski oraz stabilność dostaw energii w polskim systemie elektroenergetycznym, PSEI we współpracy z NCBJ prowadzi projekt dotyczący możliwości prognozowania niegrafikowych przepływów mocy na granicy Niemcy-Polska. Trafna prognoza przepływów nieplanowych umożliwi bardziej efektywne wyznaczanie rynkowych transgranicznych możliwości przesyłowych. Obecnie duża część nominalnych zdolności przesyłowych na liniach transgranicznych jest ze względów bezpieczeństwa zarezerwowana na przepływy niegrafikowe. Skonstruowanie narzędzia predykcji umożliwi redukcję tego marginesu, i tym samym zwiększy wymianę transgraniczną pomiędzy krajami, prowadząc do bardziej efektywnego działania rynku. W PSE zostały przeprowadzone prace identyfikujące kluczowe czynniki mające wpływ na poziom niegrafikowego przepływu. Obecnie konstruowany jest regresyjny model predykcyjny. Celem projektu „duety” jest przeprowadzenie analiz statystycznych mogących zapostulować alternatywne narzędzie predykcji. Przydatna w badaniu będzie wiedza z zakresu zaawansowanych metod statystycznych oraz uczenia maszynowego.

**Opiekun merytoryczny tematu: Szymon Kitowski (NCAE/NCBJ)**

### **2. Voltage Stability Assessment (VSA) – methodology of integration with nodal based balancing market.**

The tendency to reduce the number of fossil fuel-based generation to renewable energy sources results in gradual switching from a deterministic and fully controllable generation profiles to ones heavily affected by weather conditions and hence stochastic and uncertain. What follows is an increase of importance of risk assessment for power systems, along with the necessity to perform it for the purposes of short-term planning or even real-time operations.

Currently, the most accepted security procedure is based on the N-1 criterion, which when integrated with the security constrained unit commitment/economic dispatch or optimal power flow (SC UC/ED or SC OPF, respectively), allows to assure that the system parameters remain within safety limits after removing one of its elements. However, it only applies steady-state equations, therefore it skips the power systems dynamic phenomena related to frequency, voltage and angle stability. Moreover due to computational issues the SC UC is DC not AC based what cases that voltage stability issues are not taken into account on optimization stage but in postprocessing stage. Voltage stability is checked in postprocessing and assured by adjustment of operating points, taps changes or extension of set of so called must-run units. Currently must run units are treated in SC UC problem as an extra constraints and are quite often identified by expert knowledge. Nowadays, PSE is in the process of introduction of new paradigm of balancing market that is nodal based. The task of “duety” team is to offer the method that can support planners to identify must-run units on the optimization but not on expert ground.

**Opiekun merytoryczny tematu: Enidka Urresti (NCAE/NCBJ),**

### **3. Predictive Maintenance**

Celem projektu jest analiza możliwości i metod wykorzystywanych w procesie przewidywania potencjalnych awarii elementów infrastruktury sieci przesyłowej w szczególności transformatorów najwyższych napięć. Zaproponowana metodyka ma wspomóc ekspertów OSP w zakresie planowania

remontów transformatorów wysokiej mocy. W ramach zdania planowane jest osiągnięcie następujących celów: (I) Wybór metod służących do analizy pod kątem istniejących korelacji między udostępnionymi danymi, (II) Wskazanie zapotrzebowania na brakujące dane służące przeprowadzeniu procesu przewidywania działań serwisowych, (III) Zaprojektowanie algorytmu uwzględniającego wykryte nowe korelacje pomiędzy otrzymanymi danymi

Projekt rozpocznie się w marcu 2018 roku. Obecnie trwają prace nad zebraniem i analizą danych przekazywanych przez Operatora. O kierunku prowadzonych prac zdecyduje całość przekazanych danych.

Celem projektu „duety” będzie przeprowadzenie analiz otrzymanych danych.

**Opiekun merytoryczny tematu: Kacper Samul (NCAE/NCBJ)**

#### **4. Stochastyczne Planowanie Rozwoju Sieci Przesyłowej**

Celem projektu jest zaimplementowanie algorytmów wspierających proces Planowania Rozwoju Systemu Przesyłowego (PRSP) tj. metod umożliwiających wskazanie optymalnych z kosztowego punktu widzenia decyzji inwestycyjnych. Projektowane narzędzie stanowi wsparcie dla Operatora Systemu Przesyłowego, zarówno na etapie doboru kandydatów na nowe inwestycje, jak i na etapie finalnej decyzji o podjęciu zadania inwestycyjnego. Kluczowym wyzwaniem w takiej analizie jest odzwierciedlenie stochastycznej natury świata (zapotrzebowanie, awarie elementów, generacja OZE, etc.), a więc i dużej liczby scenariuszy niezbędnych do uwzględnienia. W pracy przeprowadzono analizę oraz wykonano implementację metody optymalizacyjnej wspieraną symulacjami *Monte Carlo*, które mają za zadanie taką naturę przybliżyć. Optymalizowaną funkcją celu jest zarówno koszt inwestycji, jak i koszt działania rynku. W celu przyspieszenia działania algorytmu zastosowano technikę dekompozycji problemu opartą o cięcia Bendersa.

Do obliczeń wykorzystywane są autorskie narzędzia przygotowane w zespole. Algorytm radzi sobie z problemami OPF dla stanów  $n$  i  $n-1$  (pełna sieć, lub dowolny jeden element wyłączony), wyborem kandydatów na nowe inwestycje i optymalizacją harmonogram. Skrypty zostały przygotowane w języku Python 3.6. Na obecnym etapie projektu prowadzone są prace nad przyspieszeniem zbieżności obliczeń oraz testach poprawności poszczególnych modułów.

Główne obszary, które wymagają dalszej analizy i potencjalnego usprawnienia to między innymi:

- usprawnienie algorytmu automatycznego typowania potencjalnych kandydatów na nowe inwestycje sieciowe,
- zwiększenie szybkości działania algorytmu optymalizacyjnego zarówno pod względem programistycznym jak i na poziomie budowy problemu,
- poszukiwanie alternatywnej do cięć Bendersa metody dekompozycji problemu

**Opiekun merytoryczny tematu: Krzysztof Gomulski (NCAE/NCBJ)**

**Lista tematów prowadzonych pod opieką PSE Innowacje**

#### **5. Modelowanie elastyczności popytu - analogie**

Celem projektu jest opracowanie fundamentów metodyki modelowania elastyczności popytu na energię (moc elektryczną) dla potrzeb planowania koordynacyjnego (bieżącego, na kolejną dobę) zapotrzebowania na moc elektryczną przez Operatora Systemu Przesyłowego Elektroenergetycznego.

Dotychczasowy model funkcjonowania systemu elektroenergetycznego zakładał wytwarzanie większości energii na poziomie sieci przesyłowej i jej jednokierunkowy transfer w kierunku odbiorcy. Odbiorca końcowy korzystał zwykle z taryfy jednostrefowej, w związku z powyższym nie był czuły na cenę energii (ta była w zasadzie stała). Innym czynnikiem, który zaczyna wpływać na potrzebę pokrycia zapotrzebowania odbiorców końcowych jest ich własna produkcja energii elektrycznej w tzw. źródła rozproszonych. Część wyprodukowanej energii może zostać zużyta na potrzeby własne odbiorcy, część zaś, o ile istnieją ku temu fizyczne i formalne możliwości, trafiać może do sieci dystrybucyjnej. Wszystko to sprowadza się to do niepewności, co do wielkości zapotrzebowania, skutkującej ponoszeniem być może nieuzasadnionych kosztów funkcjonowania rynku energii, które to ostatecznie przerzucane są na odbiorcę końcowego.

Klasyczne podejście do tych zagadnienia modelowania zmienności elastyczności popytu polega na próbie zastosowania modeli statystycznych. Zadaniem Duetu, który zechciałby zająć się tym tematem byłoby jednak spojrzenie na cały problem z innej perspektywy poprzez poszukiwanie analogii

w dowolnych obszarach nauki i inżynierii. Przykładowo, Duet mógłby podjąć próbę odpowiedzi

na następujące pytania: Czy możliwe jest wykorzystanie np. teorii gier, złożoności i chaosu deterministycznego (lub ich elementów/filozofii) do symulacji zachowania odbiorców energii, których popyt będzie kształtowany bodźcami cenowymi i pozacenowymi? Jakie, i w jaki sposób, bodźce pozacenowe mogą wpływać na zapotrzebowanie odbiorcy końcowego na energię elektryczną? Czy istnieje przestrzeń wszystkich możliwych zachowań danej grupy odbiorców, której reakcję na bodźce można opisać układem równań dynamicznych? Jak oszacować charakter i wielkość takiej grupy? Jak

i ilu zmiennych użyć, aby uzyskać maksymalną ilość informacji? Jak w ogóle mogłaby wyglądać postać takiej funkcji?

A może zastosować inne analogie, metody, modele? Jeżeli tak, to na których powinniśmy się skupić? Ostatecznie możemy zadać pytanie, w jaki sposób kształtować profil cenowy, tak aby osiągnąć optymalną, z punktu widzenia zadań OSP, elastyczność popytu?

**Opiekun merytoryczny tematu: Krzysztof Karkoszka (PSE Innowacje)**

## **6. Ewolucyjna mapa zapotrzebowania na ładowanie samochodów elektrycznych - opracowanie prognoz przestrzennego zapotrzebowania na ładowanie samochodów elektrycznych w wybranej aglomeracji miejskiej w perspektywie roku 2030.**

Rozwój sektora elektromobilności (zwiększająca się liczba samochodów elektrycznych oraz stacji ładowania), niesie ze sobą wiele wyzwań dla Operatorów Sieci Elektroenergetycznej. Rynek ten jest segmentem bardzo szybko rosnącym (w szczególności na zachodzie Europy), przez co wymaga wykreowania nowych rozwiązań i uregulowań na poziomie UE oraz kraju. Aktualnie zasięg tej gałęzi motoryzacji w Polsce nie stanowi znacznego zagrożenia dla pracy zarówno sieci dystrybucyjnej jak i przesyłowej. Jednakże na rozwój E-mob ma wpływ szereg czynników zarówno ekonomicznych, społecznych jak i gospodarczych, dlatego też OSP poczynił działania uruchamiając projekt analityczny mający na celu zbadanie wpływu EV na sieć. Główne wyzwania, które zostały zidentyfikowane to:

- wzrost zapotrzebowania na moc, który będzie widoczny lokalnie,
- możliwość zwiększenia obecnie występujących szczytów zapotrzebowania,
- wzrost zapotrzebowania nie będzie równomierny w KSE – większy w aglomeracjach miejskich,
- objawienie się w systemie nowych urządzeń wykorzystujących moc rzędu 50 a nawet 300 kW.

Celem projektu jest opracowanie scenariuszy rozwoju elektromobilności poprzez wyznaczenie kierunków rozwoju sektora samochodów osobowych, określenie rozprzestrzenienia się infrastruktury do ładowania EV, wyznaczenie zapotrzebowania na moc i na energię w KSE oraz określenie możliwości zmian regulacyjnych, które zoptymalizują wpływ elektromobilności na KSE.

Obszarem zaangażowania duetów jest opracowanie koncepcji ewolucyjnej mapy lokalizacji (prognozy) geograficznych dla stacji ładowania przy uwzględnieniu opracowanych wcześniej scenariuszy rozwoju liczby pojazdów elektrycznych oraz dokonanie podziału tych lokalizacji na regiony/obszary. Rozważane przy tym obszary to przede wszystkim obszar miejski, podmiejski oraz gminny (mało zurbanizowany). Horyzont prac obejmuje lata do 2030 przy jednoczesnym wyznaczeniu trendów do roku 2050 objętego zakresem projektu.

**Opiekun merytoryczny tematu: Piotr Kukiełka (PSE Innowacje)**

#### **7. Optymalizacja wyłączeń w procesie planowania rozwoju i koordynacji wykorzystania zasobów KSE**

Wdrażane u OSP nowe narzędzia informatyczne wspomagające funkcjonowanie KSE oraz narastająca liczba i zakres zadań inwestycyjnych oraz eksploatacyjnych w obszarze majątku sieciowego wymuszają aktualizację procesu planowania średniookresowego. Przygotowywanie zasobów KSE do efektywnej ekonomicznie i bezpiecznej technicznie realizacji dostaw energii elektrycznej do odbiorców dla kilkuletniego horyzontu planowania stanowi podstawę do wykonania zadań bieżącego bilansowania KSE realizowanych na Rynku Bilansującym. W ujęciu praktycznym dotyczy to koordynowania:

- dostępności odpowiedniej ilości zdolności:
  - przesyłowych elementów sieci elektroenergetycznych,
  - produkcyjnych źródeł wytwórczych i elastycznego popytu,
- w czasie,
- w lokalizacji.

Celem projektu jest: przeprojektowanie procesu biznesowego dotyczącego planowania średniookresowego i dostosowanie go do zmian (nowe otoczenie, narzędzia), wdrożenie optymalizacji planów wyłączeń, oraz wsparcie procesu podejmowania decyzji przez algorytmy i narzędzia informatyczne.

Wyzwaniami stojącym za tym projektem to:

- opracowywanie jednego, kroczącego planu wyłączeń w horyzoncie od doby  $n+2$  do roku  $y+5$ , na który składają się horyzonty cechujące się różną długością, granulacją oraz dokładnością danych wejściowych (prognozy zapotrzebowania i generacji OZE w horyzoncie najbliższych dni vs. najbliższego roku),
- zmiana jednego z atrybutów wyłączenia zaplanowanego (np. termin zakończenia wyłączenia) może spowodować potrzebę kolejnych zmian w planie wyłączeń - efekt śnieżnej kuli.

**Opiekun merytoryczny tematu: Mariusz Krupa (PSE Innowacje)**