PGE Energetyka Kolejowa S.A.

Warszawa, 22 września 2026

Case study: Propozycja wprowadzenia innowacji w mikrosieci DC PGE Energetyka Kolejowa zbudowanej przy PT Garbce

Studencki Konkurs Badawczy PGE Energetyka Kolejowa S.A. | Politechnika Warszawska, Wydział Elektryczny, Instytut Elektroenergetyki

Wstęp

Zelektryfikowane linie kolejowe w Polsce zasilane są prądem stałym o napięciu znamionowym 3 kV. Energię dostarczają podstacje trakcyjne, które pobierają ją z sieci dystrybucyjnej średniego napięcia, obniżają napięcie w transformatorze prostownikowym, prostują w zespole prostownikowym i przekazują do sieci trakcyjnej. Obciążenie podstacji ma charakter impulsowy: moc pobierana przez pociąg jest największa przy ruszaniu i przyspieszaniu, zmienia się w ciągu sekund, a w okresach bez ruchu na odcinku zasilania spada niemal do zera. Moc szczytowa pozostaje przez to znacznie większa od średniej, co przekłada się na koszty zakupu i dystrybucji energii, na wymagania wobec przyłącza oraz na wahania napięcia w sieci trakcyjnej. Osobnym zjawiskiem jest hamowanie odzyskowe. Pojazd oddaje wówczas energię do sieci trakcyjnej, lecz jeżeli w pobliżu nie ma odbiorcy, energia ta zostaje utracona, ponieważ typowe zespoły prostownikowe przewodzą prąd tylko w jednym kierunku.

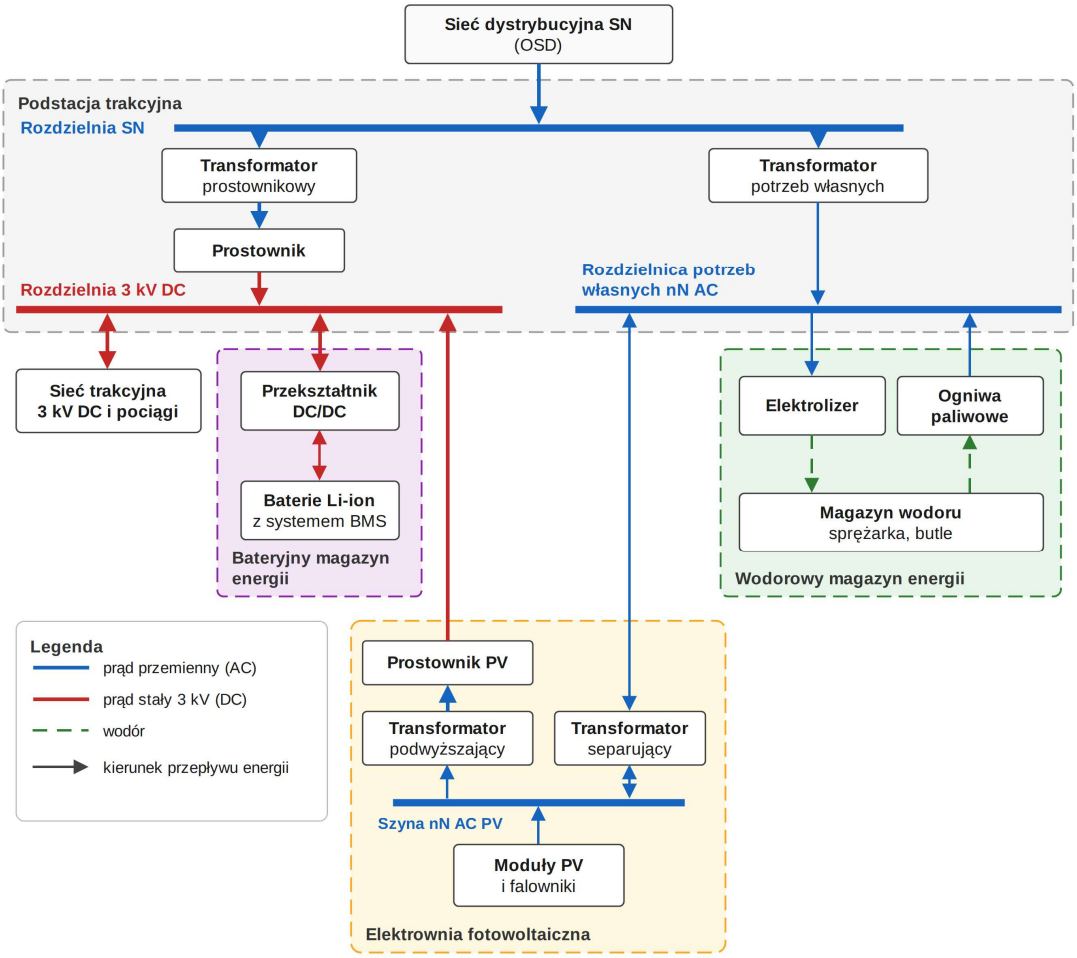
Odpowiedzią na te zjawiska są magazyny energii i źródła odnawialne instalowane przy podstacjach trakcyjnych. Magazyn pozwala oddzielić przebieg mocy pobieranej przez pociągi od mocy pobieranej z sieci dystrybucyjnej: ładuje się w przerwach między przejazdami, a oddaje energię w chwilach największego poboru. Ogranicza w ten sposób moc szczytową, stabilizuje napięcie w sieci trakcyjnej i pozwala przejmować energię z hamowania pojazdów. Elektrownia fotowoltaiczna obniża koszt energii zużywanej na cele trakcyjne i na potrzeby własne podstacji, produkuje jednak w rytmie dobowym i pogodowym, który nie pokrywa się z rytmem ruchu pociągów. Magazyn wodorowy jest z kolei rozwiązaniem przeznaczonym do magazynowania długoterminowego, o wyraźnie niższej sprawności cyklu niż magazyn bateryjny.

PGE Energetyka Kolejowa rozwija takie rozwiązania w ramach programu Zielona Kolej. Podstacja trakcyjna Garbce jest obiektem, na którym spółka sprawdza ich współdziałanie w warunkach ruchowych. Powstała tam mikrosieć prądu stałego, łącząca podstację zasilającą pociągi z bateryjnym magazynem energii dużej mocy, elektrownią fotowoltaiczną i wodorowym magazynem energii. Instalacje te powstawały etapami, w różnych projektach i z myślą o różnych zadaniach.

Opis obiektu

Podstacja trakcyjna Garbce leży w gminie Żmigród na Dolnym Śląsku, około 50 km od Wrocławia, i zasila odcinek linii z ruchem pasażerskim oraz towarowym. Bateryjny magazyn energii uruchomiono w 2021 r. we współpracy z Uniwersytetem Zielonogórskim. W chwili uruchomienia przedstawiano go jako największy magazyn energii pracujący na potrzeby trakcyjne w Europie. Elektrownia fotowoltaiczna została przyłączona zarówno do rozdzielni 3 kV DC, jak i do rozdzielnicy potrzeb własnych. Wodorowy magazyn energii powstał w latach 2022-2024 w ramach projektu badawczo-rozwojowego współfinansowanego z Programu Operacyjnego Inteligentny Rozwój i ma potwierdzić przydatność wodoru do magazynowania długoterminowego na potrzeby kolei. Według komunikatów spółki magazyn bateryjny ma moc 5,5 MW i pojemność użyteczną 1,2 MWh, elektrownia fotowoltaiczna około 150 kWp, elektrolizer 36 kW, ogniwa paliwowe 20 kW, a magazyn mieści jednorazowo do 23 kg wodoru.

Układ połączeń przedstawia rysunek 1. Magazyn bateryjny pracuje przez przekształtnik DC/DC bezpośrednio na napięciu 3 kV DC. Energia z elektrowni fotowoltaicznej może płynąć dwoma torami: przez transformator podwyższający i prostownik do rozdzielni 3 kV DC albo przez transformator separujący do rozdzielnicy potrzeb własnych niskiego napięcia. Do tej samej rozdzielnicy przyłączony jest magazyn wodorowy, złożony z elektrolizera, sprężarki z butlami oraz ogniw paliwowych.



Rysunek 1. Schemat poglądowy mikrosieci DC przy PT Garbce. Pominięto aparaturę łączeniową, zabezpieczenia, obwód powrotny i układy sterowania.

Obecne zasady pracy opierają się na progach i priorytetach. Magazyn bateryjny oddaje energię, gdy moc pobierana przez pociągi przekroczy zadany próg, a ładuje się w przerwach między przejazdami, w pierwszej kolejności energią z fotowoltaiki. Energia z fotowoltaiki kierowana jest przede wszystkim do rozdzielni 3 kV DC, a gdy nie może jej przyjąć ani trakcja, ani magazyn bateryjny, trafia na potrzeby własne podstacji i do elektrolizera. Elektrolizer pracuje wyłącznie na nadwyżce energii z fotowoltaiki, natomiast ogniwa paliwowe zasilają potrzeby własne podstacji w okresach bez produkcji z fotowoltaiki. Każda z instalacji ma własny układ sterowania, a ich współpraca opiera się na wymienionych regułach. Obiekt pracuje bez stałej obsługi, a podstacja nie oddaje energii do sieci dystrybucyjnej.

Cel case study

Celem case study jest pozyskanie propozycji, które spółka będzie mogła sprawdzić, a następnie wdrożyć na czynnym obiekcie. Mikrosieć w Garbcach pracuje, jej możliwości nie zostały jednak wyczerpane, a doświadczenia z tego obiektu mają posłużyć przy kolejnych instalacjach tego typu. Zgodnie z regulaminem konkursu autorzy najlepszych rozwiązań mogą zostać zaproszeni do współpracy przy ich wdrożeniu.

Zadanie

Zadaniem zespołów jest zaproponowanie innowacji w mikrosieci prądu stałego zbudowanej przy podstacji trakcyjnej Garbce oraz opracowanie planu jej wdrożenia na obiekcie. Wybór obszaru należy do zespołu i może dotyczyć sterowania i zarządzania energią, sposobu wykorzystania poszczególnych instalacji, nadzoru i utrzymania obiektu albo zmian w jego układzie. Rozwiązanie powinno być osadzone w realiach tego obiektu, z uzasadnieniem technicznym i z oceną możliwości sprawdzenia go w praktyce.

Zakres opracowania

Opracowanie powinno obejmować:

1. **Diagnozę stanu obecnego.** Interpretację sposobu pracy mikrosieci oraz wskazanie miejsca, w którym zespół widzi niewykorzystany potencjał lub problem do rozwiązania.
2. **Koncepcję rozwiązania.** Zasadę działania, potrzebne pomiary i sygnały, urządzenia oraz zmiany w obiekcie.
3. **Uzasadnienie techniczne.** Analizę, model lub symulację opartą na własnych, jawnie opisanych założeniach.
4. **Plan wdrożenia.** Etapy prac od weryfikacji koncepcji do pracy na obiekcie, potrzebne zasoby oraz orientacyjny rząd wielkości kosztów.
5. **Efekty i ryzyka.** Sposób zmierzenia i potwierdzenia efektu na obiekcie, a także ograniczenia i ryzyka rozwiązania wraz ze sposobami ich ograniczenia.

Inspirujące pytania

Poniższe pytania nie zawężają tematu. Pokazują jedynie, w jaki sposób patrzymy na obiekt.

1. Co dałoby się osiągnąć, gdyby wszystkie instalacje w Garbcach pracowały jako jeden układ, a nie jako trzy niezależne?
2. Jak w obiekcie bez stałej obsługi rozpoznać, że instalacja pracuje gorzej, zanim dojdzie do awarii?
3. Jakie zastosowania wodoru, poza zasilaniem potrzeb własnych, mają sens przy tej skali instalacji?

Dane i założenia

Spółka nie udostępnia danych pomiarowych ani kosztów eksploatacji obiektu. Na potrzeby konkursu przyjmuje się, że wszystkie urządzenia są sprawne i mogą pracować z parametrami znamionowymi. Wielkości potrzebne do analiz zespoły przyjmują samodzielnie i opisują przyjęte założenia w pracy.

Materiały publiczne o obiekcie

1. PGE Energetyka Kolejowa, komunikat o uruchomieniu magazynu energii w Garbcach
2. PGE Energetyka Kolejowa, komunikat o systemie magazynowania energii opartym o wodór
3. ABB, materiał o przyłączeniu elektrowni fotowoltaicznej w Garbcach

Kontakt

Opiekun merytoryczny case study: Michał Reguła, Michal.Regula@pgeekoperator.pl

Opiekun Grupy po stronie Partnera: Mariusz Kłos, adiunkt, Mariusz.klos@pw.edu.pl