



Fundusze Europejskie
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską



Nowe technologie w automatyce, elektronice i elektrotechnice (EMS1A1007)

Wykład 5

dr hab. inż. Maciej Zajkowski, prof. PB

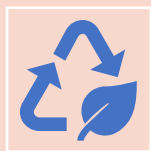
ELEKTROMOBILNOŚĆ



Definicja: Transport oparty na pojazdach **BEV** (Battery Electric Vehicle), **PHEV** (Plug-in Hybrid Electric Vehicle) oraz **FCEV** (Fuel Cell Electric Vehicle).



Kluczowe Motywacje: Redukcja emisji CO2 i zanieczyszczeń lokalnych, efektywność energetyczna, innowacje.



Wizja: Cichy, czysty i zrównoważony system transportowy.

ELEMENTY POJAZDU ELEKTRYCZNEGO



Silnik Elektryczny (E-Motor): Wyższa sprawność (ok. 90%) niż silniki spalinowe (ok. 30%). Prosta konstrukcja.



Akumulator Trakcyjny (Bateria): Najważniejszy komponent. Zestaw ogniw (np. Li-ion) magazynujących energię. Umieszczony w podwoziu (platforma "skateboardowa").



Jednostka Sterująca Mocą (PCU): Kontroluje przepływ energii między baterią, silnikiem a systemem ładowania (przekształtnik DC/AC).



Układ Odzyskiwania Energii: Rekuperacja - zamiana energii kinetycznej na elektryczną podczas hamowania, zwiększająca zasięg.

AKUMULATORY TRAKCYJNE



Chemia Ogniw:

NMC (Nikiel-Mangan-Kobalt): Wysoka gęstość energii, powszechnie stosowane.

LFP (Litowo-Żelazowo-Fosforanowe): Większe bezpieczeństwo, dłuższa żywotność, niższy koszt, ale mniejsza gęstość energii.



Gęstość Energii (Wh/kg): Kluczowy parametr określający zasięg przy danej masie baterii. Ciągłe rośnie.



System Zarządzania Baterią (BMS): Monitorowanie stanu ogniw (temperatura, napięcie, prąd), kluczowe dla bezpieczeństwa i żywotności baterii.



Degradacja Baterii: Naturalne starzenie się pojemności w czasie i w wyniku cykli ładowania/rozładowania.

EFEKTYWNOŚĆ



Zasięg PE: Zależy od pojemności baterii (kWh) i efektywności pojazdu (Wh/km). Warunki pogodowe (temperatura) mają duży wpływ.



Wpływ Temperatury: Ekstremalne temperatury (zarówno wysokie, jak i niskie) obniżają dostępną energię i wymagają użycia energii na ogrzewanie/chłodzenie kabiny i baterii.



Pompy Ciepła: Coraz powszechniej stosowane do efektywnego zarządzania temperaturą kabiny i baterii, minimalizując zużycie energii.

STANDARDY ŁADOWANIA

Ładowanie AC (Prąd Przemienny): Wolniejsze ładowanie. Wykorzystuje ładowarkę pokładową (on-board charger, OBC) w pojeździe do konwersji AC na DC.

Typ 2 (Mennekes): Standard UE, powszechny dla ładowania AC.

Ładowanie DC (Prąd Stały): Szybkie/Ultraszybkie ładowanie. Konwersja AC/DC odbywa się w zewnętrznej stacji ładowania, omijając OBC.

CCS (Combined Charging System): Standard europejski i amerykański, wykorzystuje wtyk Typ 2 + dwa dodatkowe piny.

CHAdeMO: Standard japoński (stopniowo wypierany w UE).

ARCHITEKTURA ENERGETYCZNA



Stacje AC (Wolne/Średnie): Prosta konstrukcja, połączenie bezpośrednio do niskiego napięcia (NN). Moc typowo 3,7 kW do 22 kW.

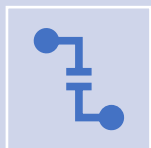


Stacje DC (Szybkie/Ultraszybkie): Złożone systemy z **energetycznym przekształtnikiem** (inwerterem). Wymagają przyłącza średniego napięcia (ŚN) lub dedykowanej transformacji. Moc od 50 kW do 350+ kW.



Magazyny Energii (BESS): Coraz częściej integrowane ze stacjami DC, aby ograniczyć obciążenie sieci w szczycie i obniżyć koszty przyłączenia.

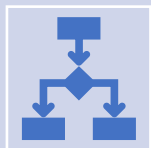
WYMOGI SIECI



Potrzeba Modernizacji Sieci: Lokalna sieć niskiego i średniego napięcia często nie jest przystosowana do dużych, skokowych obciążeń.

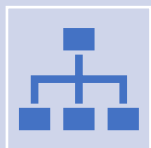


"Wyspy Ładowania": Koncentracja ultraszybkich ładowarek wymaga **znaczących inwestycji** w nowe linie zasilające i transformatory.



Zarządzanie Mocą Szczytową: Problem **jednoczesnego** ładowania wielu pojazdów (np. wieczorem po powrocie z pracy).

SMART CHARGING

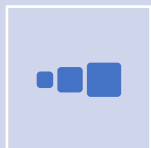


Dynamiczne Zarządzanie Obciążeniem (DLM):

Rozłożenie mocy ładowania w czasie, aby nie przekroczyć limitu przyłącza.



Ładowanie z Optymalizacją Kosztów: Ładowanie pojazdów, gdy energia jest tańsza (np. nocą).



Odpowiedź na Popyt (Demand Response): Zmniejszenie mocy ładowania na żądanie operatora sieci.

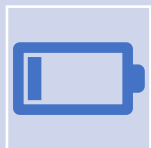
Vehicle to Grid (V2G)



Koncepcja: Pojazdy elektryczne (głównie BEV) nie tylko pobierają, ale i oddają energię elektryczną do sieci.



Potencjał: Stabilizacja sieci w przypadku dużego udziału OZE (np. wiatr, słońce) - pojazdy mogą ładować się, gdy OZE produkują nadwyżkę, i oddawać, gdy jest zapotrzebowanie.



Wyzwania Techniczne: Standaryzacja dwukierunkowych ładowarek, **degradacja baterii** (wpływ dodatkowych cykli rozładowania).

PERSPEKTYWY RYNKOWE



Prognozy Wzrostu: Eksponencjalny wzrost sprzedaży PE w następnej dekadzie (głównie BEV).



Unia Europejska (Fit for 55): Cel 100% redukcji emisji CO2 dla nowych samochodów od 2035 roku (de facto zakaz sprzedaży spalinowych).



Finansowanie i Dotacje: Kluczowa rola rządowych programów wsparcia (np. **AFIR** - Regulation on the deployment of alternative fuels infrastructure w UE).

RECYKLING I DOSTAWY



Surowce Krytyczne: Zależność od ograniczonych zasobów (lit, kobalt, nikiel, grafit) i koncentracja wydobycia w kilku regionach świata.



Giga-Fabryki Baterii: Budowa lokalnych fabryk w UE w celu skrócenia łańcucha dostaw i zwiększenia bezpieczeństwa energetycznego.



Recykling Baterii: Opracowanie efektywnych, "zamkniętych obiegów" (closed-loop) dla recyklingu metali, by ograniczyć wpływ na środowisko i zależność od wydobycia.

ELEKTROMOBILNOŚĆ A OZE



Zeroemisyjność: Pojazd elektryczny jest *lokalnie* bezemisyjny, ale jego *całkowita* emisyjność zależy od sposobu wytwarzania energii elektrycznej.



Korelacja: Rozwój PE musi iść w parze z szybkim wzrostem udziału **fotowoltaiki i farm wiatrowych**, by osiągnąć prawdziwą dekarbonizację transportu.



Magazynowanie: PE i V2G stają się elementem systemu magazynowania energii dla OZE.

WNIOSKI



Technologia: Dalszy rozwój chemii baterii i efektywności pojazdów jest gwarantowany.



Infrastruktura: Wymagane **masowe inwestycje** w ultraszybkie ładowanie i integrację z inteligentną siecią (*Smart Grid*).



Strategia: Konieczność **holistycznego podejścia** uwzględniającego produkcję energii, sieć przesyłową i systemy ładowania.

Dziękuję za uwagę



Fundusze Europejskie
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską



Materiały przygotowane w ramach projektu „PB 5.0 - dostosowanie oferty dydaktycznej Politechniki Białostockiej do potrzeb nowoczesnej gospodarki oraz zielonej i cyfrowej transformacji” (nr umowy FERS.01.05-IP.08-0327/23-00) w ramach programu Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego 2021-2027 współfinansowanego ze środków Europejskiego Funduszu Społecznego Plus.

Publikacja jest udostępniona na licencji Creative Commons - Uznanie autorstwa 4.0 (CC BY 4.0). Pełna treść licencji dostępna na stronie creativecommons.org.