

# Wybrane zagadnienia sterowania w trójkołowym pojeździe elektrycznym specjalnego przeznaczenia

Bogdan Fabiański, Bartłomiej Wicher

Politechnika Poznańska  
Instytut Automatyki i Inżynierii Informatycznej

11/12/2015

# PLAN WYSTĄPIENIA

- Wprowadzenie
- Rozwój przekształtnika
- Model pojazdu
- Rozwój algorytmów sterowania
- Elektroniczna przerzutka oraz płynność pedałowania
- Podsumowanie
- Planowane prace

# Aktualny status pojazdu

- Na podstawie umowy pomiędzy Agregaty Polska a IAll pojazd pozostaje na PP przez okres roku (od listopada 2015 do listopada 2016)

# Cele rozwoju algorytmów sterowania w pojeździe

- zapewnienie odpowiedniej dynamiki pojazdu,
- kontrola bilansu energetycznego,
- zastąpienie sprzężenia mechanicznego między kierującym a kołami pojazdu równoważnym pod względem wrażeń z jazdy układem elektronicznym.

# Cechy pojazdu

- cztery niezależne przekształtniki energoelektroniczne,
- centralny układ sterowania,
- brak klasycznego (mechanicznego) sprzężenia między pedałami a kołami pojazdu,
- komunikacja modułów za pomocą sieci CAN,
- bateria akumulatorów w roli bufora energii,
- możliwość implementacji niezależnych algorytmów sterowania w każdym z modułów

# Pojazd

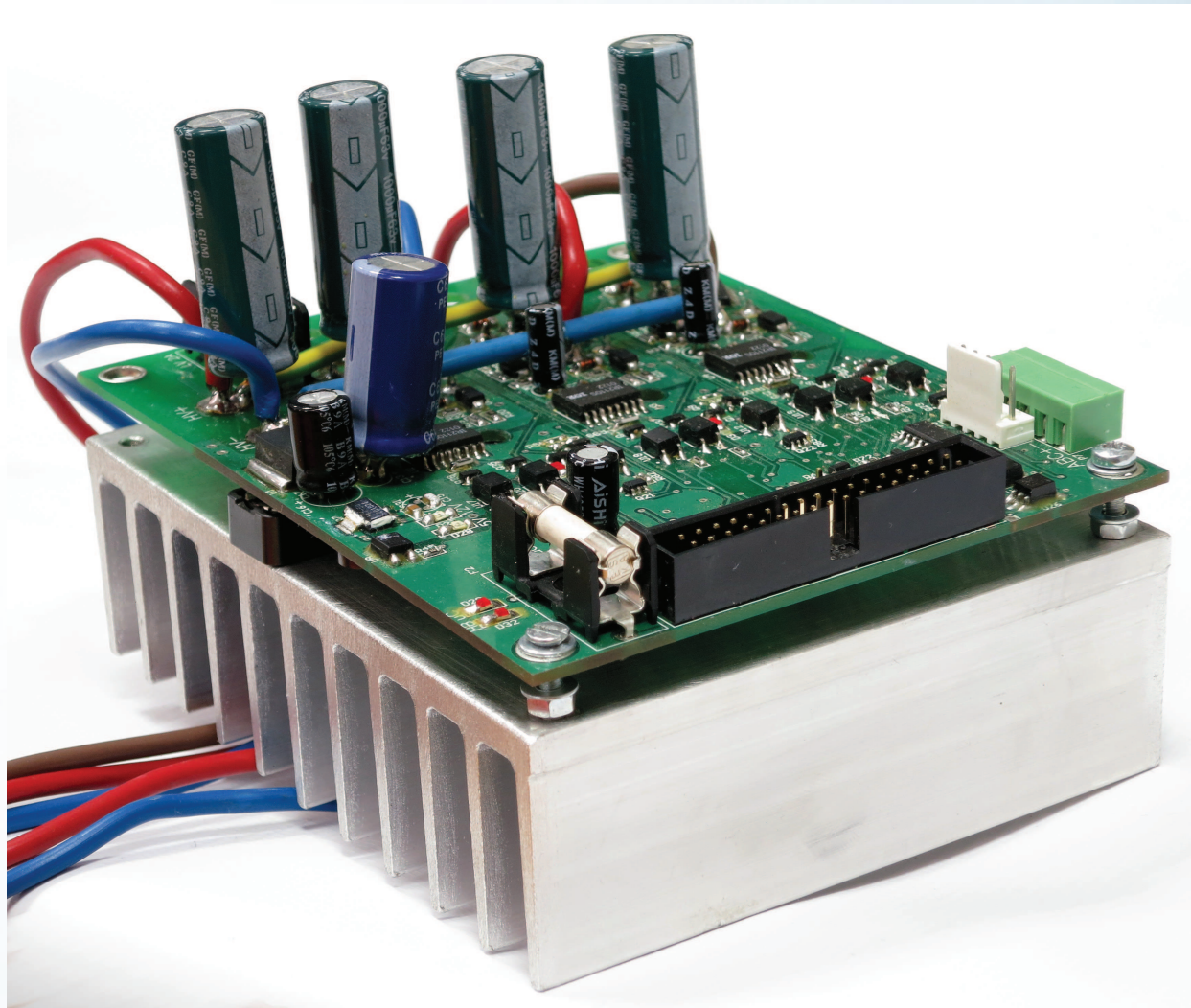


Figure 1: Zdjęcie pojazdu

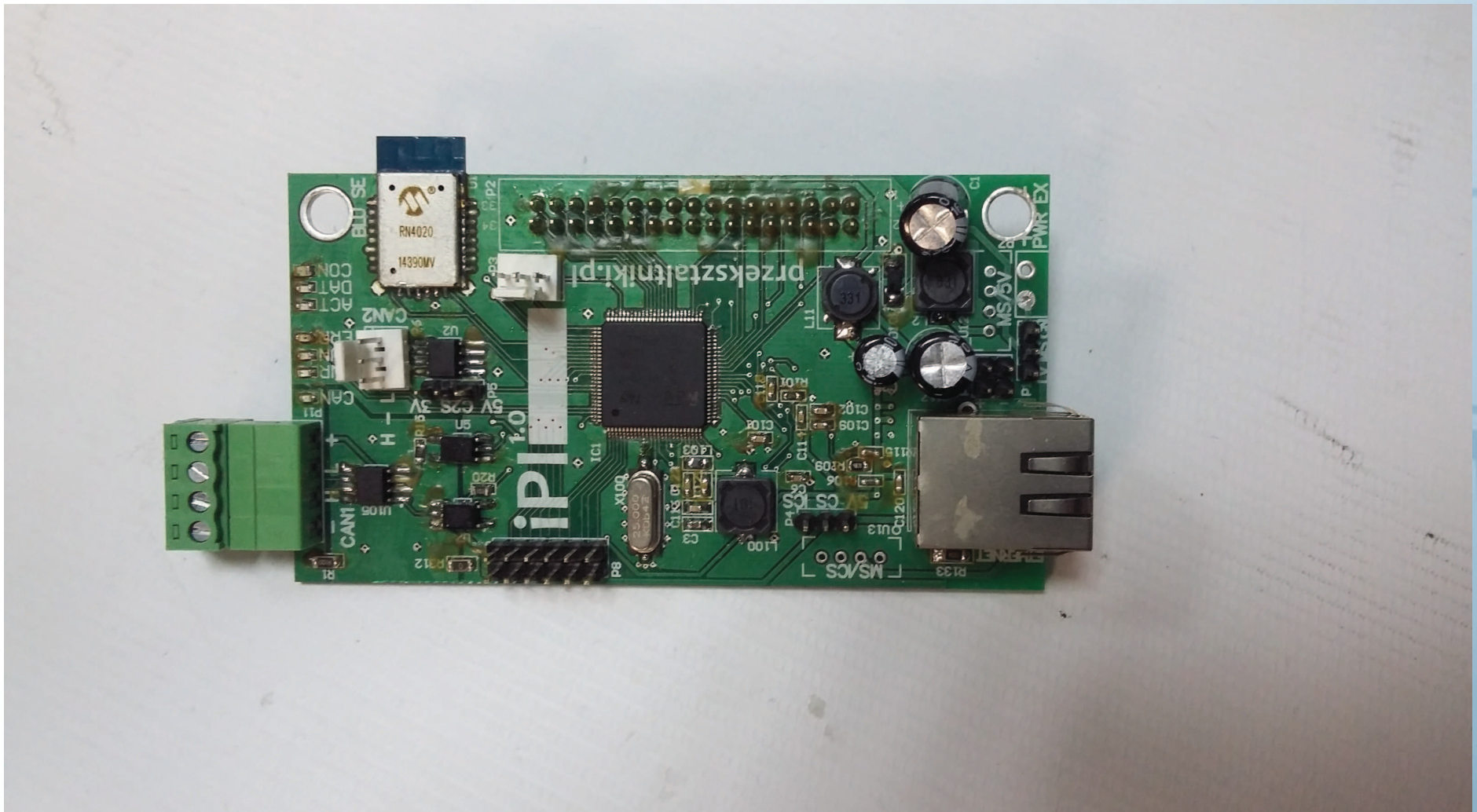
# Cele projektowe przekształtnika

- uzyskanie dużej gęstości mocy,
- separacja galwaniczna części mocy oraz sterowania,
- zapewnienie mechanizmów bezpieczeństwa użytkownika,
- zapewnienie dobrych warunków pracy dla tranzystorów mocy.

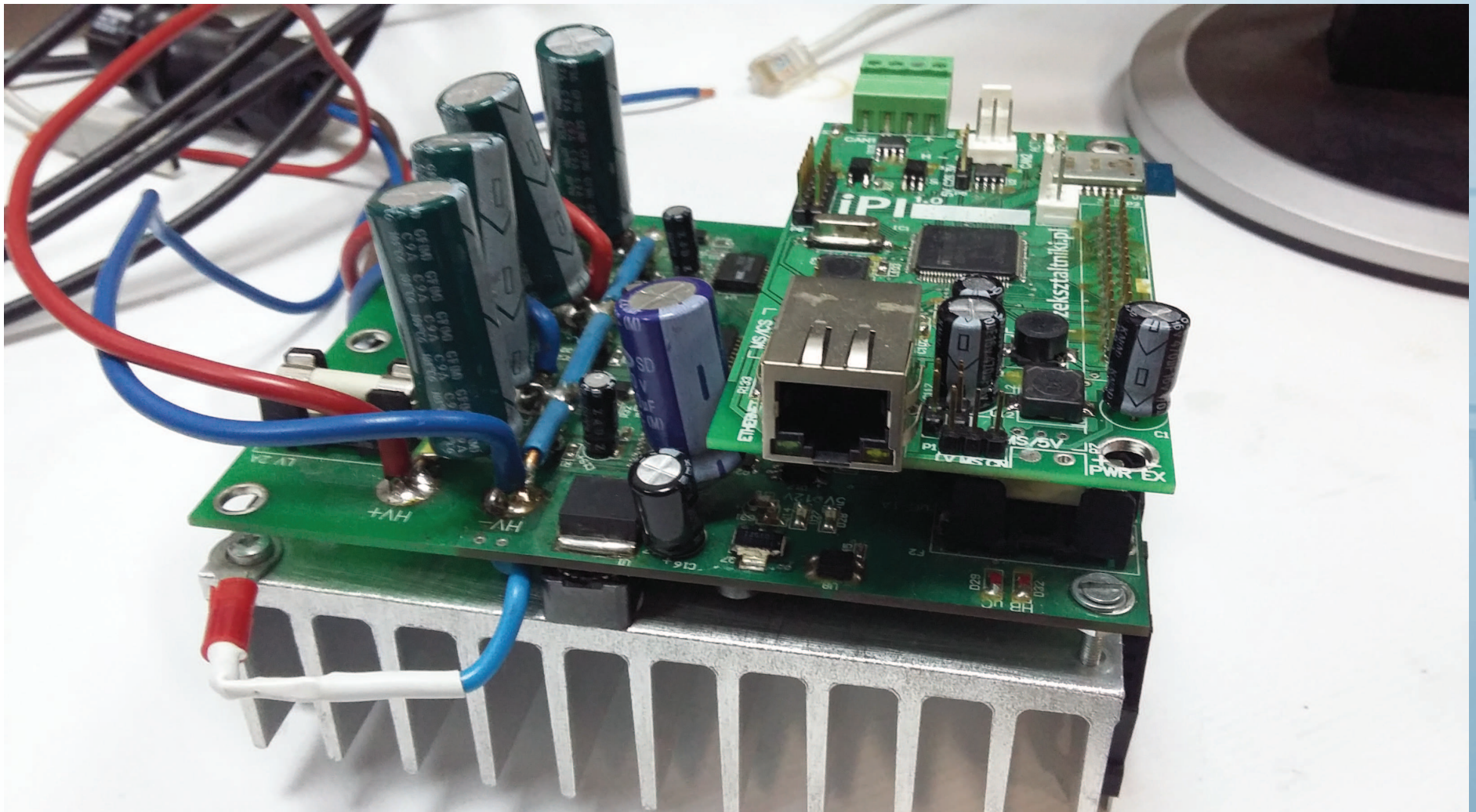
# Przekształtnik



# Nowy sterownik



# Sterownik wraz z przekształtnikiem



# Model pojazdu - założenia

- Realizacja w środowisku Matlab/Simulink
- Model zostaje ograniczony do płaszczyzny XY
- Pominięto zjawisko poślizgu kół oraz ugięcie zawieszenia
- Rama pojazdu oraz koła są idealnie sztywne
- Model dynamiki zakłada obecność dwóch sygnałów zakłócających (zewnątrzna siła hamująca oraz wypadkowa siła oporu proporcjonalna do prędkości)
- Siły generowane przez napędy są rzutowane na kierunek skrętu kierownicy

# Schemat kinematyczny

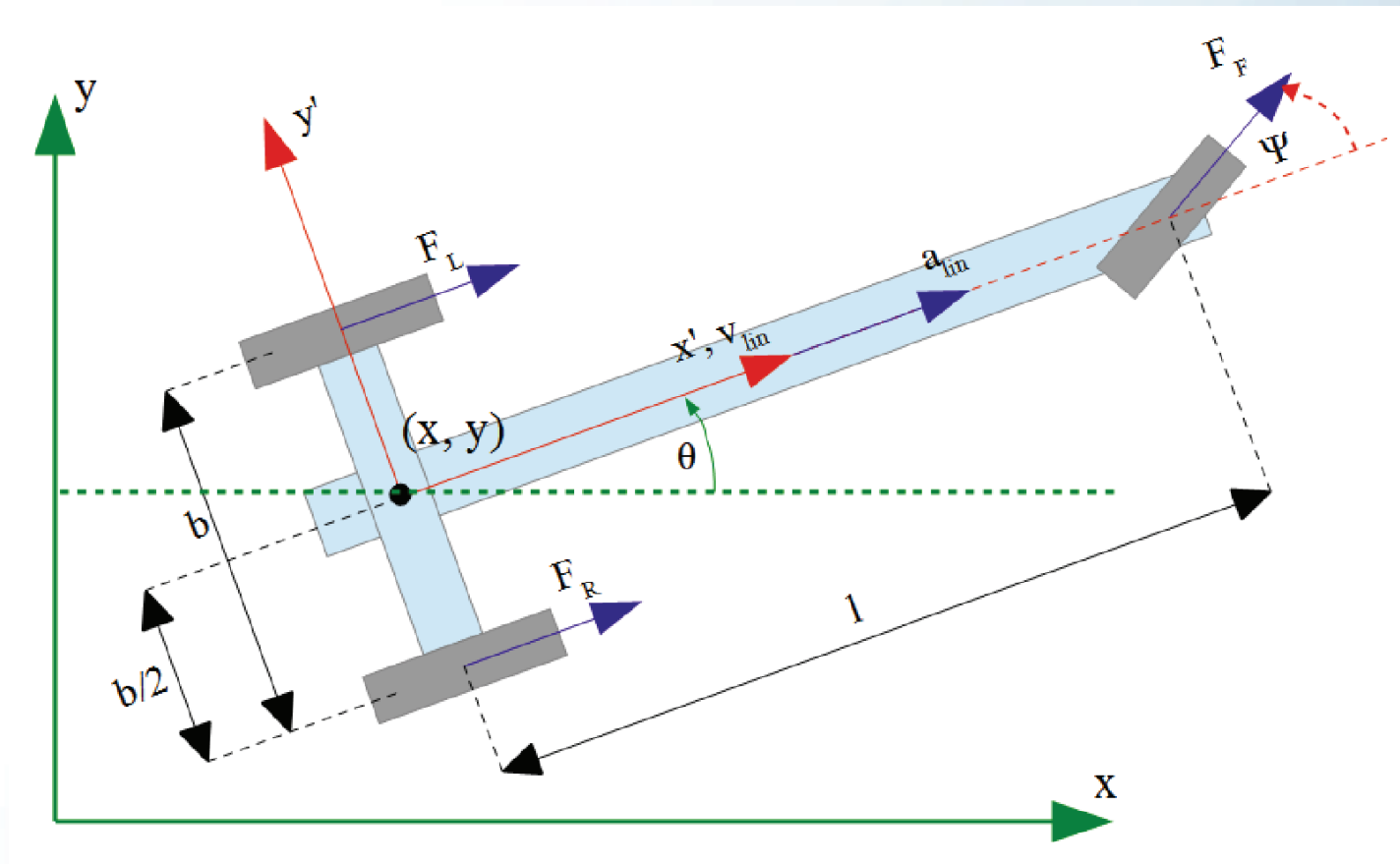


Figure 2: Szkic modelowanego pojazdu (widok od góry na płaszczyznę  $XY$ )

# Schemat sieci w pojeździe - stan obecny

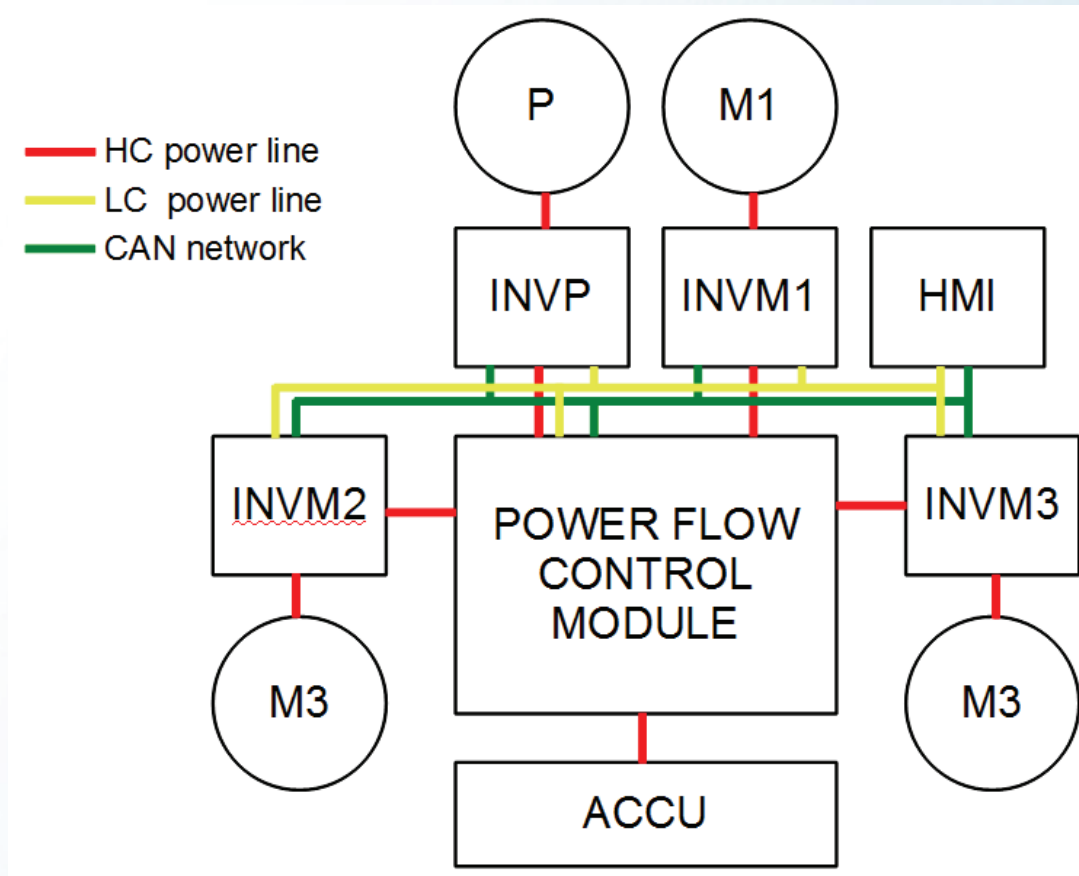


Figure 3: Schematyczne przedstawienie struktury sieci w pojeździe

# Schemat sieci w pojeździe - struktura zmodyfikowana

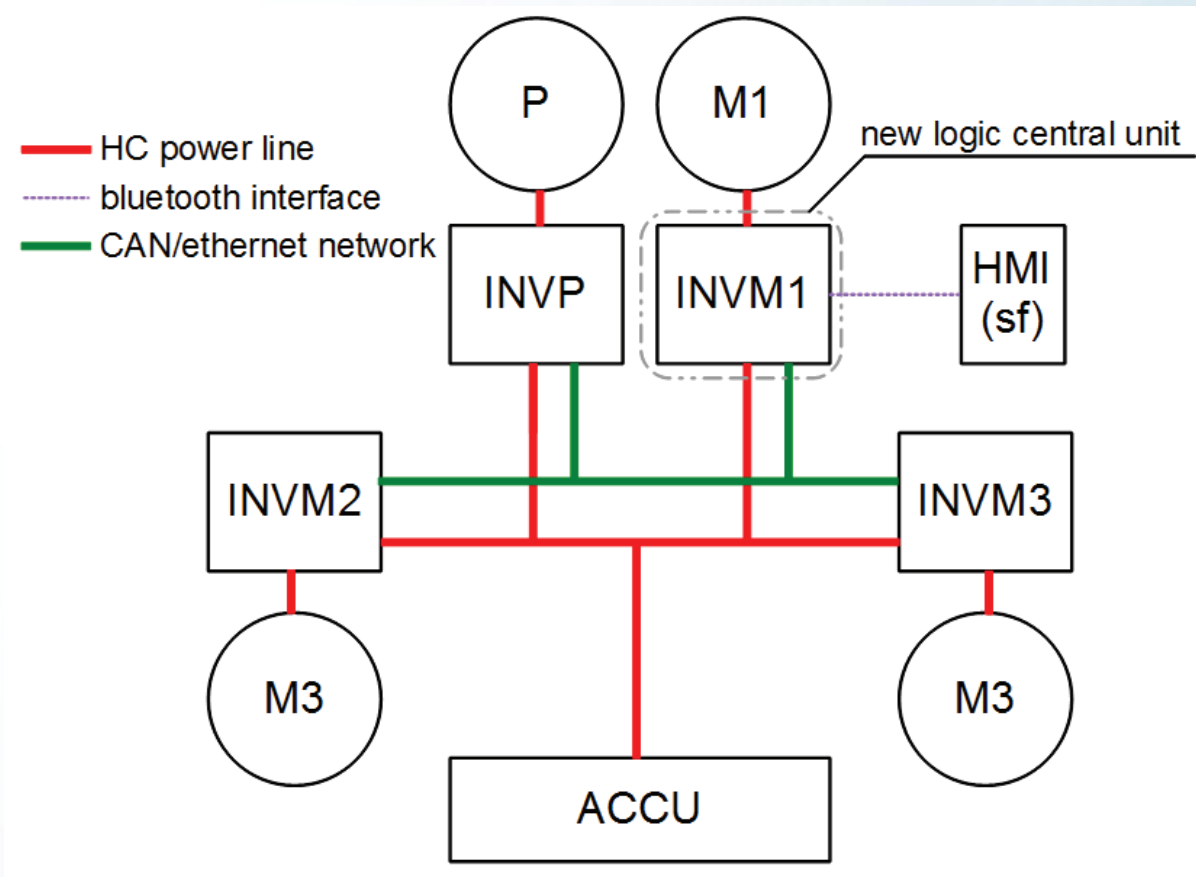


Figure 4: Schematyczne przedstawienie struktury sieci w pojeździe



# Przeanalizowane struktury - podsumowanie

- Zadawanie napięcia na każdy z przekształtników - przeciętna dynamika, problem w trakcie skrętów
- Zadawanie prędkości dla każdego z kół - bardzo dobra dynamika, problem w trakcie skrętów
- **Zadawanie prądu dla każdego z napędów z centralnym regulatorem prądu** - bardzo dobra dynamika, brak problemów podczas skrętów

# Zadawanie prądów dla napędów

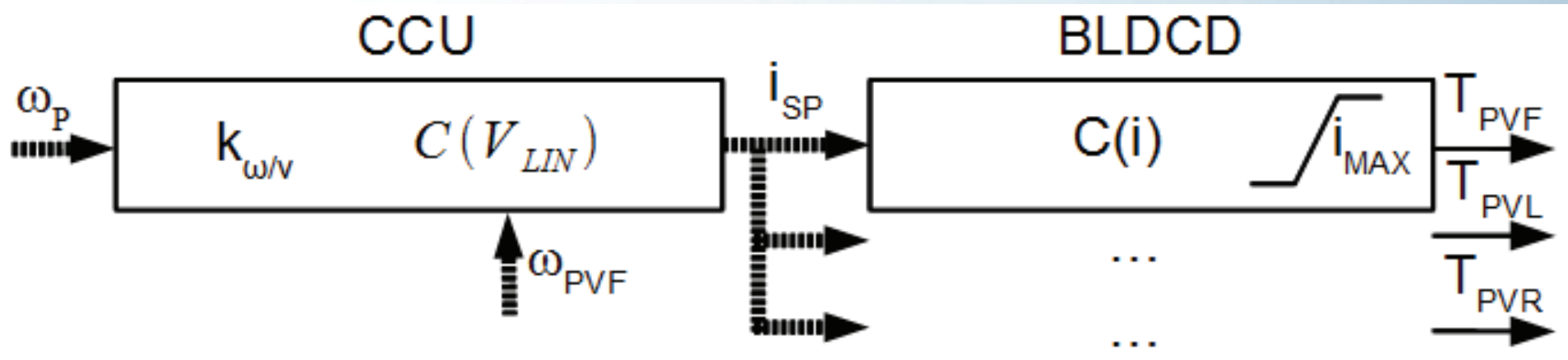


Figure 6: Zadawanie prądu dla napędów - regulator prędkości przeniesiony do CCU

# Zadawanie momentu oporowego

- Realizacja elektronicznej przerzutki
- Istotne z punktu widzenia wrażeń z jazdy
- Zagadnienie poruszane na etapie rozwoju pierwszego prototypu

# Zadawanie momentu oporowego - aktualna struktura

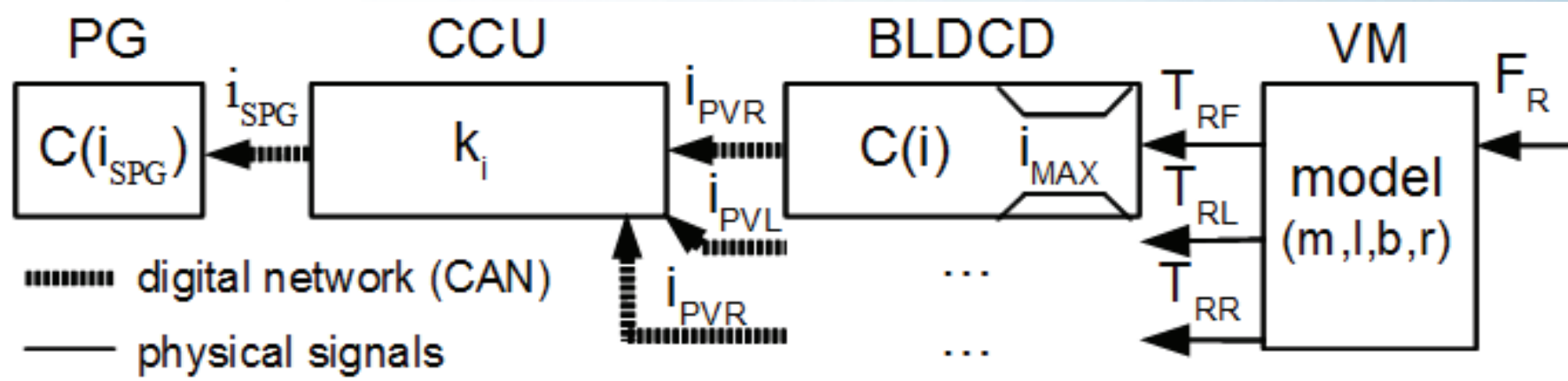


Figure 7: Zadawanie momentu oporowego na pedałach

# Zadawanie momentu oporowego - algorytm wolnego koła zaimplementowany w sterowniku przekształtnika prądu

Gdy prędkość wirtualnego wolnego koła  $\omega_m$  jest mniejsza od prędkości rzeczywistego mechanizmu  $\omega$ , wirtualna zapadka zostaje płynnie zatrzaśnięta:

$$\omega_m[k] = \omega_m[k - 1] + k_1 \cdot (\omega[k] - \omega_m[k - 1])$$

Gdy prędkość modelowanego układu  $\omega_m$  jest większa od prędkości rzeczywistego mechanizmu  $\omega$ , wirtualne wolne koło zwalnia z pasywnym momentem tarcia, aż prędkość rzeczywista zostanie osiągnięta:

$$J \cdot \frac{d\omega_m}{dt} = -R \cdot \omega_m$$

# Zadawanie momentu oporowego (2)

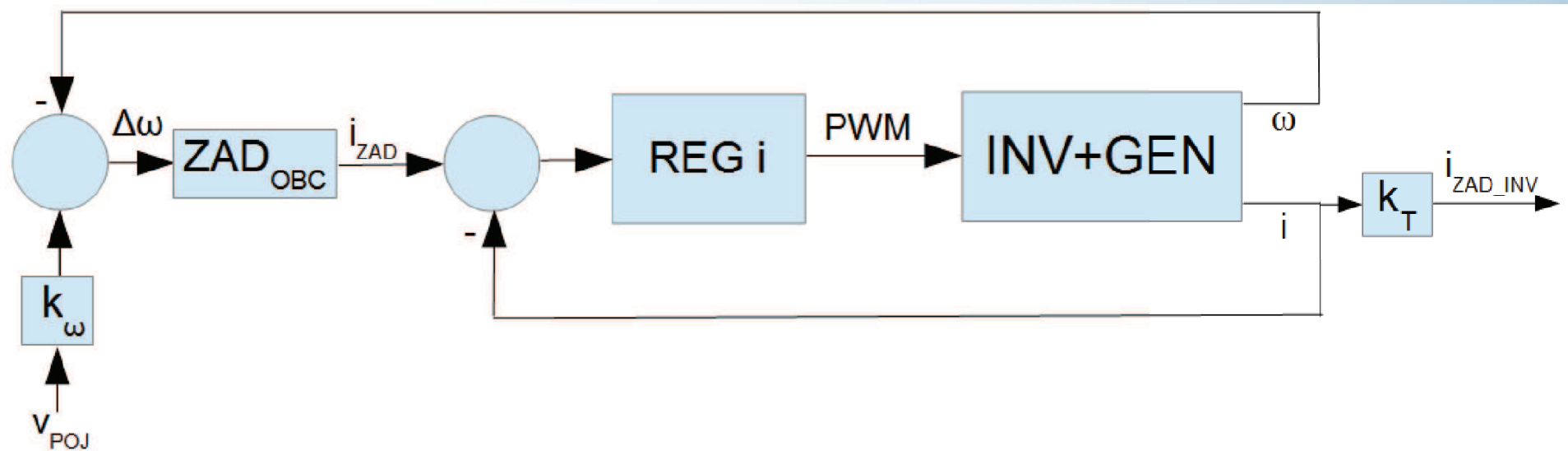


Figure 8: Zadawanie momentu oporowego na pedałach - wersja zmodyfikowana

# Zadawanie momentu oporowego (2)

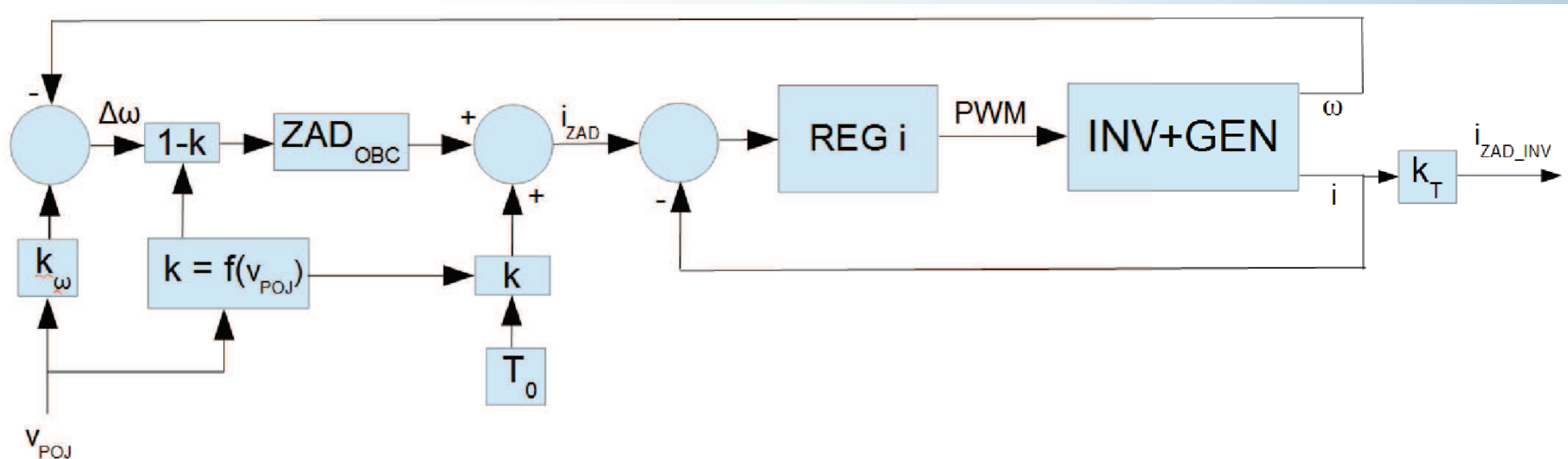


Figure 9: Zadawanie momentu oporowego na pedałach - druga wersja zmodyfikowana

# Podsumowanie

- Do praktycznej implementacji wybrano strukturę z centralnym regulatorem prędkości oraz regulatorami prądu w napędach
- Implementacji na pojeździe wymaga nowa struktura sterowania obciążeniem na pedałach jak i zadawania prądu dla napędów
- Do celów diagnostycznych/pomiarowych jak również (testowo) do sterowania zostanie użyta sieć Ethernet
- Konieczna jest modyfikacja sterowania napędami z silnikiem BLDC w celu minimalizacji tętnień momentu, szczególnie przy niskich prędkościach obrotowych