

Układ do bezstykowego transferu energii pomiędzy pojazdami elektrycznymi

Przedmiotem wynalazku jest układ i sposób bezstykowego transferu energii pomiędzy pojazdami elektrycznymi, który poprzez zjawisko indukcji pola magnetycznego i rezonansu układu RLC z wykorzystaniem technologii radiowej pozwala na doładowanie baterii co najmniej jednego pojazdu kosztem rozładowania baterii w drugim z pojazdów. Ponadto, umożliwia bezstykowy transfer energii w obu kierunkach co najmniej pomiędzy dwoma pojazdami a stacjonarnym zasobnikiem energii. Proponowany układ umożliwia sterowanie transferem energii dużej mocy elastycznie i dwukierunkowo, niezależnie od połączenia układu.

Z dokumentu standaryzacyjnego SAE J – 1773 opublikowanego przez Society of Automotive Engineers, Inc. znane jest bezstykowe ładowanie energii elektrycznej wykorzystujące zjawisko indukcji magnetycznej oraz rezonansu magnetycznego.

Znany jest również opisu patentowego nr PL214172 (B1) sposób bezkontaktowego transferu energii elektrycznej i układ bezkontaktowego transferu energii elektrycznej.

Z publikacji naukowych znane są prace badawcze w zakresie efektywności ładowania indukcyjnego bezprzewodowego samochodów elektrycznych - Effect of Coupled Inductor on Wireless Power Transmission for Electric Vehicle Charging, T. Kripalakshmi ; R. Ramaprabha, 2018, IEEE Conferences.

Najbliższym technicznie rozwiązaniem jest indukcyjne ładowanie ze wsparciem dla wielu protokołów ładowania opisane w dokumencie patentowym nr US8896264 (B2). Polega ono na transferze energii z wykorzystaniem dwóch obwodów szeregowych rezonansowych, z czego obwód pierwszy jest zasilany z tranzystorowej półmostkowej przetwornicy AC/DC, natomiast drugi obwód również jest przetwornicą AC/DC w postaci mostka diodowego Gretza. Transfer energii odbywa się w jednym wybranym kierunku.

Celem wynalazku jest umożliwienie bezobsługowego oraz bezpiecznego ładowania i rozładowania zasobników energii znajdujących się na pokładzie co najmniej dwóch pojazdów elektrycznych w sytuacji gdy brak jest dostępu do energii elektrycznej w punkcie ładowania lub dostęp jest ograniczony technicznie.

Istotą układu do bezstykowego transferu energii pomiędzy pojazdami elektrycznymi posiadającego układ sterowania pojazdu pierwszego, układ sterowania pojazdu drugiego, baterię trakcyjną pojazdu pierwszego, baterię trakcyjną pojazdu drugiego według wynalazku jest to, że bateria trakcyjna pojazdu pierwszego połączona jest z przetwornikiem rezonansowym pojazdu pierwszego, który połączony jest z obwodem rezonansowym pojazdu pierwszego i układem sterowania pojazdu pierwszego. Obwód rezonansowy pojazdu pierwszego sprzężony jest magnetycznie z pierwszym obwodem rezonansowym, który połączony jest z pierwszym przetwornikiem rezonansowym AC/DC, połączonym z pierwszym przetwornikiem statycznym DC/DC. Pierwszy przetwornik statyczny DC/DC połączony jest z drugim przetwornikiem rezonansowym DC/AC, który połączony jest z drugim obwodem rezonansowym. Drugi obwód rezonansowy sprzężony jest magnetycznie z obwodem rezonansowym pojazdu drugiego, który połączony jest z przetwornikiem rezonansowym pojazdu drugiego DC/AC. Przetwornik rezonansowy pojazdu drugiego połączony jest z baterią trakcyjną pojazdu drugiego i z układem sterowania pojazdu drugiego.

Korzystnie jest gdy do linii łączącej pierwszy przetwornik rezonansowy AC/DC i pierwszy przetwornik statyczny DC/DC podłączony jest za pomocą węzła magazyn energii.

Wskazane jest gdy pomiędzy węzłem a magazynem energii podłączony jest drugi przetwornik statyczny DC/DC.

Dodatkowo możliwe jest aby do linii łączącej pierwszy przetwornik rezonansowy AC/DC i pierwszy przetwornik statyczny DC/DC podłączony był co najmniej jeden obwód transferujący składający się z trzeciego przetwornika rezonansowego AC/DC, połączonego z trzecim obwodem rezonansowym.

Wskazane jest gdy do układu sterowania pojazdu pierwszego podłączony jest pierwszy układ komunikacji, zaś do układu sterowania pojazdu drugiego podłączony jest drugi układ komunikacji, natomiast do pierwszego przetwornika rezonansowego podłączony jest pierwszy układ komunikacji przetworników rezonansowych, zaś do drugiego przetwornika rezonansowego podłączony jest drugi układ komunikacji przetworników rezonansowych. Przy czym pierwszy układ komunikacji połączony jest bezprzewodowo z drugim układem komunikacji oraz z pierwszym układem komunikacji przetwornika rezonansowego, natomiast drugi

układ komunikacji połączony jest bezprzewodowo z drugim układem komunikacji przekształtnika rezonansowego.

Dodatkowo do przekształtnika rezonansowego pojazdu trzeciego podłączony jest układ sterowania pojazdu trzeciego, który połączony jest z trzecim układem komunikacji, który połączony jest bezprzewodowo z trzecim układem komunikacji przekształtnika rezonansowego, natomiast do trzeciego przekształtnika rezonansowego podłączony jest trzeci układ komunikacji przekształtnika rezonansowego, zaś trzeci układ komunikacji połączony jest linią bezprzewodową z pierwszym układem komunikacji i drugim układem komunikacji.

Istotą sposobu do bezstykowego transferu energii pomiędzy pojazdami elektrycznymi jest to, że ustala się za pomocą układu sterującego pojazdu pierwszego moc oraz kierunek transferu energii przekształtnika rezonansowego pojazdu pierwszego i za pomocą układu sterującego pojazdu drugiego ustala się moc oraz kierunek transferu energii dla przekształtnika rezonansowego pojazdu drugiego. Następnie z baterii pojazdu pierwszego przekazuje się energię w postaci prądu stałego do przekształtnika pojazdu pierwszego gdzie zamienia się energię w postaci prądu stałego na energię w postaci prądu przemiennego i przekazuje się ją do obwodu rezonansowego pojazdu pierwszego, gdzie zamienia się energię elektryczną w energię elektromagnetyczną i transferuje się energię za pomocą pola elektromagnetycznego do obwodu rezonansowego, w którym zamienia się energię elektromagnetyczną w energię elektryczną prądu przemiennego i przekazuje się energię do pierwszego przekształtnika rezonansowego, gdzie zamienia się energię elektromagnetyczną na energię elektryczną w postaci prądu stałego i przekazuje się ją do pierwszego przekształtnika statycznego DC/DC, który podnosi poziom napięcia stałego i przekazuje do drugiego przekształtnika rezonansowego, w którym zamienia się energię elektryczną prądu stałego na energię elektryczną prądu przemiennego i przekazuje się ją do drugiego obwodu rezonansowego, gdzie zamienia się ją w energię elektromagnetyczną, którą transferuje się za pomocą pola elektromagnetycznego do obwodu rezonansowego pojazdu drugiego, w którym zamienia się energię elektromagnetyczną na energię elektryczną prądu przemiennego i przekazuje się ją do przekształtnika rezonansowego pojazdu drugiego, w którym zamienia się energię elektryczną prądu przemiennego na energię elektryczną prądu stałego i przekazuje się ją do baterii trakcyjnej pojazdu drugiego.

Możliwe jest aby energię elektryczną w postaci prądu stałego przekazywało się poprzez węzeł pomiędzy pierwszym przekształtnikiem statycznym DC/DC a pierwszym przekształtnikiem rezonansowym i magazynem energii.

5 Wskazane jest gdy energię elektryczną do magazynu energii przesyła się za pomocą drugiego przekształtnika statycznego DC/DC, w którym dopasowuje się napięcie w węzle do napięcia magazynu energii.

Opcjonalnie z układu sterowania pojazdu pierwszego przesyła się informację o mocy oraz kierunku transferu energii elektrycznej do pierwszego układu komunikacji, za pomocą którego wysyła się sygnał bezprzewodowy do drugiego układu komunikacji, 10 z którego przekazuje się te informacje do układu sterowania pojazdu drugiego. Dalej z układu sterowania pojazdu drugiego wysyła się za pomocą drugiego układu komunikacji do pierwszego układu komunikacji informacje potwierdzające gotowość pojazdu drugiego do transferu energii o zadanych parametrach, które przesyła się do układu sterowania pojazdu pierwszego. Następnie z układu sterowania pojazdu 15 pierwszego przekazuje się informację poprzez pierwszy układ komunikacji do pierwszego układu komunikacji przekształtnika rezonansowego, z którego przekazuje się te informacje do pierwszego przekształtnika rezonansowego oraz z układu sterowania pojazdu drugiego przekazuje się informację poprzez drugi układ komunikacji do drugiego układu komunikacji przekształtnika rezonansowego, 20 z którego przekazuje się te informacje do drugiego przekształtnika rezonansowego.

Zaproponowane rozwiązanie różni się od rozwiązań ze stanu techniki tym, że zaproponowane przetwornice AC/DC zapewniają dwukierunkowy transfer energii oraz stabilizację parametrów szyny DC z wykorzystaniem dodatkowej przetwornicy DC/DC lub magazynu energii. Takie podejście pozwala na elastyczny transfer energii 25 pomiędzy pojazdami elektrycznymi bez udziału konwencjonalnego źródła zasilania co stanowi o pełnej autonomii proponowanego rozwiązania technicznego.

Korzystnym skutkiem wynalazku jest to, że możliwe będzie transferowanie energii pomiędzy pojazdami elektrycznymi z wykorzystaniem autonomicznej struktury przekształtnikowej, która może stanowić element infrastrukturalny parkingów, 30 placów, garaży. Możliwość zabudowy urządzenia w gruncie pozwala na zainstalowanie struktury bez wpływu na architekturę krajobrazu. Brak konwencjonalnego zasilania energią elektryczną umożliwia instalowanie propanowego rozwiązania w miejscach oddalonych od tradycyjnej infrastruktury

energetycznej. Ponadto, zainstalowanie rozwiązania nie wymaga skomplikowanych procedur budowlanych. Ze względu na łatwość aplikacji, rozwiązanie można będzie zastosować w strefach nadzoru architektoniczno – budowlanego, gdzie rozbudowa tradycyjnej infrastruktury ładowania pojazdów nie jest możliwa. Proponowane rozwiązanie może przyczynić się do rozwoju zero emisyjnego transportu oraz racjonalnej gospodarki energią.

Wynalazek w przykładach wykonania został przedstawiony na rysunku, na którym fig. 1 przedstawia schemat rozwiązania w pierwszym przykładzie wykonania, zaś fig. 2 – schemat rysunku w drugim przykładzie wykonania.

10 Układ do bezstykowego transferu energii pomiędzy pojazdami elektrycznymi w pierwszym przykładzie wykonania, którego schemat przedstawiono na fig. 1. rysunku, składał się z baterii trakcyjnej pojazdu pierwszego BT1 firmy BMW model i3 o napięciu znamionowym 400 VDC wykonanej w technologii litowo – jonowej o pojemności 33,2 kWh i wyposażonej w układ BMS (Battery Management System),
15 zabezpieczający przed rozładowaniem lub przeładowaniem. Do baterii trakcyjnej BT1 podłączony był za pomocą dwóch przewodów o polu przekroju 40 mm² przekształtnik rezonansowy pojazdu pierwszego PSR1, wykonany w topologii mostka tranzystorowego typu H opartego o technologię SiC, który pracuje z częstotliwością kluczkowania 200 kHz. Mostek H przetwornicy PSR1 wzbudza obwód rezonansowy
20 pojazdu pierwszego LC1, składający się z cewki powietrznej płaskiej o indukcyjności 390 μH oraz baterii kondensatorów o pojemności 14 nF firmy EPCOS. Cewka w kształcie prostokąta o wymiarach 300 x 300 mm zbudowana jest w technologii spiralnej z wykorzystaniem rurki o średnicy 6 mm chłodzonej cieczą i miseczki ferrytowej ukierunkowującej pole elektromagnetyczne. Natomiast bateria
25 kondensatorów wykonana jest z wielu równolegle połączonych nisko impedancyjnych kondensatorów polipropylenowych i znajduje się tuż nad miseczką ferrytową. Przekształtnik rezonansowy pojazdu pierwszego PSR1 sterowany jest za pomocą układu sterowania pojazdu pierwszego US1 składającego się z jednostki ECU firmy BMW i mikrokontrolera firmy Texas Instrument TMS320F28379D. Zadaniem
30 mikrokontrolera jest komunikowanie się z układem BMS baterii trakcyjnej pojazdu pierwszego BT1 z wykorzystaniem komunikacji CAN 2.0B oraz generowanie sygnałów PWM dla tranzystorów mocy przekształtnika rezonansowego pojazdu pierwszego PSR1 w celu poprawnego wzbudzenia obwodu pojazdu pierwszego LC1.

W omawianym przykładzie układ złożony z obwodu rezonansowego pojazdu drugiego LC2, przekształtnika rezonansowego pojazdu drugiego PSR2, baterii trakcyjnej pojazdu drugiego BT2 i układu sterowania pojazdu drugiego US2 jest wykonany analogicznie do obwodu pojazdu pierwszego z tym, że bateria trakcyjna

5 pojazdu drugiego BT2 miała pojemności 18,8 kWh.

Natomiast, obwód transferujący złożony z obwodu rezonansowego pojazdu pierwszego LCOT1, pierwszego przekształtnika rezonansowego PSROT1, pierwszego przekształtnika statycznego DC/DC PSDC1, drugiego przekształtnika rezonansowego PSROT2, obwodu rezonansowego pojazdu drugiego LCOT2 został

10 wykonany w formie monolitu szeregowo połączonych urządzeń o długości 2800 mm, który umieszczono w gruncie, tuż pod powierzchnią ziemi. Następnie wykonano utwardzenie cementowe o grubości 20 mm. Obwody rezonansowe pojazdu pierwszego LCOT1 i pojazdu drugiego LCOT2 zostały wykonane w formie płaskich cewek w kształcie prostokąta o wymiarach 300 x 300 mm i wyniesione nad

15 powierzchnię utwardzoną na wysokość 120 mm w celu zminimalizowania szczeliny powietrznej pomiędzy parami obwodów rezonansowych. Pod warstwą uzwojenia cewek pierwszego obwodu rezonansowego LCOT1 i drugiego obwodu rezonansowego LCOT2, umieszczono talerzyki ferrytowe, magnetyczne wykonane z materiału 3F3 firmy Ferrocube. W celu zabezpieczenia przed uszkodzeniem

20 mechanicznym pierwszego obwodu rezonansowego LCOT1 i drugiego obwodu rezonansowego LCOT2, obwody zostały obudowane krawężnikami betonowymi o wysokości 120 mm od powierzchni podłoża. Rozstaw pierwszego obwodu rezonansowego LCOT1 i drugiego obwodu rezonansowego LCOT2 umożliwia równoległe parkowanie dwóch pojazdów osobowych.

25 Układ do bezstykowego transferu energii pomiędzy pojazdami elektrycznymi w drugim przykładzie wykonania, którego schemat wykonania przedstawiono na fig. 2 rysunku, jest wykonany jak w pierwszym przykładzie wykonania z tym, że pierwszy przekształtnik rezonansowy PSROT1 i pierwszy przekształtnik statyczny DC/DC PSDC1 połączone są dwużyłowymi przewodami miedzianymi o polu przekroju 10 mm² poprzez węzeł A z drugim przekształtnikiem statycznym DC/DC PSN2 o tożsamy

30 parametrach jak pierwszy przekształtnik statyczny DC/DC PSDC1, który połączony jest dwużyłowymi przewodami miedzianymi o polu przekroju 10 mm² z magazynem energii ME w postaci baterii o napięciu znamionowym

750 VDC i pojemności 50 kWh wykonanym w technologii litowo – jonowej firmy BMZ Poland. Bateria zabezpieczona jest zintegrowanym układem BMS, który za pomocą komunikacji w standardzie CAN 2.0B komunikuje się z układem mikrokontrolera firmy Texas Instrument model TMS320F28379D zarządzającym pierwszym 5 przekształtnikiem rezonansowym PSROT1. Dodatkowo do węzła A podłączony jest trzeci obwód transferujący, składający się z trzeciego przekształtnika rezonansowego PSROT3 oraz trzeciego obwodu rezonansowego LCOT3. Z tym że, trzeci obwód transferujący posiadał parametry tożsame tak jak pierwszy przekształtnik rezonansowy PSROT1 i drugi przekształtnik rezonansowy PSROT2 oraz pierwszy 10 obwód rezonansowy LCOT1 i drugi obwód rezonansowy LCOT2. Natomiast pojazd trzeci, firmy Nissan model Leaf, składający się z baterii trakcyjnej pojazdu trzeciego BT3 o napięciu znamionowym 365 VDC wykonanej w technologii litowo – jonowej o pojemności 40 kWh i wyposażonej w układ BMS, zabezpieczający przed rozładowaniem lub przeładowaniem. Do baterii trakcyjnej BT3 podłączony jest za 15 pomocą dwóch przewodów o polu przekroju 40 mm² przekształtnik rezonansowy pojazdu trzeciego PSR3 oraz z obwodu rezonansowego pojazdu trzeciego LC3, które zostały wykonane tak jak w pierwszym przykładzie wykonania. Natomiast, przekształtnik rezonansowy pojazdu trzeciego PSR3 sterowany jest za pomocą układu sterowania pojazdu trzeciego US3 składającego z jednostki ECU firmy Nissan i mikrokontrolera firmy Texas Instrument TMS320F28379D. 20

Dodatkowo do układu sterowania pojazdu pierwszego US1 podłączony jest pierwszy komunikacji UK1, do układu sterowania pojazdu drugiego US2 podłączony jest drugi komunikacji UK2, do układu sterowania pojazdu trzeciego US3 podłączony jest trzeci układ komunikacji UK3, którymi są układy firmy Texas Instrument Texas 25 Instrument SimpleLink Wi-Fi CC3220SF. Pierwszy komunikacji UK1 sprzężony jest bezprzewodowo z wykorzystaniem transmisji bezprzewodowej WiFi z drugim układem komunikacji UK2 oraz z trzecim układem komunikacji UK3 a także drugi układ komunikacji UK2 sprzężony jest bezprzewodowo z wykorzystaniem transmisji bezprzewodowej WiFi z trzecim układem komunikacji UK3. Pierwszy układ 30 komunikacji UK1 sprzężony jest bezprzewodowo z wykorzystaniem transmisji bezprzewodowej WiFi z pierwszym układem komunikacji przekształtnika rezonansowego UKPSR1, który podłączony jest do pierwszego obwodu transferującego energię PSROT1. Drugi układ komunikacji UK2 sprzężony jest

bezprzewodowo z wykorzystaniem transmisji bezprzewodowej WiFi z drugim układem komunikacji przekształtnika rezonansowego UKPSR2 , który podłączony jest do drugiego obwodu transferującego energię PSROT2. Trzeci układ komunikacji UK3 sprzężony jest bezprzewodowo z wykorzystaniem transmisji bezprzewodowej WiFi z trzecim układem komunikacji przekształtnika rezonansowego UKPSR3, który podłączony jest do trzeciego obwodu transferującego energię PSROT3. Układami komunikacji przekształtników rezonansowych UKPSR1, UKPSR2, UKPSR3 są układy firmy Texas Instrument SimpleLink Wi-Fi CC3220SF.

Sposób do bezstykowego transferu energii pomiędzy pojazdami elektrycznymi w pierwszym przykładzie wykonania zrealizowano z użyciem układu opisanego w pierwszym przykładzie wykonania. Wykonano go w ten sposób, że pojazd pierwszy I zaparkowano nad pierwszym obwodem rezonansowym LCOT1, w taki sposób, żeby obwód rezonansowy pojazdu pierwszego LC1 był współosiowy z odchyłką współosiowości w osi X i Y nie większą niż 20 mm. W przypadku pojazdu drugiego II wykonano identyczną czynność współosiowania pomiędzy obwodem rezonansowym pojazdu drugiego LC2 a drugim obwodem rezonansowym LCOT2. Za pomocą układów sterowania pojazdu pierwszego US1 i układów sterowania pojazdu drugiego US2 ustalono kierunek i parametry transferu energii pomiędzy pojazdem pierwszym I a pojazdem drugim II. Ustalono moc transferu energii na poziomie 3 kW oraz kierunek z pojazdu pierwszego I do pojazdu drugiego II. Następnie za pomocą mikrokontrolerów firmy Texas Instrument model TMS320F28379D i sterowników pokładowych ECU firmy BMW nawiązano komunikację za pośrednictwem transmisji CAN 2.0B z układami BMS baterii trakcyjnej pojazdu pierwszego BT1 i baterii trakcyjnej pojazdu drugiego BT2. Następnie, mikrokontrolery TMS320F28379D będące częścią układów sterowania pojazdu pierwszego US1 i układów sterowania pojazdu drugiego US2 realizowały algorytm sterowania mostkami H przekształtników rezonansowych pojazdu pierwszego PSR1 i przekształtników rezonansowych pojazdu drugiego PSR2. Natomiast przekształtnik rezonansowy pojazdu pierwszego PSR1 i przekształtnik rezonansowy pojazdu drugiego PSR2 wzbudziły obwód rezonansowy pojazdu pierwszego LC1 i obwód rezonansowy pojazdu drugiego LC2. Następnie, energia elektromagnetyczna była transferowana z pierwszego przekształtnika rezonansowego pojazdu pierwszego PSR1 do pierwszego przekształtnika

rezonansowego PSROT1 za pomocą powstałego transformatora ze szczeliną powietrzną składającego się z obwodu rezonansowego pojazdu pierwszego LC1 i pierwszego obwodu rezonansowego LCOT1. Zadaniem przekształtnika PSROT1 było odebranie energii z pierwszego obwodu rezonansowego LCOT1 a następnie

5 przeprowadzono prostowania synchroniczne z wykorzystaniem mostka typu H. Analogicznie energia elektromagnetyczna była transferowana z drugiego przekształtnika rezonansowego PSROT2 do drugiego przekształtnika rezonansowego pojazdu drugiego PSR2 za pomocą powstałego transformatora ze szczeliną powietrzną składającego się z obwodu rezonansowego pojazdu drugiego

10 LC2 i drugiego obwodu rezonansowego LCOT2. Zadaniem przekształtnika rezonansowego pojazdu drugiego PSR2 było odebranie energii z drugiego obwodu rezonansowego LCOT2 a następnie przeprowadzenie prostowania synchronicznego z wykorzystaniem mostka typu H i ładowaniem baterii trakcyjnej pojazdu drugiego BT2. Zadaniem pierwszego przekształtnika statycznego DC/DC PSDC1 było

15 odbieranie energii elektrycznej od pierwszego przekształtnika rezonansowego PSROT1 i kondycjonowanie napięcia do wartości 750 VDC, a następnie dostarczanie jej do drugiego przekształtnika rezonansowego PSROT2. W celu zmniejszenia strat mocy w kluczach tranzystorowych ograniczono częstotliwość kluczenia PSDC1 do częstotliwości 50 kHz. Komunikacja pomiędzy

20 poszczególnymi przekształtnikami odbywała się za pomocą transmisji SPI.

Sposób do bezstykowego transferu energii pomiędzy pojazdami elektrycznymi w drugim przykładzie wykonania, zrealizowano z użyciem układu opisanego w drugim przykładzie wykonania. Wykonano go w analogiczny sposób jak pierwszym

25 sposobie wykonania z tym, że drugi przekształtnik statyczny DC/DC PSN2 skomunikował się z układem BMS magazynu energii ME firmy BMZ Poland z wykorzystaniem magistrali CAN 2.0B i pobrał informacje o stanie naładowania oraz napięciu magazynu energii ME. Magazyn energii miał napięcie 730 VDC i stan naładowania 80%. Następnie drugi przekształtnik statyczny DC/DC PSN2 mierzył

30 napięcie w węźle A, które podczas procesu transferu energii wahało się od 690 do 780 VDC. Zadaniem drugiego przekształtnika statycznego DC/DC PSN2 wraz z magazynem energii ME była stabilizacja napięcia w punkcie A na poziomie 750 VDC. Dodatkowo ustalono moc transferu energii na poziomie 2 kW oraz

kierunek z pojazdu pierwszego I do pojazdu trzeciego III. Następnie za pomocą mikrokontrolerów firmy Texas Instrument model TMS320F28379D i sterowników pokładowych ECU firmy BMW nawiązano komunikację za pośrednictwem transmisji CAN 2.0B z układami BMS baterii trakcyjnej pojazdu pierwszego BT1 i baterii trakcyjnej pojazdu trzeciego BT3. Następnie mikrokontrolery TMS320F28379D będące częścią układów sterowania pojazdu pierwszego i trzeciego realizowały algorytm sterowania mostkami H przekształtników rezonansowych pojazdu pierwszego PSR1 i przekształtników rezonansowych pojazdu trzeciego PSR3. Natomiast przekształtnik rezonansowy pojazdu pierwszego PSR1 i przekształtnik rezonansowy pojazdu trzeciego PSR3 wzbudziły obwód rezonansowy pojazdu pierwszego LC1 i obwód rezonansowy pojazdu trzeciego LC3. Następnie energia elektromagnetyczna była transferowana z pierwszego przekształtnika rezonansowego pojazdu pierwszego PSR1 do pierwszego przekształtnika rezonansowego PSROT1 za pomocą powstałego transformatora ze szczeliną powietrzną składającego się z obwodu rezonansowego pojazdu pierwszego LC1 i pierwszego obwodu rezonansowego LCOT1. Zadaniem przekształtnika PSROT1 było odebranie energii z obwodu rezonansowego LCOT1 a następnie przeprowadzono prostowanie synchroniczne z wykorzystaniem mostka typu H. Analogicznie energia elektromagnetyczna była transferowana z trzeciego przekształtnika rezonansowego PSROT3 do trzeciego przekształtnika rezonansowego pojazdu trzeciego PSR3 za pomocą powstałego transformatora ze szczeliną powietrzną składającego się z obwodu rezonansowego pojazdu trzeciego LC3 i trzeciego obwodu rezonansowego LCOT3. Zadaniem przekształtnika rezonansowego pojazdu trzeciego PSR3 było odebranie energii z trzeciego obwodu rezonansowego LCOT3 a następnie przeprowadzenie prostowania synchronicznego z wykorzystaniem mostka typu H i ładowaniem baterii trakcyjnej pojazdu trzeciego BT3. Sterowanie polegało na tym, że układ sterownia pojazdu pierwszego US1 przekazał informacje o zakresie mocy oraz kierunku transferu energii elektrycznej do pierwszego układu komunikacji UK1 za pośrednictwem komunikacji SPI. Następnie układ komunikacji UK1 przesłał z wykorzystaniem transmisji radiowej WiFi informacje do drugiego układu komunikacji UK2 i trzeciego układu komunikacji UK3. Następnie, drugi układ komunikacji UK2 i trzeci układ komunikacji UK3 przekazały informacje do układu sterowania pojazdem drugim US2 i sterowania pojazdem trzecim US3.

Następnie układ sterowania pojazdem drugim US2 i układ sterowania pojazdem trzecim US3 wysłały potwierdzenie za pośrednictwem pierwszego układu komunikacji UK1, drugiego układu komunikacji UK2 i trzeciego układu komunikacji UK3 do układu sterowania pojazdem pierwszym US1. Po potwierdzeniu warunków transferu energii pomiędzy układem sterowania pojazdu pierwszego US1 a układem sterowania pojazdu drugiego US2 i układem sterowania pojazdu trzeciego US3 nastąpiła wymiana informacji w grupach sterowników:

- od układu sterowania pojazdu pierwszego US1 poprzez pierwszy układ komunikacji UK1 i pierwszy układ komunikacji przekształtnika rezonansowego UKPSR1 do pierwszego przekształtnika rezonansowego PSROT1,
- od układu sterowania pojazdu drugiego US2 poprzez drugi układ komunikacji UK2 i drugi układ komunikacji przekształtnika rezonansowego UKPSR2 do drugiego przekształtnika rezonansowego PSROT2,
- od układu sterowania pojazdu trzeciego US3 poprzez trzeci układ komunikacji UK3 i trzeci układ komunikacji przekształtnika rezonansowego UKPSR3 do trzeciego przekształtnika rezonansowego PSROT3,

w celu poprawnego transferu energii pomiędzy pierwszym pojazdem I, drugim pojazdem II i trzecim pojazdem III.

RZECZNIK PATENTOWY

Maciej Nowicki
mgr inż. Maciej Nowicki
Nr wp. 3476

Wykaz oznaczeń:

US1- układ sterowania pojazdu pierwszego,

US2 - układ sterowania pojazdu drugiego,

US3 - układ sterowania pojazdu trzeciego,

BT1- bateria trakcyjna pojazdu pierwszego,

BT2- bateria trakcyjna pojazdu drugiego,

BT3- bateria trakcyjna pojazdu trzeciego,

PSR1- przekształtnik rezonansowy pojazdu pierwszego,

PSR2 - przekształtnik rezonansowy pojazdu drugiego,

PSR3 - przekształtnik rezonansowy pojazdu trzeciego,

PSDC1 – pierwszy przekształtnik statyczny DC/DC,

PSN2 – drugi przekształtnik statyczny DC/DC,

PSROT1 - pierwszy przekształtnik rezonansowy,

PSROT2 - drugi przekształtnik rezonansowy,

PSROT3 - trzeci przekształtnik rezonansowy,

LC1- obwód rezonansowy pojazdu pierwszego,

LC2- obwód rezonansowy pojazdu drugiego,

LC3- obwód rezonansowy pojazdu trzeciego,

LCOT1 – pierwszy obwód rezonansowy,

LCOT2 – drugi obwód rezonansowy,

LCOT3 – trzeci obwód rezonansowy,

ME- magazyn energii,

UK1 – pierwszy układ komunikacji,

UK2 – drugi układ komunikacji,

UK3 – trzeci układ komunikacji,

UKPSR1 – pierwszy układ komunikacji przekształtnika rezonansowego,

UKPSR2 – drugi układ komunikacji przekształtnika rezonansowego,

UKPSR3 – trzeci układ komunikacji przekształtnika rezonansowego.