

## OGRANICZENIA PROJEKTOWE SYSTEMÓW ZRZĄDZANIA AKUMULATORAMI DO CELÓW TRAKCYJNYCH.

### Streszczenie

W pracy przedstawiono genezę intensywnego rozwoju napędów elektrycznych z własnymi źródłami energii w postaci akumulatorów. Scharakteryzowano najpopularniejsze obecnie ogniwa litowe będące bazą do produkcji modułów akumulatorowych. Przedstawiono parametry graniczne tych ogniw determinujące ich poprawne działanie. Na tym tle zarysowano cele konstruowania układów BMS. Oraz ich najważniejsze cechy użytkowe.

### WSTĘP

W ostatnim czasie można odnieść wrażenie, że świat stoi na krawędzi rewolucji w dziedzinie zasilania energią. Jedną z przyczyn tego stanu rzeczy jest obserwowana zmiana klimatu w skali globalnej, która jest łączona z produkcją energii z paliw kopalnych. Zakłada się, że remedium na ten stan, może być większe wykorzystanie energii elektrycznej w różnych dziedzinach życia. Wg wielu opinii proces spalania jest przyczyną zwiększania się średniej temperatury na Ziemi, co w efekcie może skutkować katastrofą globalną.

Tak katastroficzne tło, jest wystarczająco silnym bodźcem do przeorientowania kierunków badań wielu ośrodków w stronę zmniejszenia zużycia energii jako takiej, jej oszczędzania oraz zastępowania energią odnawialną wszelkich przejawów konsumpcji energii ze źródeł kopalnych.

Jednym z największych konsumentów energii w skali globalnej jest transport i odpowiada on za dużą część zużycia paliw płynnych lub gazowych. Drugą istotną przyczyną rewolucyjnych zmian w zakresie zasilania energią jest próba zmniejszenia wydzielania pyłów zawieszonych w powietrzu oraz wytwarzania gazów towarzyszących spalaniu w szczególności tlenków siarki i azotu.

W odniesieniu do transportu samochodowego były wprowadzane coraz ostrzejsze normy zwane normami EURO (tabela 1)<sup>1</sup>.

Tab. 1 Normy Euro dla silników Diesla

Norma (data wprowadzenia)	Wartość graniczna			
	CO	NOx	HC+NOx	PM
Euro 1 (1.7.1992)	3,16		1,13	0,18
Euro 2 (1.1.1996)	1,0		0,7	0,08
Euro 3 (1.1.2000)	0,64	0,5	0,56	0,05
Euro 4 (1.1.2005)	0,5	0,25	0,3	0,025
Euro 5 (1.9.2009)	0,5	0,18	0,23	0,005
Euro 6 (1.9.2014)	0,5	0,08	0,17	0,005

Wartości w g/km

CO -tlenek węgla

NOx -tlenki azotu

HC -węglowodory

PM -pyły zawieszone

i jak pokazały ostatnie wydarzenia w świecie producentów samochodów coraz trudniejsze do spełnienia. Stany Zjednoczone również od dawna prowadzą politykę zaostrzania norm<sup>2</sup>. Ze względu na ogromny wolumen spożycia paliw przez samochody, nawet niewielkie procentowo zmniejszenia zużycia paliwa są w stanie dać zna-

czące oszczędności w postaci obniżenia wytwarzania dwutlenku węgla uważanego za głównego sprawcę procesu ocieplenia. Stąd też badania i zmiany w konstrukcji pojazdów postępują wielotorowo.

### 1. TECHNOLOGIE ELEKTRYCZNE W KONSTRUKCJI SAMOCHODÓW

Wg danych firmy Texas Instruments<sup>3</sup> zmiany w poziomie elektryfikacji samochodu wnoszą pokazane w tabeli 2 efekty redukcji zużycia paliwa. Tabelę tą warto interpretować w sposób dosłowny, to znaczy, że kolejne wersje pojazdów wymagają coraz mniejszych ilości zabieranego paliwa.

W pierwszym wierszu przedstawiono skutek zastosowania układów start-stop wyłączających silnik pojazdu w momencie gdy postój w ruchu drogowym trwa dłużej niż np. 30s.

Tab. 2. Redukcje zużycia paliwa w funkcji technologii pojazdu

Technologia	Napięcie pokładowe	Redukcja zużycia paliwa
Start/stop	12 V	2-5 %
Micro hybrid	12 V	3-10 %
Mild hybrid	48 V	8-15 %
Mild hybrid	HV (~100 V)	10-16 %
Full hybrid	200 V-450 V, some 48 V	20-50 %
Plug-in hybrid	100 V-800 V	40-80 %
Pure electric	100 V-800 V	100 %

Wymagane są bardziej pojemne akumulatory z możliwością wielokrotnego częstego rozruchu.

Poprzez dodanie w pojeździe do układu start stop możliwości odzysku energii w trakcie hamowania otrzymuje się układ micro-hybrid. W pojazdach tej generacji są prowadzone również działania zmierzające do obniżenia masy pojazdu poprzez np. sterowanie elektryczne wielu urządzeń pokładowych w miejsce np. cięgieł i przekładni, hamowanie sterowane elektrycznie, sterowane elektrycznie skrzynie biegów oraz elektroniczny asystent kierowcy podpowiadający najbardziej ekonomiczny sposób jazdy (np. wskazywanie biegu dającego najmniejsze zużycie paliwa).

Dalsza obniżka zużycia paliwa zależy od wielkości akumulatora. Mniej obciążające funkcje pojazdu są realizowane przez zasilanie akumulatorowe np. światła zewnętrzne, czy wycieraczki szyb.

<sup>1</sup> Dla silników benzynowych ograniczenia są podobnego rodzaju. Źródło danych: <http://autokult.pl/26344,normy-emisji-spalin-euro-oraz-badanie-nedc-o-co-w-tym-wszystkim-chodzi>

<sup>2</sup> <http://www.rp.pl/artykul/457107-Nowe-normy-spalin-w-USA-i-Kanadzie.htm>

<sup>3</sup> <http://www.ti.com/lit/wp/sszy026/sszy026.pdf>

Urządzenia wymagające większego poboru mocy np. pompy czy klimatyzacja są napędzane albo dzięki alternatorowi albo też w dalszym ciągu bezpośrednio z silnika spalinowego. Ze względu na zwiększony pobór mocy i proporcjonalny wzrost prądów wprowadza się podwójne napięcie zasilania, 12 V dla kompatybilności z dotychczasowymi systemami i 48V dla urządzeń pobierających duże ilości energii. Jest to wersja pojazdów oznaczana jako Mild-hybrid.

Oczywiście możliwe jest dalsze zwiększanie napięcia sieci pokładowej i przy wartościach rzędu 100V uzyskuje się oszczędności w zużyciu o kilka procent większe. Wprowadzenie jeszcze wyższego napięcia pokładowego skutkuje możliwością zastosowania silników pomp, rozrusznika, alternatora itp. o wyższym napięciu pracy i w związku z tym mniejszymi prądami znamionowymi a przez to lżejszymi. Powoduje to możliwość obniżenia niezbędnej mocy silnika spalinowego i jego wymiarów geometrycznych. Przyjmuje się że przy zapotrzebowaniu na moc elektryczną rzędu 10kW wystarcza napięcie pokładowe 48 V. Przy mocach wymaganych do 20 kW raczej wybierane jest rozwiązanie wysokonapięciowe.

Układy Full-hybrid oraz Plugin-Hybrid wymagają mocy elektrycznej rzędu 80 kW. Napęd realizują albo tylko silniki elektryczne, silnik spalinowy służy wówczas do przetwarzania energii chemicznej paliwa na energię elektryczną magazynowaną w dużym akumulatorze. Inne rozwiązanie to silnik spalinowy napędowy relatywnie niewielki, wystarczający do utrzymania prędkości w optymalnych warunkach, a wszystkie manewry wymagające zwiększonego zużycia energii np. przyspieszanie czy jazda pod górę, są wspomagane napędem elektrycznym zasilanym z akumulatora.

Poziom obniżenia zużycia paliwa jest zależny od proporcji pomiędzy jazdą z zasilaniem elektrycznym, oraz z napędem spalinowym. Jeżeli możliwe jest doładowywanie pojazdu z zewnętrznego źródła energii elektrycznej efektywność mierzona ilością spalonego przez pojazd paliwa rośnie.

Szczytowym osiągnięciem w zakresie redukcji zużycia paliwa jest pojazd całkowicie elektryczny. Pobiera on energię do akumulatorów w trakcie procesu ładowania na postoju. Kluczem do sukcesu tej technologii jest szybkie ładowanie jak największych ilości energii do jak największych pod względem pojemności akumulatorów. Oczywiście przy założeniu eksploatacji pojazdów elektrycznych na krótkich dystansach i w ograniczonym czasie w ciągu doby aktualne technologie pozwalają budować wysokosprawne pojazdy elektryczne. Drugim równie ważnym problemem jest czas ładowania. Niezależnie od tego czy odbywa się ono przewodowo czy bezprzewodowo w sposób indukcyjny, w dalszym ciągu istnieje problem zgromadzenia w akumulatorze dużej ilości energii w krótkim czasie. Tak więc podstawowym zagadnieniem w rozwoju pojazdów o zerowej emisji spalin (zero-emission) jest budowa dużej pojemności akumulatorów o jak najkrótszym czasie ładowania.

## 2. OGNIWA LITOWE I ICH CECHY UŻYTKOWE

Historycznie rzecz biorąc w rozwoju motoryzacji był okres, że pojazdy elektryczne były bardziej liczne niż spalinowe. Silnik spalinowy był skomplikowany, brudny, wymagał prawidłowej eksploatacji. Samochody elektryczne były łatwiejsze w konstrukcji i sterowaniu napędem. Silniki elektryczne mają w stosunku do spalinowych wiele zalet. Tym co ograniczyło rozwój samochodów elektrycznych w początkowych latach XX wieku był z jednej strony brak pojemnych akumulatorów i z drugiej wysoka koncentracja energii zawartej w paliwie płynnym, którego można pobrać odpowiednio dużo i w bardzo krótkim czasie. Przez cały wiek XX trwały i dalej trwają poszukiwania możliwości przechowywania energii w różnego rodzaju zasobnikach. Aktualnie największe nadzieje budzą ładowalne ogniwa oparte na bazie litu.

Dostępne technologie wypierają stosowane przez wiele lat akumulatory kwasowo-ołowiowe. Niestety prawidłowa obsługa akumulatorów litowych jest o wiele bardziej złożona, a liczba parametrów których należy bezwzględnie przestrzegać jest duża. Nieprawidłowa eksploatacja lub uszkodzenia mechaniczne akumulatora litowego powodują jego całkowitą degradację często połączoną z wzrostem temperatury, aż do możliwego samorzutnego pożaru włącznie. Innym mniej groźnym skutkiem nieprawidłowej eksploatacji jest systematyczne zmniejszanie się pojemności. Tak więc wyróżnia się następujące główne parametry opisujące ogniwo i jego aktualny stan jak wskazano w tabeli 3. Dla orientacji w zakresie wartości zamieszczono dane dotyczące bardzo popularnego ogniwa ICR-18650-22F firmy Samsung

Tab. 3. Główne parametry ogniwa litowego

Nazwa	Wartość
Technologia	LI-Ion
Pojemność nominalna	2200mAh : (0,2C discharge)
Napięcie ładowania	4,2V
Napięcie nominalne	3,5V
Metoda ładowania	CC-CV (stałe napięcie z ograniczeniem prądu)
Prąd ładowania	Ładowanie standardowe: 1100mA Ładowanie szybkie: 2200mA
Czas ładowania	Standardowo: 3 godz Szybkie: 2,5 godz
Max. prąd ładowania	2200mA
Max. prąd rozładowania	4400mA
Napięcie odcięcia cut-of	2.75 V
Waga	44,5 g max
Wymiary	Srednica(max) – 18,4 mm Wysokość: 65mm max
Temperatura pracy	Ładowanie 0 – 45 °C Rozładowywanie -20 to 60 °C
Temperatura składowania	1rok : -20 ~25 °C 3 miesiące : -20 ~45 °C 1 miesiąc : -20 ~60 °C

Do tego zbioru parametrów podawanych zwykle przez producenta ogniwa, należy koniecznie dołączyć wartości charakteryzujące jego aktualny stan w trakcie eksploatacji. Są to SOC( -State Of Charge<sup>4</sup>)- stan naładowania oraz SOH – (State Of Health<sup>5</sup>)- stan „zdrowia”.

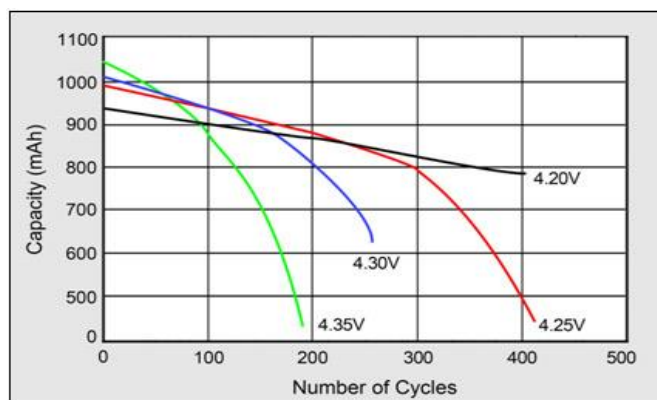
## 3. ZARZADZANIE STANEM BATERII

Jak wynika z tabeli 3. liczba parametrów ogniwa litowego, które należy nadzorować w trakcie eksploatacji jest znacząca. Ich przekroczenie może skutkować albo zniszczeniem ogniwa albo znacznym ograniczeniem jego żywotności. Dotyczy to zarówno stanu ładowania jak i rozładowywania. Przykładowo na rys. 1<sup>6</sup> przedstawiono proces zmniejszania się żywotności w wyniku ładowania zbyt wysokim napięciem, Przekroczenia wartości nominalnej o kilkanaście mV skutkuje kilkudziesięcioprocentowym ograniczeniem liczby cykli ładowania

<sup>4</sup> SOC jest wartością procentową, wyznaczaną w sposób pośredni, wskazującą na ilość pozostałego ładunku w ogniwie lub akumulatorze.

<sup>5</sup> SOH jest wyrażoną w procentach wartością sygnalizującą stan ogniwa lub baterii w odniesieniu do stanu idealnego. Sposób wyliczania SOH jest tajemnicą producenta BMS. SOH jest wyznaczane na podstawie różnych parametrów fizycznych takich jak Liczba cykli ładowania, pojemność nominalna i aktualna, rezystancja wewnętrzna, napięcie stanu jałowego.

<sup>6</sup> Źródło: [http://batteryuniversity.com/learn/article/how\\_to\\_prolong\\_lithium\\_based\\_batteries](http://batteryuniversity.com/learn/article/how_to_prolong_lithium_based_batteries)



**Rys.1.** Zależność pojemności od liczby cykli przy różnych maksymalnych napięciach ładowania.

W celu uzyskania wyższych parametrów energetycznych akumulatora w stosunku do pojedynczego ogniwa łączy się je w moduły po kilka sztuk równolegle. Te z kolei w sposób szeregowy w pakiety. Oznaczenia konfiguracji pakietu ma postać nSkP gdzie k oznacza liczbę ogniw równoległych, natomiast n liczbę zestawów połączonych szeregowo. Przykładowo w samochodzie Tesla S (wersja 85kWh) stosowane są bloki o konfiguracji 6S74P. Samochód ten posiada łącznie 16 takich bloków połączonych szeregowo.

Łączenie ogniw, w przypadku nieznacznie różnych charakterystyk ogniw składowych, niesie z sobą niebezpieczeństwo nierównego rozkładu prądów przyłączeniowym, oraz nierówności napięć w wypadku połączenia szeregowego. Stosuje się więc układy wyrównujące napięcie na poszczególnych ogniwach tzw. balansery. Brak urządzenia balansującego w trakcie ładowania przy nierównych charakterystykach ogniw skutkuje większym napięciem na pojedynczym ogniwie i wskutek tego najczęściej jego zniszczeniem termicznym, pozostałe ogniwa są wówczas notorycznie niedoładowywane. Cały pakiet ma wówczas obniżoną pojemność. Aby zapobiec stanom awaryjnym i dbać o prawidłową eksploatację ogniw stosuje się układy zwane BMS (od Battery Management Systems). Występują one zawsze w przypadku łączenia kilku ogniw w akumulator niezależnie od wielkości i są zwykle zamknięte w obudowie wraz z ogniwami. Funkcje takich układów są [3] następujące:

- a) Monitorowanie stanu akumulatora oraz jego elementów składowych
  - Pomiar napięcia całego akumulatora, jak i/lub ogniwa
  - temperatura średnia i/lub temperatury ogniwa
  - Sumaryczny prąd pobierany lub oddawany z akumulatora
  - Stan naładowania (SOC)
  - Stan „zdrowia” (SOH) jako miara ogólna stanu zdatności
- b) Wylizanie parametrów pochodnych
  - Szczytowy prąd ładowania i maksymalna wartość graniczna tego prądu(CCL)
  - Szczytowy prąd rozładowania i maksymalna wartość graniczna tego prądu(DCL)
  - Energia [kWh] oddana od ostatniego ładowania
  - Impedancja wewnętrzna ogniwa
  - Ładunek [Ah] oddany oraz przyjęty
  - Całkowita energia dostarczona od pierwszego użycia
  - Całkowity czas pracy od pierwszego użycia
  - Liczba cykli ładowania
- c) Utrzymywanie parametrów baterii w obszarze bezpiecznej pracy.  
BMS powinien mieć możliwość bocznikowania prądu płynącego przez ogniwo w razie nadmiernego wzrostu napięcia (balancing). Ponadto powinien mieć możliwość odcięcia napięcia za-

silającego akumulator w trakcie ładowania w przypadku przekroczenia parametrów granicznych. W trakcie obciążania powinien zabezpieczać akumulator przed przeciążeniem prądowym. Jednym z istotnych zadań jest nadzór nad temperaturą w trakcie zarówno ładowania jak i rozładowywania. BMS może odcinać akumulator bezpośrednio lub też poprzez wysłanie komunikatu informującego o przekroczeniu temperatury do nadrzędnego urządzenia sterującego.

d) Komunikacja.

Centralny kontroler BMS przesyła komunikaty wewnątrz modułu z elektroniką akumulatora oraz na zewnątrz z sprzętem wyższego poziomu np. do modułu sterowania pojazdem. Komunikacja z otoczeniem odbywa się z wykorzystaniem kilku metod:

- Szyna CAN, szeroko stosowana w motoryzacji
- Komunikacja szeregową przewodową w różnych standardach – SWA, I2C, RS232
- Komunikacja bezprzewodowa, - ZigBee, Bluetooth, WiFi
- Komunikacja szeregową po linii zasilania [DC-BUS](#)

## 4. GŁÓWNE OGRANICZENIA PROJEKTOWE DUŻYCH SYSTEMÓW MAGAZYNOWANIA ENERGII.

Wymienione w punkcie poprzednim własności systemów BMS muszą być dla celów trakcyjnych rozszerzone.

### 4.1. Architektura

Baterie trakcyjne mają o wiele większą pojemność niż np. w sprzęcie powszechnego użytku. Przykładowo bateria Nissana Leaf ma pojemność 30 kWh, natomiast Tesla S w zależności od wersji od 40 do 85 kWh, Możliwe jest skonstruowanie BMS albo w postaci zcentralizowanej, rozłożonej lub modularnej. Układ zcentralizowany jest, szczególnie dla małych akumulatorów, rozwiązaniem najtańszym. Układ oddzielnego BMS dla każdego ogniwa jest drogi, i wnosi problemy z izolacją galwaniczną poszczególnych układów. Konstrukcja modularna jest kompromisem.

Stroowanie układów niezcentralizowanych jest trudniejsze. W układach rozłożonych lub modularnych każdy moduł akumulatora posiada własny układ nazywany Battery Module Controller realizujący funkcje wymienione powyżej dla BMS i współpracujący z układem nadrzędnym BMS. Powinna więc być rozbudowana architektura systemu BMS zarówno pod względem sprzętowym ( hardware) jak i software'owym.

W układach trakcyjnych BMS nie pracuje samodzielnie. Stale musi wymieniać on informacje z ładowarką, obciążeniem i układem zarządzania poborem energii. Dlatego centralny układ BMS może być projektowany jako układ zintegrowany z układami sterowania wymienionymi systemami. W mniejszych systemach akumulatorowych wykorzystywane są układy dedykowane. W systemach samochodowych BMS jest znacznie bardziej rozbudowany i np. Texas Instruments sugeruje wykorzystanie procesora sygnałowego np. C28x DSP core<sup>7</sup>. Do pomiarów stanu pojedynczych ogniw w module stosowane są układy określane jako AFE ( Analog Front End). Przykładowo układ BQ74940, jest oferowany jako kompletne zabezpieczenie dla modułu akumulatora składającego się z 9 do 15 pojedynczych ogniw. Układ ten ma bezpośrednie wejścia do łańcucha ogniw i zapisuje w swojej pamięci główne wraz z bieżącym wylizaniem SOC dla każdego z nich. Wyjścia układu są dostosowane do współpracy z elementami balancingu. Komunikacja z procesorem sterującym modulem jest zapewniona przez interfejs I2C. Kolejną specyficzną cechą wyróżniającą układy BMS samochodowe jest wykorzystanie elementów mocy o wysokich napię-

<sup>7</sup>S. Chon J. Beall. Intelligent Battery Management and Charging for Electric Vehicle. Document Texas Instruments spry304a.pdf.

ciach przebicia i dużych prądach szczytowych, zbliża to ich konstrukcję do układów elektroniki przemysłowej. Dodatkowym utrudnieniem dla konstruktora jest konieczność zapewnienia pracy w szerokim zakresie temperatur

#### 4.2. Komunikacja

Ze względu na najczęściej wysokie napięcie występujące w trakcyjnych akumulatorach samochodowych nawet rzędu 850 V, istnieje problem separacji galwanicznej układów pomiędzy sobą i pomiędzy BMS, a jednostką nadrzędną. Są stosowane albo układy izolowane albo komunikacja bezprzewodowa. Ze względu na stopień komplikacji układu musi być dobrana odpowiednia minimalna prędkość transmisji pozwalająca na przekazanie informacji ze wszystkich elementów systemu do jednostki centralnej w czasie rzeczywistym. W wielu systemach komunikacji bezprzewodowej na małe odległości, istnieje ograniczenie liczby węzłów do np. 255. Wartość ta jest zbyt mała do skonstruowania systemu informującego o stanie każdego z ogniw, w sytuacji gdy w całym akumulatorze jest ich kilka tysięcy.

#### 4.3. Rekuperacja

Układ ładowania musi być tak skonstruowany, by akumulator mógł przyjąć jak największą część energii wyzwalanej w trakcie pracy prądnicowej napędu. Energia ta powinna zostać przekazana do najlepiej wszystkich modułów akumulatora w tej samej ilości. W trakcie odzyskiwania nie może być jednak przekroczony maksymalny prąd ładowania. Układ BMS musi mieć zdolność podjęcia decyzji o tym co uczynić z nadwyżką energii gdy prąd ładowania jest już maksymalny, lub bateria jest całkowicie naładowana. W celu zwiększenia chwilowych wartości odbieranego prądu możliwe jest wykorzystanie superkondensatorów posiadających duże chwilowe prądy dopuszczalne.

#### 4.4. Zabezpieczenia

Jedną z najważniejszych funkcji układu BMS jest ochrona akumulatora przed uszkodzeniem. Powinien on posiadać wbudowany bezpiecznik odcinający cały akumulator w razie pracy poza obszarem bezpiecznym. W dużych akumulatorach poza pomiarem temperatury ogniw, mierzona jest temperatura oraz przepływ czynnika chłodzącego.

Wskazane jest informowanie kierowcy o zbliżaniu się do wartości granicznej posiadanej energii. Możliwe jest wówczas podjęcie decyzji o zmniejszeniu obciążenia. Oprócz wartości górnych prądów i napięć równie niebezpieczne dla akumulatora jest zbyt głębokie jego rozładowanie co wpływa na jego żywotność. Oprócz parametru takiego jak SOC konieczne jest posłużenie się mierzoną bezpośrednio wartością napięcia modułu odnoszoną do napięcia odciążenia ogniwa mnożoną przez liczbę ogniw łączonych szeregowo w module. Parametr SOH daje informację o zbliżającej się konieczności wymiany modułu lub jego naprawy. Informacja ta zapobiega odmowie dalszej pracy w momentach nieoczekiwanych.

#### 4.5. Ograniczenia normatywne

Budowa i instalacja układów BMS jest obwarowana normami wynikającymi z ograniczeń i umów producentów wyposażenia samochodowego, a także specjalnie dla nich redagowanych zaleceń np. IEC/TR 61431: 2011 "On-line analyser systems - Guide to design and installation", EN 62485-3:2014 "Safety requirements for secondary batteries and battery instalations". Konieczna jest także integracja z urządzeniami ładowania zarówno bezprzewodowego jak i przewodowego np. EN61851-23:2014 Electric vehicle conductive charging system.

Ponadto sam transport baterii litowych jest regulowany normami z tym związanymi (ground transport as Class 9 Hazardous Go-

ods -UN/DOT 38.3 w USA). UN 38.3. Pełniejszy opis testów zawierają normy UN1642 oraz 2054. W Europie podstawowym dokumentem regulującym wymagania bezpieczeństwa dla ogniw wtórnych oraz akumulatorów z nich złożonych zawierających metale alkaliczne jest norma IEC 16233.

Odrębnym zagadnieniem jest transport lotniczy akumulatorów jako towaru, który zasadniczo zakazuje przewozu baterii zawierających więcej niż 35 kg litu na jeden samolot (cargo), regulują to instrukcje ICAO i IATA. Więcej uwag na ten temat zawarto w [4].

### PODSUMOWANIE.

Aktualnie wykorzystywane w przemyśle samochodowym akumulatory trakcyjne stanowią przy nieumiejętnej obsłudze poważne zagrożenie dla bezpieczeństwa zarówno ludzi jak i środowiska. Zagrożenia wynikają z obecności materiałów trujących, samozapalnych, a także zgromadzonej w nich dużej energii. Niezbędne jest konstruowanie układów elektronicznych monitorujących i sterujących w sposób ciągły proces ładowania i rozładowywania. Układy BMS pozwalają na długotrwałe eksploataowanie akumulatorów. Konstrukcja układów BMS dla przemysłu samochodowego wyróżnia się specyficznymi cechami takimi jak złożona lub modułarna architektura, komunikacja wewnątrz- i pomiędzy- modułowa oraz z procesorem zewnętrznym, wysoka odporność na czynniki środowiskowe. Obecność wysokich napięć i prądów. Ponadto BMS musi zapewnić pracę dwukierunkową układów ładowania i obciążenia, jest to szczególnie widoczne w napędach hybrydowych. Ze względu na szeroki zakres zagrożeń istniejących zagrożeń musi być spełniony szereg norm gwarantujących bezpieczne wykorzystanie i obsługę.

### BIBLIOGRAFIA

1. Andrea D. *Battery Management Systems for Large Lithium-Ion Battery Packs*. Artech House 2010. ISBN: 9781608071050
2. Barsukov. J. Qian J. *Battery Power Management for Portable Device*. Artech House 2013. ISBN-13: 978-1608074914
3. Burgveld H. J. *Battery Management Systems Design By Modeling (Profeschrift)*. University of Twente 2001.
4. Erd A. Stokłosa J. *Wybrane aspekty norm związanych z produkcją oraz transportem ogniw baterii i akumulatorów litowych*. Konferencja ICTS 2014 Wrocław. Publikacja - Logistyka nr 5 rok 2014 – CD1. ISSN 1231-5478

## DESIGN LIMITS OF BATTERY MANAGEMENT SYSTEMS FOR TRACTION PURPOSES

### Abstract

*The paper presents the genesis of intensive development of electric drives with their own energy sources. The paper shows limit parameters for cells determining their correct functioning. Against this background, the goals of constructing BMS systems have been outlined. As well as their most important performance parameters.*

Autorzy:

dr inż. **Andrzej Erd** – Uniwersytet Technologiczno-Humanistyczny w Radomiu.

Dr inż. **Leszek Gil** – Wyższa Szkoła Ekonomii i Innowacji w Lublinie

Dr inż. **Józef Stokłosa** – Wyższa Szkoła Ekonomii i Innowacji w Lublinie