

Anton Herner
Hans-Jürgen Riehl

Mechatroniczne systemy pojazdów samochodowych

Z języka niemieckiego tłumaczył
dr inż. Marek Chalecki



Wydawnictwa Komunikacji i Łączności
Sulejówek

SCHEMATY POŁĄCZEŃ ELEKTRYCZNYCH

2.1. Części składowe i budowa obwodu elektrycznego

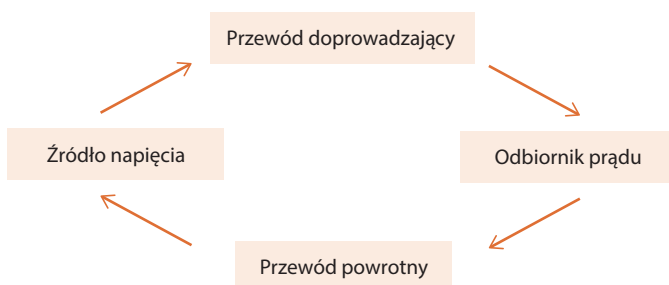
Do skutecznej naprawy i obsługi samochodu niezbędne jest zrozumienie informacji podawanych w dokumentacji producenta. Usterki samochodowej instalacji elektrycznej będzie można wykryć tylko wówczas, gdy potrafi się odczytać schematy połączeń elektrycznych.

Schemat połączeń elektrycznych to graficzne przedstawienie urządzeń elektrycznych za pomocą specjalnych oznaczeń albo uproszczonych rysunków konstrukcyjnych. Pokazuje on rozmieszczenie urządzeń elektrycznych oraz sposób ich połączenia w pojeździe samochodowym. Rodzaj schematu połączeń określają: jego przeznaczenie (np. schemat działania instalacji) i sposób przedstawienia.

Najprostszy obwód elektryczny składa się z czterech elementów (rys. 2.1):

- źródła napięcia (np. akumulator),
- przewodu doprowadzającego,
- odbiornika (np. lampa),
- przewodu powrotnego.

Źródło napięcia, odbiornik oraz przewody doprowadzające i powrotne tworzą obwód elektryczny. Odbiornik może pracować tylko wtedy, kiedy nie ma przerwy w obwodzie.



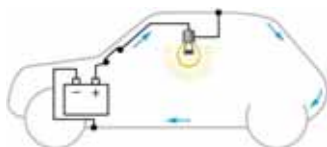
Rys. 2.1. Elementy najprostszego obwodu elektrycznego

Obwody jedno- i dwuprzewodowe

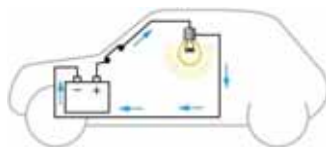
W większości konwencjonalnych samochodów przewodem powrotnym prądu jest metalowe nadwozie pojazdu. Oznacza to, że np. złącze żarówki jest podłączone przewodem do nadwozia, które z kolei jest połączone miedzianą taśmą z biegunem ujemnym akumulatora. Ponieważ zastosowano tylko jeden przewód (prąd wraca przez metalowe nadwozie), to obwód taki nazywa się jednoprzewodowym. Zwykła sieć pokładowa samochodów jest układem jednoprzewodowym.

Przykład: oświetlenie wewnętrzne starszych samochodów.

a



b

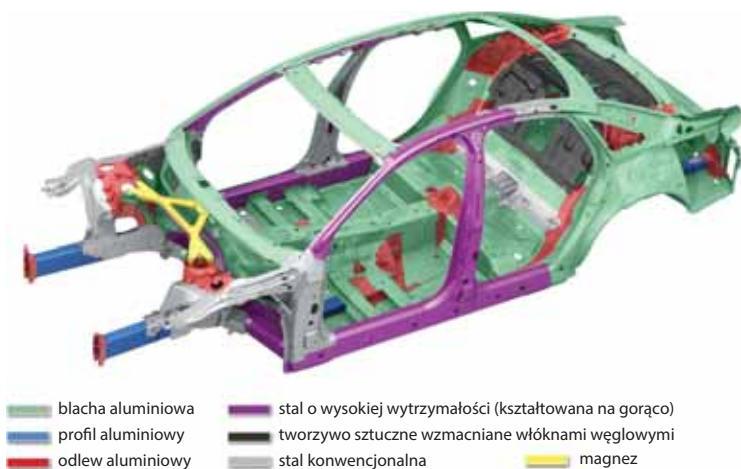


Rys. 2.2. Układy: jednoprzewodowy (a) i dwuprzewodowy (b) (źródło: AS-IIIu)

Problem w nowszych samochodach

Rosnąca złożoność konstrukcji, wynikająca ze stosowania nowych materiałów i mieszanek materiałowych, budowy hybrydowej i nowych metod łączenia, wiąże się z coraz częstszym wykorzystaniem materiałów nieprzewodzących, co sprawia że powrót prądu przez nadwozie staje się niemożliwy. Określenie „hybrydowy” w odniesieniu do nadwozia samochodu osobowego wskazuje, że nadwozie to jest wykonane z różnych materiałów.

W takich samochodach materiały przewodzące są łączone ze sobą przewodami masywnymi, które mostkują materiały nieprzewodzące. W samochodach elektrycznych i hybrydowych zasadniczo stosuje się układ dwuprzewodowy. Z powodu występowania wysokich napięć zarówno doprowadzanie, jak i powrót prądu muszą odbywać się w nich przewodami, które nie mogą mieć kontaktu z nadwoziem.



— blacha aluminiowa
— profil aluminiowy
— odlew aluminiowy

— stal o wysokiej wytrzymałości (kształtowana na gorąco)
— tworzywo sztuczne wzmocnione włóknami węglowymi
— stal konwencjonalna
— magnez

Rys. 2.3. Różne materiały w nowoczesnych samochodach (źródło: Audi)


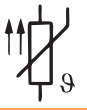

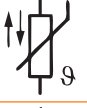

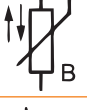





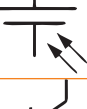




2.2. Symbole graficzne

Symbole graficzne są znormalizowanymi oznaczeniami części obwodów elektrycznych (tabl. 2.1). Służą one do przejrzystego przedstawiania powiązań poszczególnych elementów elektrycznych w samochodach. Spełniają więc takie samo zadanie w elektrotechnice, jak rysunki techniczne w budowie maszyn.

Tabl. 2.1. Najważniejsze symbole graficzne elektrotechniki i elektroniki samochodowej (źródło: Bosch, Riehl)

	Przewód elektryczny, drut		Dioda
	Skrzyżowanie dwóch przewodów na schemacie, niepołączonych elektrycznie		Dioda Zenera
	Połączenie elektryczne dwóch przewodów (np. skręcone, zlutowane albo zaciśnięte)		Zestyk zwierny (zwiernik): po jego uruchomieniu obwód elektryczny zostaje zamknięty
	Połączenie wtykowe z wtykiem (na dole) i gniazdem (na górze)		Zestyk (przycisk): po jego zwolnieniu powraca wyjściowy stan obwodu
	Bateria lub akumulator: dłuższa kreśka oznacza biegun dodatni, krótsza ujemny		Zestyk (zatrzask): po jego uruchomieniu zachowany zostaje nowy stan obwodu
	Przetwornik (napięcia) zamieniający napięcie przemiennie w napięcie stałe		Zestyk rozwierny (rozwiernik): po jego uruchomieniu obwód elektryczny zostaje przerwany
	Bezpiecznik		Zestyk: strzałka pokazuje, że zestyk narysowano w położeniu po jego użyciu
	Przyłącze masy, np. masa w samochodzie		Zestyk przełączny: zmienia położenie pomiędzy dwoma stykami
	Żarówka		Rezystor
	Miernik, woltomierz		Potencjometr
	Miernik, amperomierz		Fotorezystor: jego rezystancja zmienia się w zależności od natężenia światła

Tabl. 2.1 (cd.)

	Miernik, omomierz		Rezystor zależny od temperatury (PTC): jego rezystancja zwiększa się ze wzrostem temperatury
	Silnik prądu stałego, np. wycieraczek szyb lub dmuchawy przewietrzania wnętrza samochodu		Rezystor zależny od temperatury (NTC): jego rezystancja zmniejsza się ze wzrostem temperatury
	Sygnal dźwiękowy		Rezystor o rezystancji zależnej od wartości pola magnetycznego
	Kondensator		Dioda świecąca (LED)
	Kondensator elektrolityczny z pokazaniem polaryzacji		Fotodioda: przepływający prąd zmienia się zależnie od natężenia światła
	Cewka z żelaznym rdzeniem (cewka elektromagnesu), np. czujnik indukcyjny		Fotoelement (ogniwo fotoelektryczne): pod wpływem światła powstaje napięcie
	Transformator z żelaznym rdzeniem, np. cewka zapłonowa		Tranzystor: element półprzewodnikowy, wzmacnia lub przełącza sygnały elektryczne
	Przełącznik, ogólnie		Tranzystor fotoelektryczny: rosnące natężenie światła powoduje wzrost napięcia

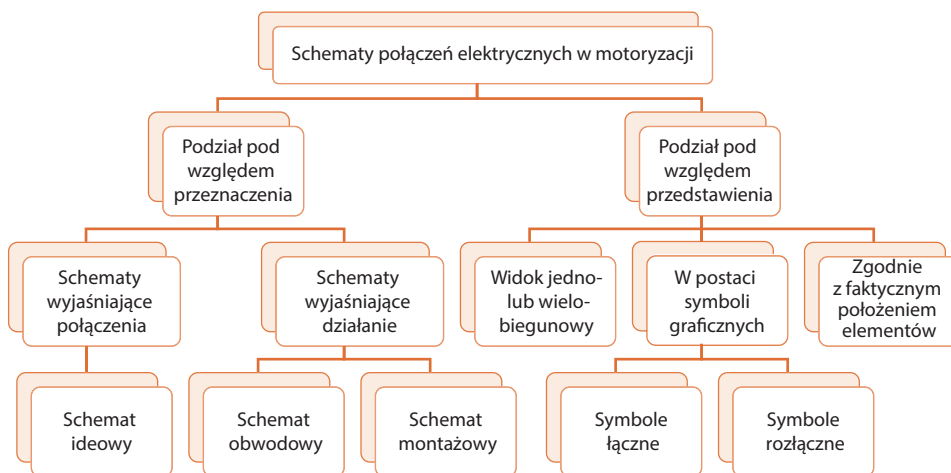
2.3. Schematy połączeń

2.3.1. Podział schematów połączeń

Rodzaj schematu połączeń elektrycznych zależy od jego przeznaczenia (np. schemat działania instalacji) i od sposobu przedstawienia (rys. 2.4).

Schematy połączeń pokazują dokładnie, jakie elementy są zamontowane w samochodowych układach elektrycznych i elektronicznych. Jednakże każdy producent stosuje własne schematy połączeń, co nie ułatwia pracy warsztatom specjalizującym się w naprawie wielu marek samochodów. Z pomocą przychodzą tu niezależni dostawcy, jak np. Bosch Esitronic, Autodata czy Alldata. Ich instrukcje naprawczo-diagnostyczne mają podobną strukturę, niezależnie od marki i modelu samochodu. Niewielkie różnice istnieją między samochodami z różnych lat produkcji lub z innym wariantem wyposażenia.

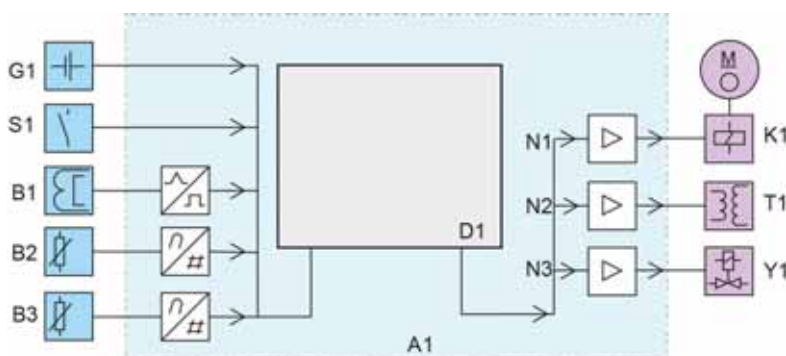
Do sprawnego korzystania ze schematów połączeń potrzeba praktyki. I choć początkowo mogą wydawać się one zawile, po pewnym czasie wystarcza rzut oka do zorientowania się w sytuacji.



Rys. 2.4. Podział schematów połączeń elektrycznych (źródło: Bosch)

2.3.2. Schematy ideowe i obwodowe

Schemat ideowy, dawniej zwany blokowym, to uproszczony widok obwodu, w którym uwzględniono tylko najważniejsze części. Ma on umożliwić szybki przegląd zadań, budowy, podziału i działania instalacji elektrycznej albo jej części i służyć jako odsyłacz do bardziej szczegółowych schematów (obwodowych). Urządzenia są pokazane za pomocą kwadratów, prostokątów albo okręgów z wpisanym tekstem, przewody są przeważnie pokazane jedno-biegunowo (rys. 2.5).



Rys. 2.5. Schemat ideowy sterownika silnika (źródło: Bosch, Riehl)

A1 – sterownik, B1 – czujnik prędkości obrotowej silnika, B2 – czujnik masy powietrza (przepływomierz), B3 – czujnik temperatury silnika, D1 – jednostka obliczeniowa, G1 – akumulator, K1 – przekaźnik pompy paliwa, M1 – pompa paliwa, N1 do N3 – zakończenia przewodów, S1 – wyłącznik zapłonu, T1 – cewka zapłonowa, U1 do U3 – układ kształtowania impulsów, Y1 – wtryskiwacz

Schemat obwodowy jest szczegółowym przedstawieniem obwodu. Poprzez przejrzyste pokazanie poszczególnych ścieżek prądowych daje on wyobrażenie o sposobie działania obwodu. W schemacie obwodowym przedstawienie rzeczywistego położenia elementów nie powinno zakłócać przejrzystości schematu.

Schemat obwodowy **powinien** zawierać:

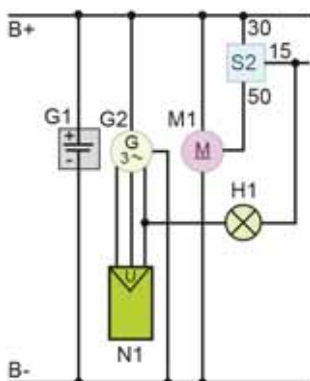
- obwód,
- oznaczenie urządzeń,
- oznaczenie przyłączy (zacisków).

Schemat obwodowy **może** zawierać:

- pełny widok z połączeniami elektrycznymi wewnątrz urządzenia w celu umożliwienia sprawdzania, wyszukiwania usterek i wymiany (doposażenia),
- wskazówki służące do łatwiejszego wyszukania symboli graficznych i miejsc docelowych, zwłaszcza w przypadku widoku rozdzielonego.

2.3.3. Rozróżnienie pod względem rozmieszczenia symboli graficznych

W schemacie obwodowym z symbolami rozłączonymi (rys. 2.6) obwód jest rozdzielony na ścieżki prądowe (od bieguna dodatniego do ujemnego). Elementy obwodu są oddzielone od siebie – bez względu na ich położenie w samochodzie. Ścieżki prądowe powinny być prostoliniowe.



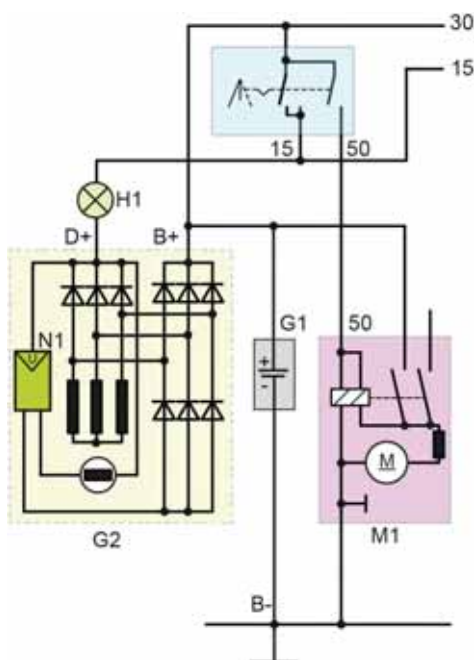
Rys. 2.6. Schemat obwodowy z symbolami rozłączonymi (źródło: Bosch, Riehl)

Oznaczenie urządzeń:

- G1 – akumulator,
- G2 – generator,
- H1 – lampka kontrolna ładowania,
- M1 – rozrusznik,
- N1 – regulator,
- S2 – wyłącznik zapłonu

Uwaga: oznaczenia te dotyczą wszystkich następujących schematów.

W schemacie obwodowym z symbolami połączonymi (rys. 2.7) bardzo szczegółowo są pokazane poszczególne części obwodu, sieć przewodów i połączenia elektryczne wewnątrz urządzeń. Przebieg przewodów musi być przejrzysty, ale nie należy zwracać uwagi na faktyczne położenie elementów obwodu.



Rys. 2.7. Schemat obwodowy z symbolami połączonymi (źródło: Bosch, Riehl)

2.4. Oznaczenia urządzeń elektrycznych

Na fragmentach schematów połączeń na rysunkach 2.6 i 2.7 przedstawiono część obwodu rozrusznika i generatora samochodu osobowego. Litery oznaczają urządzenia umieszczone na schemacie połączeń. Następująca po nich liczba służy do kolejnej numeracji poszczególnych części. **Skróty literowe** (np. G) jednoznacznie identyfikują urządzenie umieszczone na schemacie. Towarzysząca literze cyfra jest bieżącą numeracją wszystkich urządzeń mających takie samo oznaczenie literowe. Dokładniejsza obserwacja pozwala zauważyć, że wszystkie symbole graficzne są dodatkowo zaopatrzone w kombinację litery i cyfry, np. G2, S2, M1. G1 oznacza na przykład akumulator samochodu, G2 – generator. Jeśli jakkolwiek część jest oznaczona literą G, to chodzi o źródło napięcia.

Tabl. 2.2. Oznaczenia literowe urządzeń elektrycznych (źródło: Bosch, Riehl)

Oznaczenie	Rodzaj	Przykłady
A	Zespoły, podzespoły	Sterownik ABS, radioodbiornik, zestaw głośnomówiący, telefon w samochodzie, instalacja antywłamaniowa, zespół urządzeń, przełącznik, sterownik, tempomat
B	Przetworniki wielkości nieelektrycznych na elektryczne i odwrotnie	Wszystkie czujniki, elementy wykonawcze
C	Kondensatory	Wszystkie kondensatory
D	Elementy cyfrowe, układy pamięci	Komputer pokładowy, urządzenie cyfrowe, obwód scalony, licznik impulsów, magnetofon

Tabl. 2.2 (cd.)

Oznaczenie	Rodzaj	Przykłady
E	Różne	Urządzenie grzejne, klimatyzacja, światła, reflektory, świece zapłonowe, rozdzielacz prądu
F	Zabezpieczenia	Wyzwalacze (bimetalowe), urządzenia do ochrony biegunowości, bezpieczniki, obwód zabezpieczenia prądowego
G	Generatory, urządzenia zasilające	Akumulator, generator, ładowarka
H	Urządzenia kontrolne, komunikujące, sygnalizacyjne	Sygnalizator akustyczny, lampka kontrolna, kierunkowskaz, kontrolka stanu okładziny hamulcowej, światła hamowania, kontrolka świateł drogowych, kontrolka generatora, kontrolka poziomu oleju, sygnalizator optyczny, brzęczyk ostrzegawczy
K	Przełączniki, styczniki	Przełącznik akumulatora, przełącznik kierunkowskazów, przełącznik włączenia, przełącznik rozrusznika, nadajnik świateł alarmowych
L	Cewki	Dławik, cewka, uzwojenie
M	Silniki elektryczne	Silnik dmuchawy, silnik pompy agregatów ABS, ASR, ESP, silnik pompki spryskiwaczy, silnik wycieraczek, rozrusznik, silnik nastawczy
N	Regulatory, wzmacniacze	Regulator (elektroniczny albo elektromechaniczny), regulator napięcia
P	Mierniki	Amperomierz, przyłącze diagnostyczne, miernik prędkości obrotowej, wskaźnik ciśnienia, tachograf, punkt pomiarowy, punkt kontrolny, tachometr
R	Rezystory	Świeca żarowa, grzejnik oporowy, przewód grzejny, przewód chłodzący, potencjometr, rezystor wstępny
S	Przełączniki	Przełączniki i przyciski wszystkich typów, przerywacz zapłonu
T	Transformatory	Cewki zapłonowe
U	Modulatory, przekształtniki	Przetwornik prądu stałego
V	Półprzewodniki, lampy próżniowe	Wzmacniacz Darlingtona, dioda, lampa elektronowa, prostownik, półprzewodniki wszystkich typów, dioda pojemnościowa, tranzystor, tyrystor, dioda Zenera
W	Ścieżki prądowe, przewody, anteny	Antena samochodowa, część ekranująca, przewód ekranowany, przewody wszystkich typów, wiązki przewodów, (zbiorcze) przewody masowe
X	Zaciski, wtyczki, połączenia wtykowe	Kołki wtykowe, przyłącza elektryczne wszystkich typów, trzonki świec, zaciski, listwy zacisków, złącze przewodów elektrycznych, wtyczka, gniazdo wtykowe, listwa wtykowa, (wielokrotne) połączenie wtykowe, wtyczka rozdzielacza
Y	Urządzenia mechaniczne uruchamiane elektrycznie	Magnes trwały, wtryskiwacz (elektromagnetyczny), sprzęgło elektromagnetyczne, hamulec elektromagnetyczny, elektryczna przesłona wlotu powietrza, elektryczna pompa paliwa, elektromagnes, sterowanie skrzynką biegów, solenoid, zawór elektromagnetyczny układu kick-down, regulator zasięgu reflektorów, zawór regulacyjny wysokości zawieszenia, zawór przełączający, blokada drzwi, zamek centralny, dodatkowa przesłona wlotu powietrza
Z	Filtry elektryczne	Tłumik zakłóceń, filtr przeciwzakłóceńowy, zestaw filtrów, zegar

2.5. Oznaczenia zacisków na schematach połączeń elektrycznych

Oprócz liter oznaczających rodzaj urządzenia elektrycznego, na fragmentach schematu na rysunkach 2.6 i 2.7 można jeszcze zauważyć inne oznaczenia przy elementach. Na przykład przy części S2 (wyłącznik zapłonu), obok przewodów wychodzących z niej, można zauważyć oznaczenia zacisków 15, 30 i 50. Dla przyłączy, których zamiana ze sobą nie ma żadnego znaczenia, pominięto oznaczenia zacisków.

Tabl. 2.3. Oznaczenia zacisków wg normy DIN 72552 (źródło: Bosch, Riehl)

Obwód lub zespół	Oznaczenie	Przeznaczenie
Instalacja zapłonowa	1	Cewka zapłonowa, rozdzielacz zapłonu – niskie napięcie
	4	Cewka zapłonowa, rozdzielacz zapłonu – wysokie napięcie
	7	Zacisk rezystorów bazowych do i od rozdzielacza zapłonu
	15a	Wyjście z rezystora wstępnego do cewki zapłonowej i rozrusznika
	50	Układ sterowania rozrusznikiem
Akumulator	15	Biegun dodatni akumulatora włączany wyłącznikiem
	30	Bezpośrednie wejście z bieguna dodatniego akumulatora
	30a	Wejście z drugiego akumulatora i na przekaźniku przełączającym między napięciami 12 a 24 V
	31	Przewód powrotny z bieguna ujemnego akumulatora albo bezpośrednio do masy
	31a	Przewód powrotny do bieguna ujemnego drugiego akumulatora poprzez przekaźnik przełączający między napięciami 12 a 24 V
	31b	Przewód powrotny do bieguna ujemnego akumulatora albo do masy przez wyłącznik
Kierunkowskazy	49	Wejście na nadajnik impulsu
	49a	Wyjście z nadajnika impulsu
	C	Lampka kontrolna pierwszego kierunkowskazu
	L	Lewe kierunkowskazy
	R	Prawe kierunkowskazy
	R54	Wyjście dla połączonych świateł hamulców i kierunkowskazów na ciągnik i przyczepę z prawej strony
Generator, regulator generatora	61	Kontrolka ładowania
	B+	Biegun dodatni akumulatora
	B-	Biegun ujemny akumulatora
	D+	Biegun dodatni prądnicy
	D-	Biegun ujemny prądnicy
	DF	Przyłącze uzwojenia wzbudzenia
	U, V, W	Zaciski faz prądu

Tabl. 2.3 (cd.)

Obwód lub zespół	Oznaczenie	Przeznaczenie
Oświetlenie	54	Światła hamowania
	55	Światła przeciwmgłowe
	56	Światła reflektorów
	56a	Światła drogowe i kontrolka świateł drogowych
	56b	Światła mijania
	56d	Styk sygnału świetlnego
	57a	Światła postojowe
	57L	Lewe światło postojowe
	57R	Prawe światło postojowe
	58	Światła konturowe, oświetlenie tablicy rejestracyjnej, podświetlenie wskaźników, tylne światła pozycyjne
	58L	Zacisk wyłącznika lewego światła obrysowego i pozycyjnego, gdy są oddzielnie włączane
	58R	Zacisk wyłącznika prawego światła obrysowego i pozycyjnego, gdy są oddzielnie włączane
	58d	Regulowane oświetlenie tablicy rozdzielczej
Wycieraczki	53	Wejście na biegun dodatni silnika wycieraczek
	53a	Wejście na biegun dodatni wyłącznika wycieraczek w położeniu końcowym
	53b	Uzwojenie bocznikowe wycieraczek
	53c	Elektryczna pompa spryskiwacza szyb
	53e	Uzwojenie hamujące wycieraczek
	53i	Silnik wycieraczek z trwałym magnesem i trzecią szczotką (dla większej prędkości)
Przełączniki	85	Wyjście z obwodu wzbudzenia (ujemna końcówka uzwojenia)
	86	Wejście na obwód wzbudzenia (początek uzwojenia)
	87	Wejście rozwiernika i przełącznika
	87a	Wejście rozwiernika i przełącznika
	88	Wejście zwiernika
	88a (87)	Wejście zwiernika i przełącznika
Dodatkowe	75	Radiodbiornik, zapalniczka

2.6. Kolory przewodów na schematach połączeń elektrycznych

W celu łatwiejszego rozróżnienia poszczególnych przewodów stosuje się system kolorów, którymi oznacza się poszczególne przewody. Wiele przewodów jest dwukolorowych. Pierwszy kolor (podstawowy) służy do ustalenia przeznaczenia, a drugi (identyfikujący) – do identyfikacji przewodu specjalnego (np. kierunkowskaz lewy/prawy). Kolor identyfikujący jest nanoszony na przewód przeważnie w postaci linii (spiralnej) albo pierścieni. Najpopularniejsze kolory wraz z ich skrótami i typowym przeznaczeniem podano w tablicy 2.4.

Tabl. 2.4. Kolory przewodów (źródło: Bosch, Riehl)

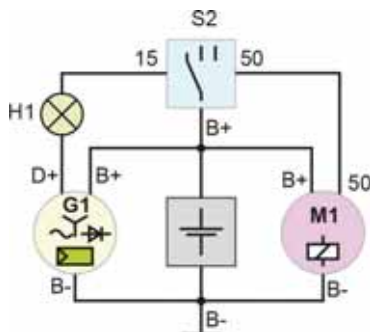
Kolor	Niemieckie oznaczenie koloru (DIN 72551)	Międzynarodowe oznaczenie koloru (IEC 60757)	Przeznaczenie
Niebieski	BL	BU	Lampki kontrolne i sygnalizacyjne
Brązowy	BR	BN	Masa
Żółty	GE	YE	Światła mijania
Zielony	GN	GN	Połączenie cewki zapłonowej z przerywaczem zapłonu
Szary	GR	GY	Światła obrysowe, oświetlenie tablicy rejestracyjnej, tylne światła pozycyjne
Różowy	RS	PK	Kolor identyfikujący
Pomarańczowy	OR	OG	Przewody wysokiego napięcia
Czerwony	RT	RD	Połączenie rozrusznika z alternatorem, wyłącznikiem zapłonu i świateł oraz odbiorniki i bezpieczniki, dochodzące bezpośrednio do zacisku 30
Czarny	SW	BK	Połączenie akumulatora z rozrusznikiem oraz wyłącznikiem zapłonu z wyłącznikiem świateł, ogólnie układ zapłonowy
Biały	WS	WH	Światła drogowe

2.7. Schemat montażowy

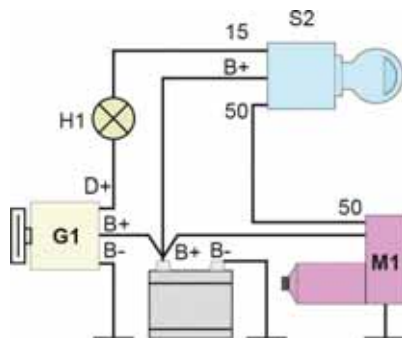
Na schemacie montażowym są widoczne zaciski przyłączeniowe urządzenia elektrycznego i połączenia przewodów. Schemat montażowy pomaga w rozpoznaniu związków między elementami układu (rys. 2.8). Poszczególne urządzenia są zaznaczone kwadratami, prostokątami, okręgami i symbolami graficznymi albo też w postaci obrazka i mogą być umieszczone zgodnie z faktycznym umiejscowieniem w instalacji. Jako miejsca połączenia służą okręgi, punkty, połączenia wtykowe albo jedynie doprowadzony przewód. W elektrotechnice samochodowej są stosowane poniższe sposoby przedstawienia układu:

- łącznie za pomocą symboli graficznych,
- łącznie w postaci obrazkowych przedstawień urządzeń,
- rozłącznie: urządzenie za pomocą symboli graficznych, przyłącza jedynie ze wskazaniem urządzenia docelowego, możliwe oznaczenie barwne przewodów,
- rozłącznie: urządzenie w postaci obrazkowej, przyłącza jedynie ze wskazaniem urządzenia docelowego, możliwe oznaczenie barwne przewodów.

a



b



Rys. 2.8. Schematy montażowe (źródło: Bosch, Riehl)
a – z symbolami graficznymi, *b* – z przedstawieniem w postaci obrazków

2.8. Analiza schematów połączeń elektrycznych

Struktura schematów połączeń elektrycznych

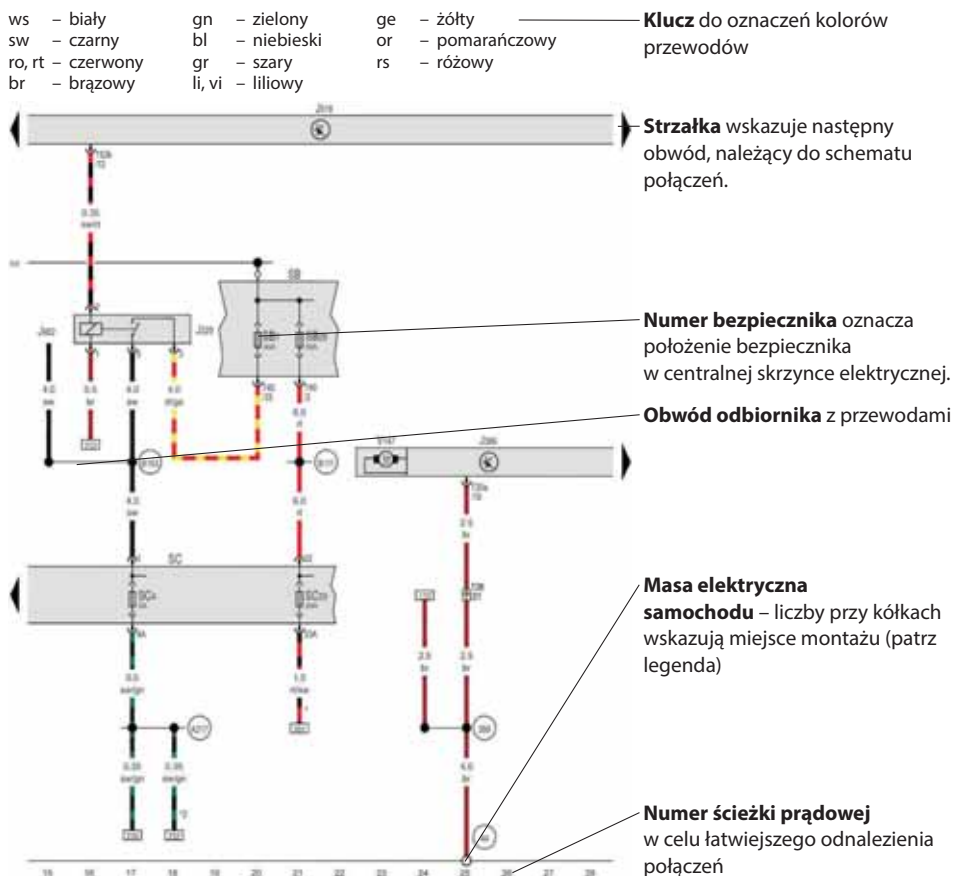
Schematy połączeń elektrycznych wszystkich producentów mają w zasadzie podobną strukturę. Są to schematy w widoku rozłącznym, które w dolnej części mają ścieżki prądowe jako punkty przypisania. Linia nad ścieżkami prądowymi jest często wykorzystywana jako masa elektryczna samochodu (zacisk 31). Części są tak rozmieszczone, by jednoznacznie można było je zlokalizować na ścieżkach prądowych.

2.9. Architektura układów elektrycznych współczesnych samochodów

We współczesnych samochodach nie tylko ważne są elementy elektryczne i elektroniczne jako takie, ale coraz większą rolę odgrywa ich powiązanie ze złożonymi układami samochodu. Poza tym w przyszłości zyskają na znaczeniu pojazdy hybrydowe i elektryczne. Opanowanie tych złożonych układów będzie jednym z głównych wyzwań podczas obsługi samochodów. Trzeba umieć identyfikować elementy układów samochodu i dzięki zdobytej wiedzy móc zintegrować sprzęt, urządzenia dodatkowe albo wyposażenie specjalne z istniejącą architekturą cyfrowej sieci pokładowej samochodu:

- identyfikując plany połączeń sieciowych i opracowując strategie wyszukiwania usterek;
- wyszukując informacje serwisowe w bazach danych i wykorzystując je;
- korzystając z przepływu informacji między układami transmisji danych, planami połączeń sieciowych i programami wyszukiwania usterek;
- ograniczając i określając usterek oraz awarie w układach sieciowych.

Przedstawiono to na przykładzie obwodu świateł hamowania. Obwód świateł hamowania, w starszych samochodach składający się tylko ze źródła napięcia, bezpiecznika,



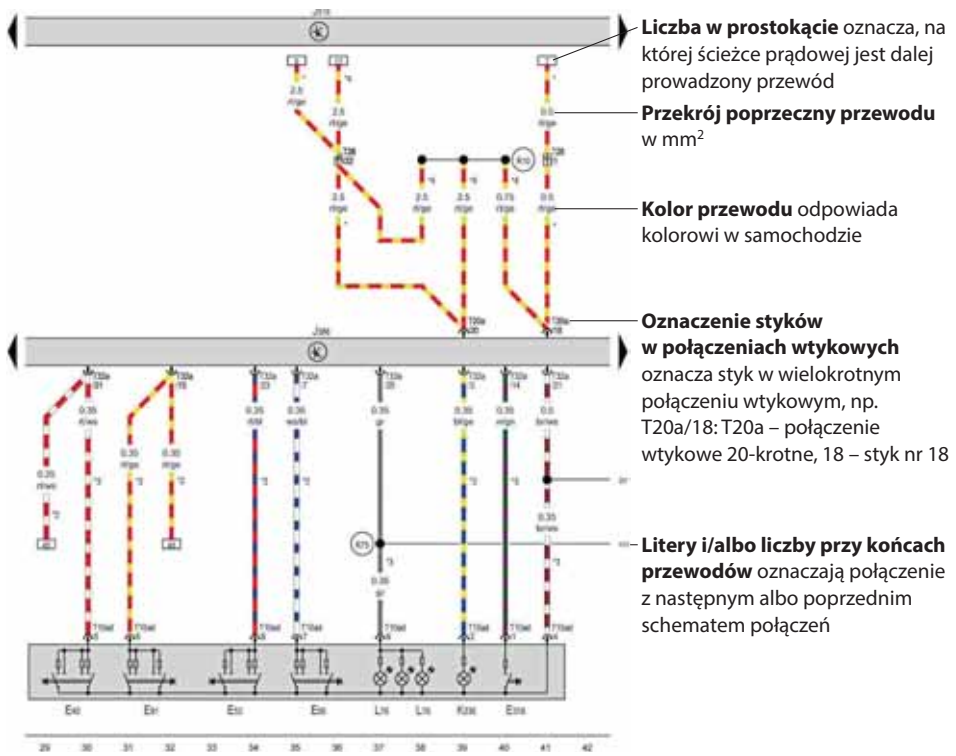
Przełącznik zasilania napięciem zacisku 15, sterownik drzwi kierowcy, skrzynka bezpieczników B, skrzynka bezpieczników C, silnik podnoszenia szyby w drzwiach kierowcy

- J329 – przełącznik zasilania napięciem zacisku 15
- J386 – sterownik drzwi kierowcy
- J519 – sterownik sieci pokładowej
- J682 – przełącznik zasilania napięciem zacisku 50
- J906 – przełącznik rozrusznika 1
- SB – skrzynka bezpieczników B
- SC – skrzynka bezpieczników C
- SC4 – bezpiecznik 4 w skrzynce bezpieczników C
- SB7 – bezpiecznik 7 w skrzynce bezpieczników B
- SB29 – bezpiecznik 29 w skrzynce bezpieczników B
- SC33 – bezpiecznik 33 w skrzynce bezpieczników C
- T20a – połączenie wtykowe 20-krotne
- T28 – połączenie wtykowe 28-krotne, lewy słupek A
- T40 – połączenie wtykowe 40-krotne
- T52b – połączenie wtykowe 52-krotne
- V147 – silnik podnoszenia szyby w drzwiach kierowcy
- 44 – punkt masy w lewym słupku A u dołu
- 399 – połączenie z masą 34 w głównej wiązce przewodów
- 508 – połączenie gwintowe (30) na skrzynce elektrycznej
- A217 – połączenie z biegunem dodatnim 8 (15a) w wiązce przewodów tablicy rozdzielczej
- B111 – połączenie z biegunem dodatnim 1 (30a) w wiązce przewodów wnętrza samochodu
- B163 – połączenie z biegunem dodatnim 1 (15) w wiązce przewodów wnętrza samochodu

Oznaczenie obwodu pokazanego na tej stronie

Legenda – we wszystkich schematach połączeń elektrycznych te same części są zaopatrzone w te same oznaczenia urządzeń

Rys. 2.9a. Fragment schematu połączeń elektrycznych (źródło: Volkswagen)



Wyłącznik podnoszenia przedniej lewej szyby, wyłącznik w drzwiach kierowcy do podnoszenia tylnej lewej szyby, wyłącznik w drzwiach kierowcy do podnoszenia tylnej prawej szyby, wyłącznik w drzwiach kierowcy do podnoszenia przedniej prawej szyby, przycisk uniemożliwienia otwarcia drzwi przez dzieci, sterownik drzwi kierowcy

- E40 – wyłącznik podnoszenia przedniej lewej szyby
- E53 – wyłącznik w drzwiach kierowcy do podnoszenia tylnej lewej szyby
- E55 – wyłącznik w drzwiach kierowcy do podnoszenia tylnej prawej szyby
- E81 – wyłącznik w drzwiach kierowcy do podnoszenia przedniej prawej szyby
- E318 – przycisk uniemożliwienia otwarcia drzwi przez dzieci
- J386 – sterownik drzwi kierowcy
- J519 – sterownik sieci pokładowej
- K236 – kontrolka uniemożliwienia otwarcia drzwi przez dzieci
- L76 – lampka oświetlenia przycisku
- T10ad – połączenie wtykowe 10-krotne
- T20a – połączenie wtykowe 20-krotne
- T28 – połączenie wtykowe 28-krotne, lewy słupek A
- T32a – połączenie wtykowe 32-krotne
- 267 – połączenie z masą 2 w wiązce przewodów drzwi po stronie kierowcy
- R10 – połączenie z biegunem dodatnim 1 (30) w wiązce przewodów drzwi po stronie kierowcy
- R75 – połączenie 1 (58d) w wiązce przewodów sterownika drzwi

Oznaczenie urządzenia – dzięki niemu można odnaleźć w legendzie, której części odpowiada schemat graficzny oznaczony nim na schemacie połączeń

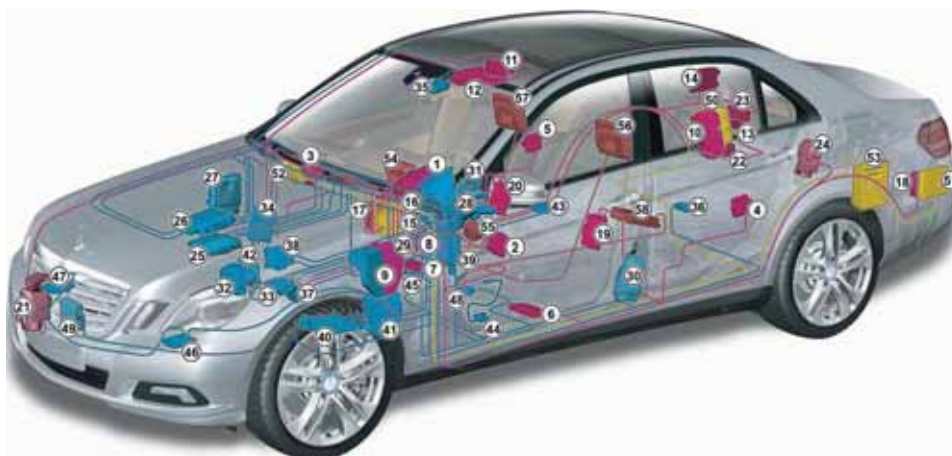
Symbol kamery – klikając w niego otrzymuje się położenie tej części w samochodzie oraz jej połączenia z innymi elementami

Rys. 2.9b. Fragment schematu połączeń elektrycznych (źródło: Volkswagen)

włącznika, świateł i przewodów łączących, we współczesnych samochodach jest znacznie bardziej skomplikowany. Informacja z włącznika świateł hamowania (hamulce włączone) jest przesyłana do kilku sterowników, które np. na podstawie informacji o ciśnieniu w układzie hamulcowym decydują, czy jest to hamowanie awaryjne i w związku z tym światła hamowania należy włączyć w trybie migania. Właściwe wystereowanie świateł hamowania przejmuję sterownik, który także sprawuje nadzór nad działaniem świateł hamowania i w razie awarii włącza inne światła jako światła hamowania.

2.10. Miejsce zamontowania elementów w samochodzie

Schemat połączeń nie pozwala wnioskować o rzeczywistym położeniu elementów w samochodzie. W celu pokazania wszystkich elementów, połączeń wtykowych, punktów połączeń z masą itd. we współczesnym samochodzie opracowano układ współrzędnych.



Rys. 2.10. Położenie sterowników w Mercedesie E212 (źródło: Mercedes)

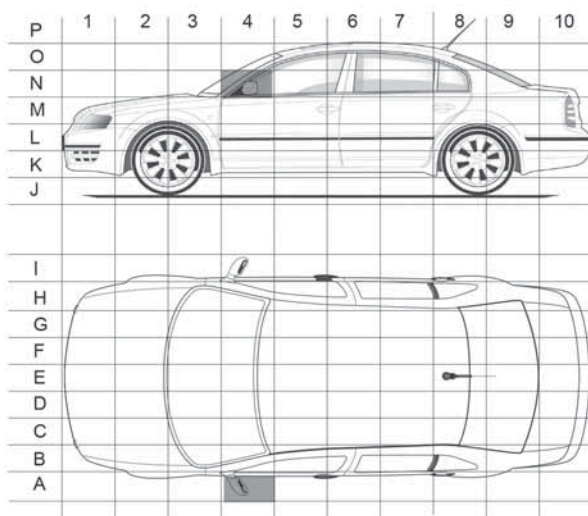
W przykładzie na rysunku 2.11 pokazano położenie lewego lusterka. Pola na siatce współrzędnych, w których znajduje się lusterko zewnętrzne, oznaczono kolorem szarym.

Zgodnie z kolejnością alfabetyczną, najpierw jest określane położenie poprzeczne elementu na widoku z góry (A...I), następnie położenie względem osi podłużnej samochodu (1...10) i na końcu współrzędna wysokości na widoku z boku (J...P). W ten sposób współrzędne położenia lewego lusterka zewnętrznego wynoszą A4N.

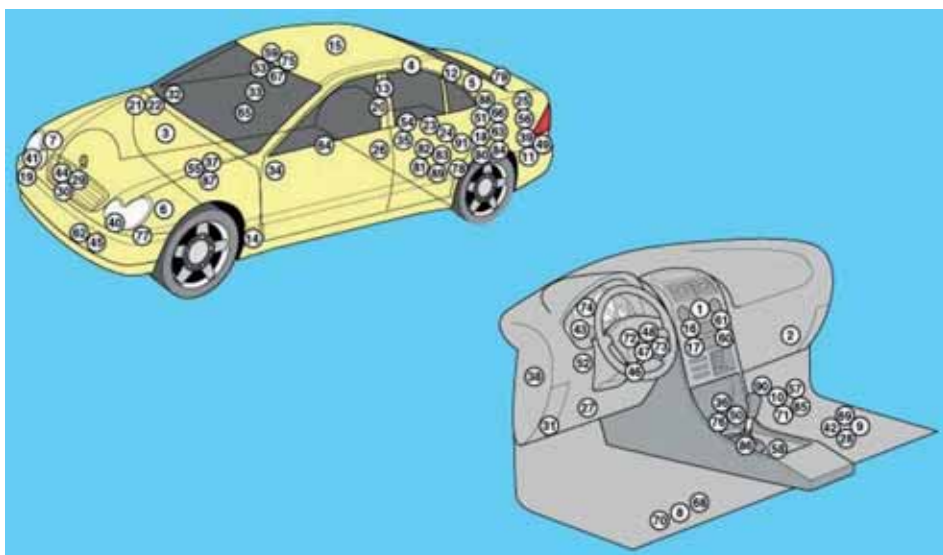
Łatwiejsze jest wyszukiwanie na cyfrowych instrukcjach napraw, jakie obecnie stosują niezależni dostawcy (rys. 2.12).

Żądaną część można znaleźć w odpowiednim wykazie części. Dzięki temu można ją jednoznacznie przyporządkować na planie położenia i na schemacie połączeń.

Zaawansowane wyszukiwanie usterek w samochodzie wymaga doświadczenia w pracy z instrukcjami warsztatowymi i znajomości technik pomiarowych. Schematy obwodowe również należą do instrukcji warsztatowych. Znormalizowane oznaczenia zacisków mają zapobiegać zamianie przy mocowaniu zacisków albo sprawdzaniu przewodów.

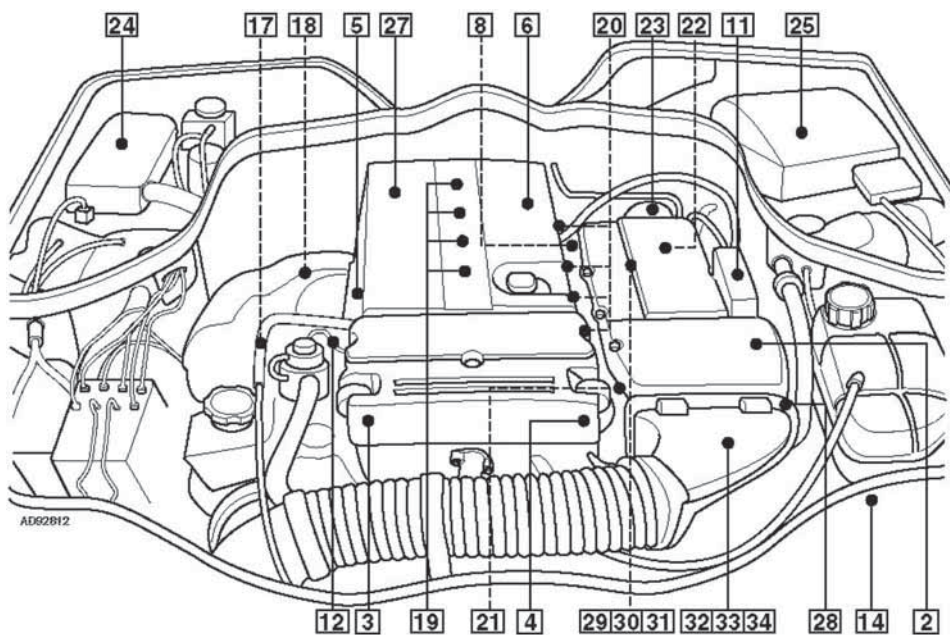


Rys. 2.11. Układ współrzędnych dla określenia położenia części (źródło: Riehl)



59	Sterownik przełącznika wielofunkcyjnego (konsola dachowa)
58	Sterownik przełącznika wielofunkcyjnego (konsola środkowa)
55	Sterownik przełącznika wielofunkcyjnego 1, zamontowany w skrzynce bezpieczników (na płytce przełączników) w przedziale silnika; funkcje: oświetlenie wnętrza pojazdu, światła przednie, sygnał dźwiękowy, wycieraczki przedniej szyby, czujniki ciśnienia w układzie klimatyzacji, wycieraczki reflektorów, poziom cieczy chłodzącej, poziom płynu hamulcowego, czujnik temperatury zewnętrznej
56	Sterownik przełącznika wielofunkcyjnego 2, zamontowany w skrzynce bezpieczników (na płytce przełączników) w bagażniku; funkcje: zamek centralny, poziom paliwa, instalacja alarmowa, światła awaryjne, ogrzewanie tylnej szyby, światła tylne, odryglowanie pokrywy bagażnika, przełącznik pompy paliwa
57	Sterownik przełącznika wielofunkcyjnego 3, zamontowany w przestrzeni na nogi, pod dywanikiem; funkcje: prawy reflektor, silnik pompy chłodnicy, wyłącznik światła cofania
61	Sterownik układu nawigacji
67	Czujnik deszczu – nad przednią szybą, pośrodku

Rys. 2.12. Rozmieszczenie części w samochodzie (źródło: Autodata)



Rys. 2.13. Rozmieszczenie części w samochodzie (źródło: Autodata)

POKŁADOWE SIECI ELEKTRYCZNE I ZARZĄDZANIE ENERGIĄ ELEKTRYCZNĄ

11.1. Pokładowe sieci elektryczne

Rosnąca liczba układów elektronicznych wymaga nie tylko ich współpracy w sieci, lecz także nowych sposobów zasilania ich energią elektryczną. Z jednej strony wszystkie układy muszą być zawsze zasilone dostateczną ilością energii, z drugiej zaś należy zużywać do ich zasilania tylko niezbędnych ilości energii. Ponadto współcześni użytkownicy nie tolerują już awarii pojazdu z powodu rozładowania akumulatora. Dodatkowym czynnikiem jest coraz większa elektryfikacja układów napędowych samochodów.

Doprowadziło to do powstania różnych rozwiązań pokładowej sieci elektrycznej i zasilania energią poszczególnych układów elektronicznych. We współczesnych pojazdach zasilanie układów energią elektryczną, tak zwane zarządzanie energią w sieci pokładowej, często stanowi priorytet. Ważnymi wymaganiami są z kolei jak najkrótsze drogi przepływu prądu (długości przewodów), równomierne rozłożenie masy samochodu oraz rozmieszczenie poszczególnych sterowników i układów.

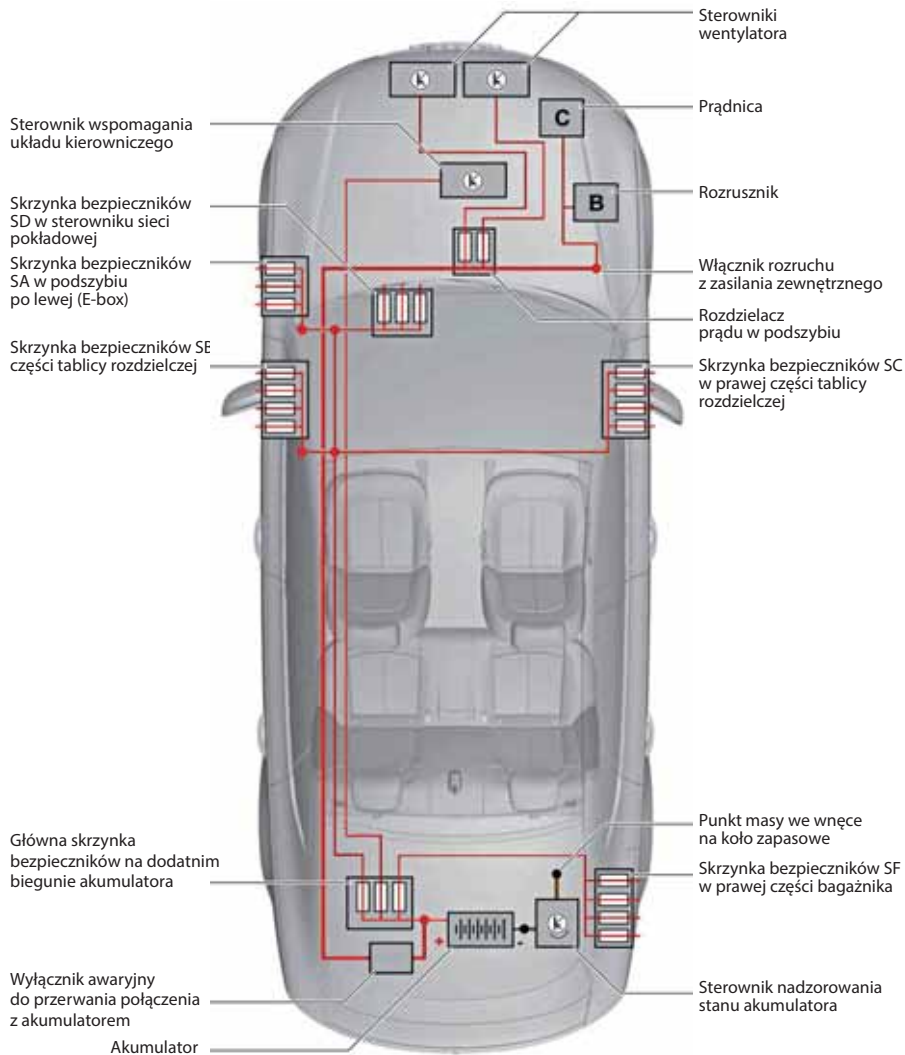
11.1.1. Dwunastowoltowa sieć pokładowa z jednym akumulatorem

Standardowa i wciąż najpowszechniejsza jest dwunastowoltowa (jednonapięciowa) sieć pokładowa. Wytwarzanie prądu za pomocą prądnicy i magazynowanie energii w akumulatorze odbywa się pod napięciem znamionowym 12 V, tak więc wszystkie odbiorniki pracują pod tym napięciem. Prądnica, rozrusznik, akumulator i główny rozdzielacz prądu są zamontowane w przedziale silnika i do różnych odbiorników prowadzi od nich wiele przewodów zasilających.

Wraz z rosnącą liczbą układów elektronicznych i związanym z tym wzrostem liczby i długości przewodów elektrycznych stały się konieczne inne sposoby zasilania. Dorodziło to do powstania zdecentralizowanej struktury sieci pokładowej, którą przykładowo pokazano na rys. 11.1. Prądnica i rozrusznik są tu wciąż połączone z silnikiem. Od prądnicy w przedziale silnika do akumulatora umieszczonego z tyłu samochodu prowadzi grupy

przewód zasilający, który w razie wypadku może zostać odłączony od niego przez wyłącznik awaryjny. Pierwsze odbiorniki są zasilane prądem poprzez bezpieczniki już w przedziale silnika. Kolejne miejsca rozdziału prądu są rozmieszczone w całym pojeździe i wyposażone w bezpieczniki. Są połączone bezpośrednio z akumulatorem i pozostają z nim połączone także po wypadku. Sterownik nadzoruje stan akumulatora, mierzy jego temperaturę oraz kontroluje napięcie ładowania i prąd ładowania, wpływając na parametry elektryczne prądnicy odpowiednio do potrzeb (szczegóły – w dalszych podrozdziałach).

Podczas poszukiwania usterek – podobnie jak w przypadku połączeń z układami magistral – może być niezbędne sprawdzenie odpowiedniego rozgałęzienia prądu i wszystkich podłączonych do niego układów, elementów wykonawczych itp., zwłaszcza gdy usterka dotyczy kilku funkcji. Należy przy tym zawsze sprawdzać połączenia bieguna dodatniego i masy.



Rys. 11.1. Ogólny widok zdecentralizowanej struktury zasilania z jednym akumulatorem

11.1.2. Jednonapięciowa sieć pokładowa z dwoma akumulatorami

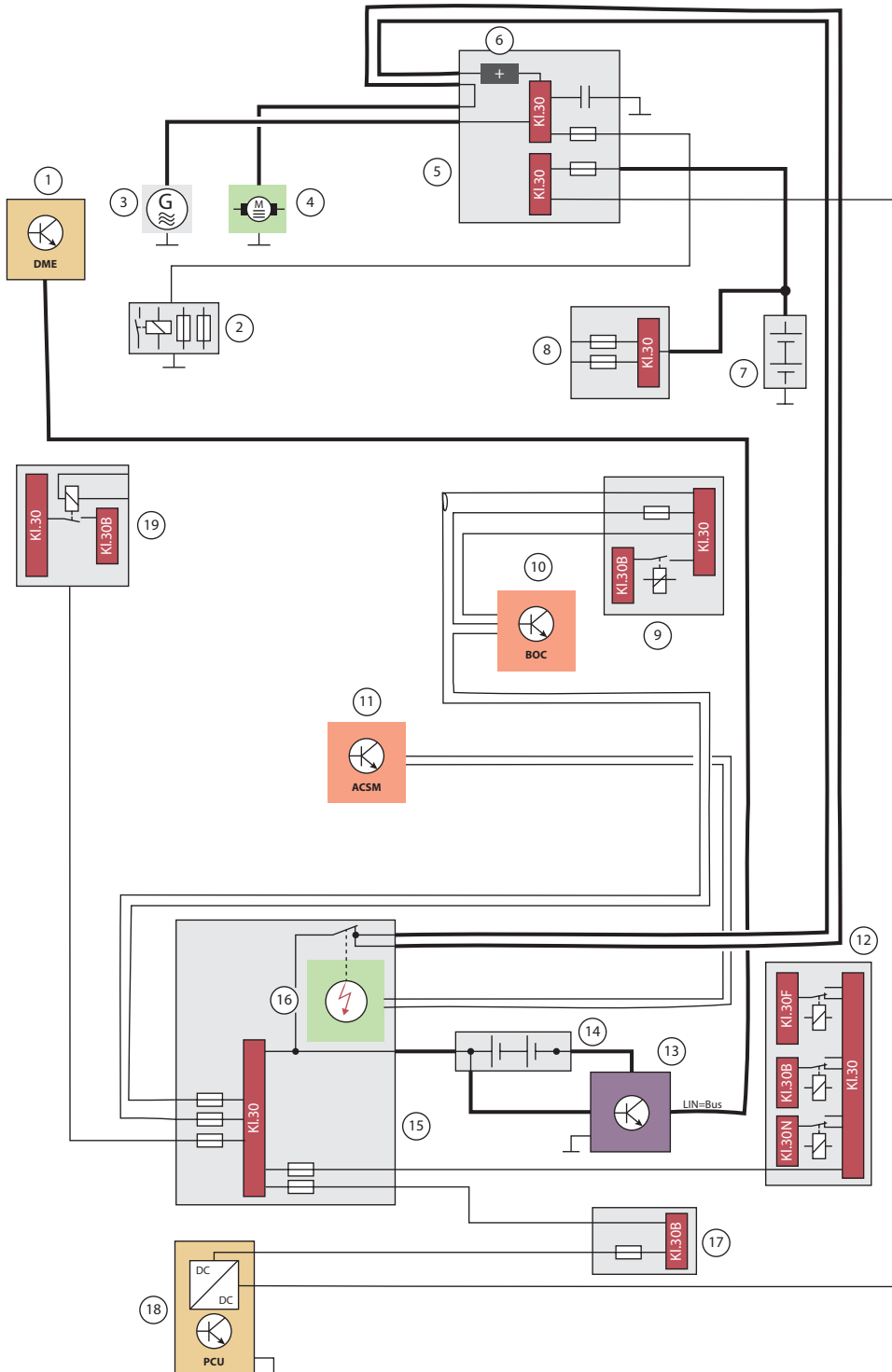
Gdy z powodu dużej liczby odbiorników obciążenie jednego akumulatora byłoby zbyt duże albo gdy względy niezawodności wymagają zagwarantowania uruchomienia samochodu w każdych warunkach, w pokładowej sieci elektrycznej montuje się drugi akumulator. Dwunastowoltową jednonapięciową sieć pokładową z dwoma akumulatorami i zdecentralizowaną strukturą zasilania przedstawiono na rysunku 11.2.

Akumulator (14), o większej pojemności, znajduje się z tyłu samochodu, a dodatkowy akumulator (7), o mniejszej pojemności, jest umieszczony w przedziale silnika. Prądnica (3) ładuje oba akumulatory, a ich działanie nadzoruje sterownik (18) zarządzania energią. Wymagania dotyczące mocy ładowania przez prądnicę są przesyłane z czujnika (13) stanu akumulatora magistralą LIN do sterownika (1) silnika, który zwiększa prędkość obrotową. Gruby przewód zasilający prowadzący z przedziału silnika do tyłu samochodu może zostać odłączony przez wyłącznik awaryjny (16), który jest uruchamiany przez sterownik (11) poduszki gazowej. Zasilanie układów odbywa się w sposób zdecentralizowany za pośrednictwem kilku rozdzielaczy prądu (2, 5, 8, 9, 12, 19). W razie nieprawidłowego działania różnych układów należy dokładnie sprawdzić sprawność poszczególnych bezpieczników i innych elementów rozdzielających prąd.

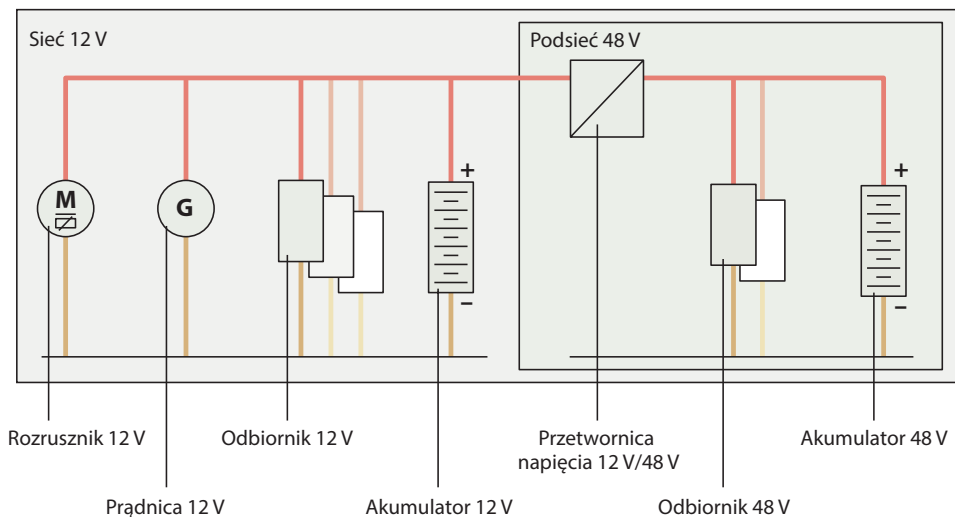
Jednonapięciowa pokładowa sieć zasilająca z dwoma akumulatorami nie jest nowością i w przeszłości dość często była stosowana w samochodach specjalnych (wozy strażackie, karetki pogotowia, samochody służące do przewozu przesyłek wartościowych itp.), czy też np. w pierwszych samochodach wyposażonych w telefon pokładowy. Oba akumulatory były przy tym często połączone za pośrednictwem przekąźnika. Prądnica ładowała oba akumulatory, a poszczególne odbiorniki były zasilane osobno przez przypisany każdemu z nich jeden z dwóch akumulatorów. We współczesnych pojazdach zarządzanie energią często realizuje sterownik zarządzania energią sieci pokładowej.

11.1.3. Dwunapięciowa sieć pokładowa z podsiecią 48-woltową

Obecny stan rozwoju samochodowych odbiorników elektrycznych i układów wymaga bardzo dużej mocy, którą trudno zapewnić za pomocą 12-woltowej sieci pokładowej. Doprowadziło to najpierw do opracowania pokładowej podsieci elektrycznej o wyższym napięciu (24 V lub 48 V). Przykładowy schemat obwodu elektrycznego dwunapięciowej sieci pokładowej z podsiecią 48-woltową przedstawiono na rysunku 11.3.



Rys. 11.2. Zdecentralizowana struktura zasilania z dwoma akumulatorami (opis w tekście)



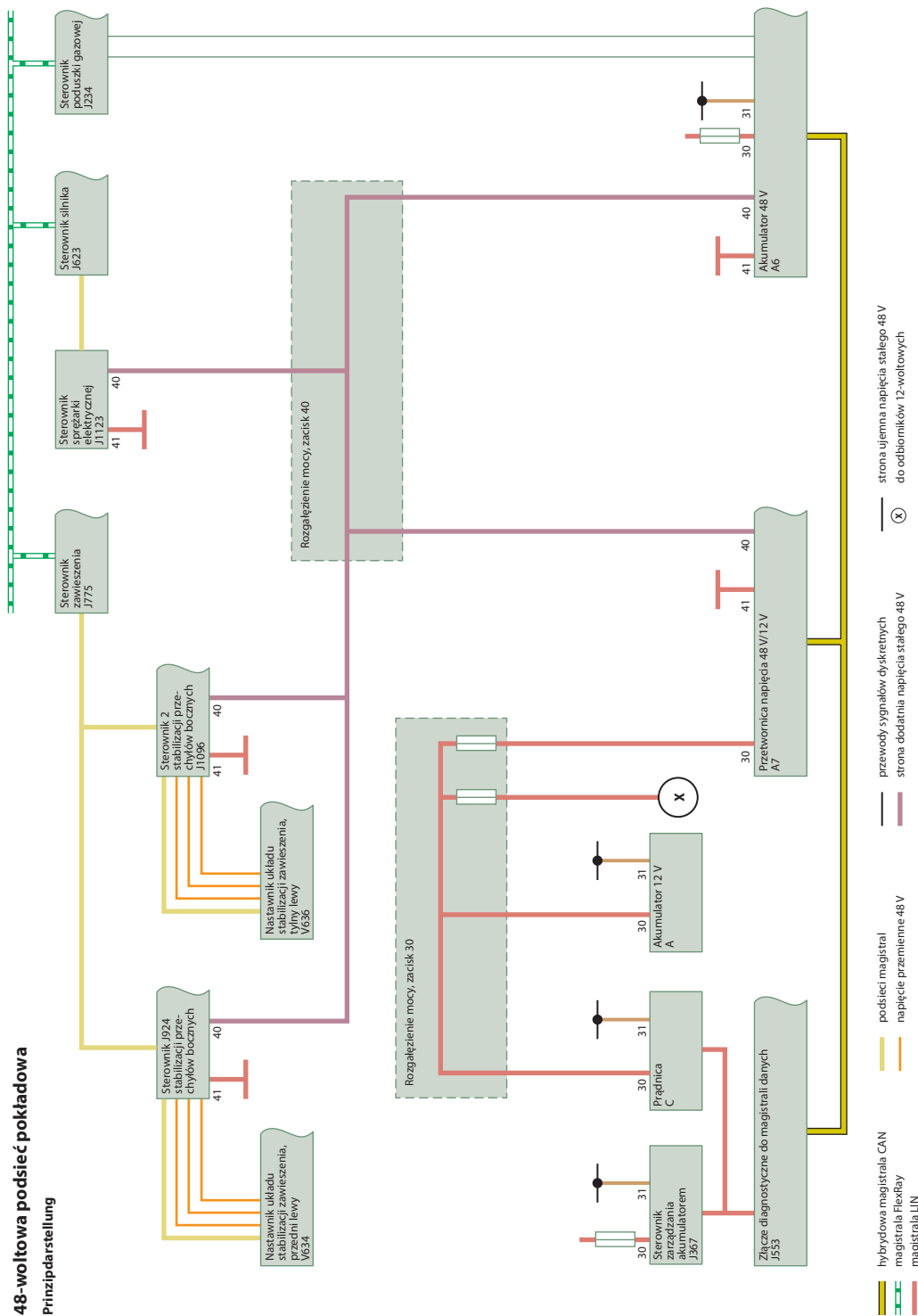
Rys. 11.3. Schemat połączeń podsieci 48 V (źródło: Audi)

Znane 12-woltowe sieci pokładowe z prądnicą, rozrusznikiem, akumulatorem i odbiornikami są w tym wariancie uzupełnione dodatkową podsiecią 48 V z przetwornicą napięcia stałego 12 V/48 V. Zasilanie napięciem odbywa się tu tak jak poprzednio, za pomocą 12-woltowej prądnicy. Podsieć ma również 48-woltowy akumulator litowo-jonowy. Odbiornikami w podsieci pokładowej o wyższym napięciu są np. elektromechaniczne wspomaganie układu kierowniczego, dodatkowa sprężarka o napędzie elektrycznym, napędzana elektrycznie sprężarka klimatyzacji. Obecnie 48-woltowa sieć pokładowa przeważnie jest wykorzystywana w niepełnym układzie hybrydowym (por. podrozdz. 14.3.1). Zapewnia on wówczas tzw. *boosting*** elektryczny, sprawniejsze odzyskiwanie energii i szybsze uruchomienie silnika w trybie start-stop. Do zimnego rozruchu silnika samochodu często mają jeszcze 12-woltowy rozrusznik.

* Wspomaganie silnika spalinowego przez elektryczny podczas ruszania i przyspieszania samochodu w celu zmniejszenia zużycia paliwa (przyp. tłum.)

48-woltowa podsieć pokładowa

Prinzipdarstellung



Rys. 11.4. Budowa 48-woltowej podsieci pokładowej

Na rysunku 11.4 przedstawiono schemat instalacji pojazdu, w którym zastosowano 48-woltową podsić pokładową do stabilizacji przechyłów bocznych nadwozia i dodatkową sprężarkę elektryczną. W 48-woltowej sieci pokładowej biegun dodatni oznaczono zaciskiem 40, biegun ujemny (masowy) zaciskiem 41. Sieć pokładowa 12 V odpowiada zwykłemu standardom. Biegun dodatni w 48-woltowej podsić pokładowej jest zapewniony przez rozgałęzienie na zacisku 30, do którego jest dołączona przetwornica napięcia (48 V/12 V). Od niej prowadzi przewód 48-woltowy do rozgałęzienia 48-woltowego. Z tego rozgałęzienia na zacisku 40 przewody prowadzą do sterowników stabilizacji przechyłów bocznych po lewej i prawej stronie oraz sprężarki elektrycznej i akumulatora 48-woltowego. 48-woltowa podsić pokładowa jest nadzorowana przez złącze diagnostyczne z przyłączem do hybrydowej magistrali CAN. Nadzoruje ono także 12-woltową sieć pokładową poprzez magistralę LIN i poprzez nią steruje jednocześnie mocą ładowania prądnicy.

Podczas obsługi 48-woltowej sieci pokładowej należy stosować się do następujących wskazówek:

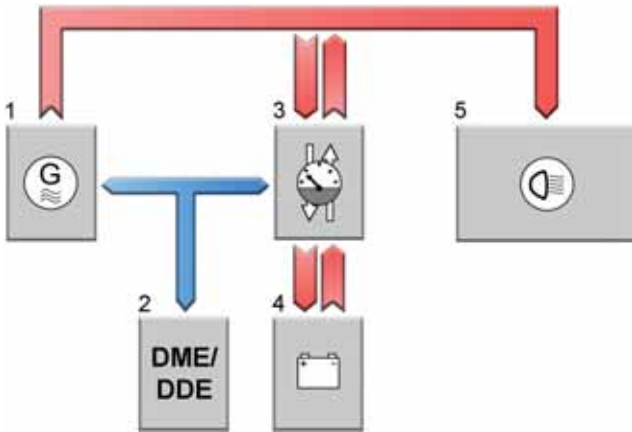
- wprawdzie sieć 48-woltowa nie zalicza się do układów wysokiego napięcia, lecz niektórzy producenci wymagają do jej obsługi odpowiedniego przeszkolenia personelu;
- przed rozpoczęciem obsługi sieci 48-woltowej należy odłączyć od niej napięcie;
- do obsługi sieci 48-woltowej zaleca się wykorzystanie testera diagnostycznego i przestrzeganie odpowiedniej procedury;
- czynności obsługi sieci 48-woltowej należy dokumentować;
- zwarcia i wyładowania łukowe w sieci 48-woltowej są bardzo niebezpieczne.

Coraz częściej spotyka się rozwiązania, w których energia elektryczna jest wytwarzana w prądnicy 48-woltowej, a jej magazynowanie odbywa się w akumulatorze 48-woltowym. Pokładowa sieć 12-woltowa jest wtedy zasilana przez przetwornicę DC/DC z sieci 48-woltowej.

11.2. Zarządzanie energią elektryczną

Znaczne zwiększenie liczby układów elektronicznych i odbiorników w pojazdach spowodowało konieczność skutecznego zarządzania energią elektryczną, aby umożliwić uzyskanie jak najmniejszego zużycia paliwa. W tablicy 11.1 zebrano powszechnie stosowane odbiorniki energii elektrycznej we współczesnych pojazdach, nie uwzględniając układów montowanych dodatkowo w samochodach wyższych klas.

Nawet taki przegląd pokazuje, że wcześniej obowiązujące standardy, nakazujące zawsze (we wszystkich trybach pracy) jak najpełniejsze ładowanie akumulatorów przez prądnicę, dziś oznaczałyby bardzo duże zużycie energii. Obecnie zarządzanie energią elektryczną polega na skoordynowanej współpracy prądnicy i ewentualnej przetwornicy napięcia z odbiornikami i akumulatorem (rys. 11.5).



Rys. 11.5. Przepływ energii i informacji w układzie zarządzania energią elektryczną (źródło: T. Schmidt)

- 1 – prądnica,
 - 2 – sterownik silnika,
 - 3 – inteligentny czujnik stanu akumulatora (IBS),
 - 4 – akumulator samochodu,
 - 5 – odbiorniki;
- kolor czerwony – przepływ energii,
kolor niebieski – przepływ informacji

Tabl. 11.1. Zapotrzebowanie na moc dla odbiorników elektrycznych w samochodach (przeciętnie)

Odbiorniki		Zapotrzebowanie na moc
Odbiorniki działające stale	zapłon	20 W
	elektryczna pompa paliwa	50 – 70 W
	elektroniczny układ wtrysku benzyny	50 – 70 W
	układ sterowania silnikiem benzynowym	175 – 200 W
	układ wtrysku oleju napędowego	50 – 70 W
	dmuchawa chłodzenia/klimatyzacji	100 – 500 W
Odbiorniki działające długotrwale	radiodbiornik samochodowy	10 – 30 W
	układ nawigacji	15 W
	światła obrysowe	4 – 5 W
	podświetlenie tablicy rozdzielczej	po 2 W
	oświetlenie tablicy rejestracyjnej	po 10 W
	światła pozycyjne	po 3 – 5 W
	reflektor światła mijania	po 55 W
	reflektor światła drogowych	po 60 W
	światło pozycyjne tylne	po 5 W
	elektryczny wentylator chłodnicy	200 – 800 W
	wycieraczki szyby przedniej	80 – 150 W

	Odbiorniki	Zapotrzebowanie na moc
Odbiorniki działające krótkotrwale	kierunkowskazy	po 21 W
	światła hamowania	po 18 – 21 W
	światła oświetlenia wnętrza	5 – 10 W
	elektryczne otwieranie szyb	150 W
	elektrycznie otwierany dach	150 – 200 W
	ogrzewanie szyby tylnej	120 W
	wycieraczka szyby tylnej	30 – 65 W
	sygnały dźwiękowe	po 25 – 40 W
	światła przeciwmgłowe	po 35 – 55 W
	światła cofania	po 21 W
	spryskiwacz szyby i reflektorów	50 – 100 W
	elektryczna regulacja foteli	100 – 150 W
	elektryczna regulacja lusterek	20 W
	ogrzewanie jednego siedzenia	100 – 200 W
	ogrzewanie kierownicy	50 W
	elektryczne ogrzewanie dodatkowe	300 – 1000 W
	dotatkowy reflektor światła drogowych	po 55 W
	świece żarowe do rozruchu silnika wysokoprężnego	po 100 W
	rozrusznik (samochody osobowe)	800 – 3000 W
	zapalniczka elektryczna	100 W

Najważniejszą częścią zarządzania energią elektryczną w pojeździe jest zarządzanie akumulatorem. Zawsze dąży się do zużywania jak najmniejszej ilości energii, a w związku z tym także do jak najmniejszej liczby jej przemian i, jeśli to możliwe, do jej odzyskiwania w „korzystnych” trybach pracy. Układ zarządzania energią elektryczną i akumulatorem jest zwykle zintegrowany w sterowniku (2) silnika. Jedynie w droższych i bardziej złożonych sieciach pokładowych występuje osobny sterownik zarządzania energią. Jedną z ważniejszych części układu jest elektroniczny, tzw. inteligentny, czujnik (3) stanu akumulatora (IBS), który przeważnie znajduje się na biegunie ujemnym i wykrywa napięcie, prąd i temperaturę. Za pomocą tych wartości rozpoznawany jest stan akumulatora i włączany prąd ładowania z prądnicy. Stan naładowania akumulatora jest utrzymywany w określonym zakresie, zależnie od warunków otoczenia. Wyjątkiem jest akumulator w pełni naładowany. Akumulator powinien być więc zawsze zdolny do poboru prądu ładowania. Poniżej podano przykłady w celu wyjaśnienia strategii ładowania w różnych stanach pracy.

Podczas **rozruchu silnika** prądnica jest nieaktywna. Prąd rozruchowy jest pobierany z akumulatora. Podczas rozruchu, zależnie od stanu akumulatora, odbiorniki również są przeważnie wyłączone.

Podczas **biegu jałowego** odbywa się tylko ładowanie akumulatora, gdy stan naładowania tego wymaga. Jeśli jest potrzebna większa moc ładowania, to następuje zwiększenie prędkości obrotowej biegu jałowego. Jeśli to nie wystarcza, w określonej kolejności odłączane są odbiorniki albo jest zredukowana ich moc.

Podczas **przyspieszania**, dopóki stan akumulatora na to pozwala, pobór prądu z prądnicy jest zredukowany do minimum albo całkowicie odłączany. Odbiorniki są zasilane z akumulatora.

Podczas **jazdy ze stałą prędkością** pobór prądu z prądnicy jest również zredukowany do minimum. Dopiero gdy przy dłuższej jeździe ze stałą prędkością akumulator osiągnie dolny, minimalny stan naładowania, pobór prądu z prądnicy zostaje wysterowany w taki sposób, aby podtrzymać ten stan minimalny.

Podczas **hamowania silnikiem** oraz **hamowania hamulcami** jest wykorzystywana energia ruchu samochodu i pobór prądu z prądnicy zostaje wysterowany maksymalnie. Dzięki temu akumulator jest ładowany. Określa się to jako **rekuperację** (odzyskiwanie) energii. Funkcja ta stanowi ważny potencjał oszczędnościowy procesu zarządzania energią elektryczną. W fazach hamowania silnikiem i hamulcami energia zostaje odzyskana („za darmo”), bez konieczności korzystania z nowej albo dodatkowej energii.

W **pojeździe stojącym** (silnik wyłączony) odbiorniki są w miarę możliwości sterowane czasowo i automatycznie wyłączane w zależności od stanu naładowania akumulatora i temperatury zewnętrznej. Im zimniej jest na zewnątrz i im słabiej jest naładowany akumulator, tym szybciej następuje wyłączenie. Musi on mieć wciąż wystarczająco dużo energii do rozruchu silnika.

Stare akumulatory, względnie wolno starzejące się, są rozpoznawane przez układ zarządzania energią elektryczną (zarządzania akumulatorem) i wartości progowe dozwolonych wahań ładunku są powoli ciągle podwyższane. Akumulator jest utrzymywany w stanie wyższego naładowania.

W **niskich temperaturach zewnętrznych** akumulator również jest utrzymywany na wyższym poziomie naładowania, aby zapewnić rozruch silnika.

Podczas obsługi pojazdu, zwłaszcza w razie poszukiwania usterek i diagnostyki, powinno się podłączać do akumulatora ładowarkę. Dzięki temu zapobiegnie się rozładowaniu akumulatora i jego ewentualnemu uszkodzeniu. Poza tym, niski stan naładowania może doprowadzić do niepożądanego zaprzestania działania niektórych funkcji. Ładowarkę należy podłączać do punktów ładowania z obcego źródła, a nie bezpośrednio do biegunów akumulatora. Gdy akumulator jest ładowany w pojeździe, elektroniczny układ zarządzania energią może uwzględnić w swoich obliczeniach prąd ładowania.

Jeżeli akumulator jest ładowany poza samochodem albo jest instalowany nowy akumulator, to należy „poinformować” o tym układ zarządzania energią elektryczną za pomocą testera diagnostycznego.

NAPĘDY ELEKTRYCZNE I ZELEKTRYFIKOWANE

14.1. Wiadomości wstępne

Elektryfikacja układu napędowego w najbliższej przyszłości nadal będzie zwiększana. Ponieważ rozwój napędów elektrycznych wciąż trwa, jest wiele różnych dróg, którymi może on podążać – od napędu mikrohybrydowego, poprzez napęd hybrydowy niepełny, pełny i ładowany z sieci elektrycznej (*plug-in*), aż po napęd elektryczny. Nie należy też zapominać o pojazdach z ogniwami paliwowymi. Samochody wyposażone w ogniwa paliwowe są już produkowane seryjnie i po zapewnieniu odpowiednio gęstej sieci stacji wodorowych będą mogły zacząć odgrywać większą rolę.

Uwaga. Napędy elektryczne i zelektryfikowane działają przeważnie w zakresach wysokich napięć* i stanowią duże zagrożenie, które może skutkować śmiertelnym porażeniem. Dlatego wszystkie elementy wysokonapięciowe oznacza się kolorem pomarańczowym i odpowiednimi naklejkami ostrzegawczymi. Do obsługi instalacji wysokiego napięcia w pojazdach z napędem elektrycznym i zelektryfikowanym należy posiadać odpowiednie kwalifikacje, nabyć uprawnienia i przejść przeszkolenie dotyczące danej marki samochodów.

W niniejszym rozdziale opisano tylko ogólnie tę technologię i wiadomości w nim zawarte nie zastępują fachowego szkolenia umożliwiającego nabycie kwalifikacji i uprawnień do obsługi instalacji wysokiego napięcia w pojazdach.

* O wysokim napięciu (ang. HV – *High Voltage*) w pojazdach mówimy wtedy, kiedy występują w nich skuteczne wartości napięcia przemiennego (AC) powyżej 30 V i nieprzekraczające 1000 V albo robocze napięcia przekraczające 60 V i nie większe niż 1500 V prądu stałego (DC). Wartości te określono w regulaminie nr 100 EKG ONZ zawierającym wymagania techniczne dotyczące homologacji elektrycznego układu napędowego pojazdów drogowych.

Podane minimalne wartości wysokiego napięcia stanowią jednocześnie wartości progowe, począwszy od których przy prądzie zwarcia 3 mA (AC) i 12 mA (DC) powstaje bezpośrednie zagrożenie porażeniem osób, które bez odpowiedniej ochrony wchodzi w kontakt bezpośredni z elementami przewodzącymi prąd (przyp. red.).

14.2. Napęd elektryczny

Pojazdy napędzane elektrycznie w najczystszej postaci są samochodami napędzanymi silnikami elektrycznymi, pobierającymi energię z baterii akumulatorów wysokonapięciowych. Określa się je skrótem BEV (*Battery Electric Vehicles*).

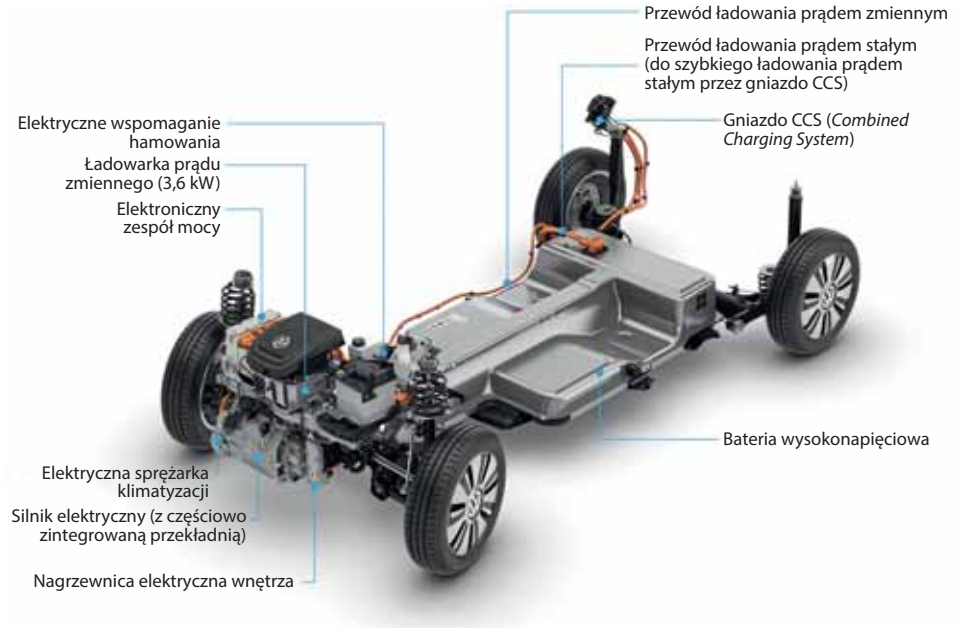
14.2.1. Elementy składowe i sieć pokładowa samochodu elektrycznego

Do napędu samochodu elektrycznego zasadniczo wystarcza tylko silnik elektryczny z przeładnią, elektroniczny układ sterujący silnikiem elektrycznym, bateria akumulatorów wysokonapięciowych i elektroniczny układ ładowania baterii. Dodatkowo należy zasilac prądem kilka urządzeń pomocniczych, takich jak np. sprężarka klimatyzacji i nagrzewnica (patrz rozdz. 19). Są one też podłączone do sieci wysokiego napięcia. Budowę samochodu elektrycznego znacznie komplikuje konieczność wzajemnego dopasowania elementów, elektroniczny układ ładowania baterii oraz układ zarządzania baterią. Podstawowe elementy dwóch samochodów elektrycznych o znacznie zróżnicowanej budowie przedstawiono na rysunkach 14.1 i 14.2

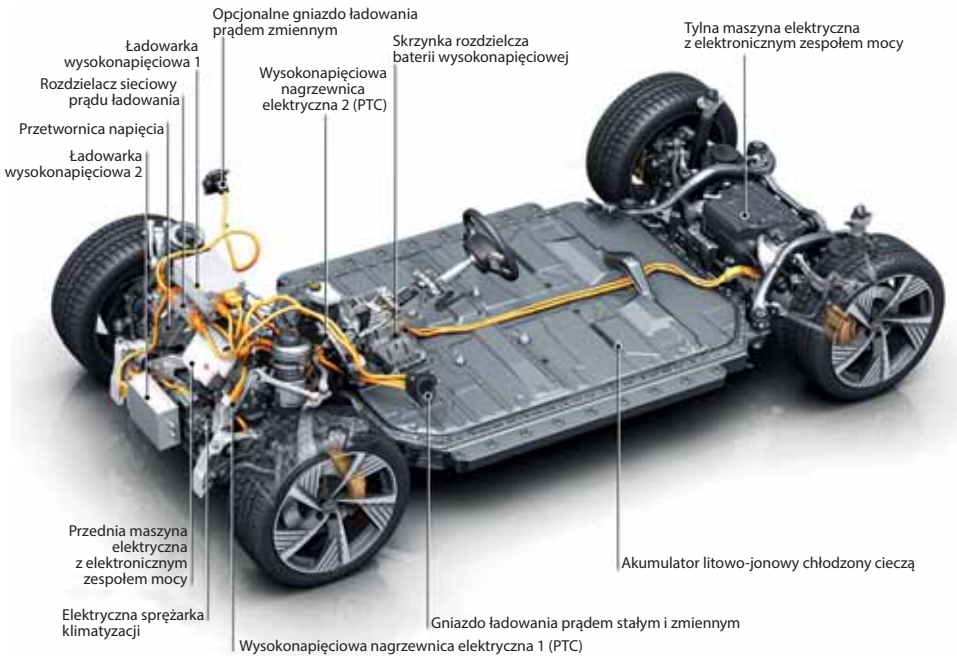
Podstawowym elementem samochodu elektrycznego zasilanego akumulatorem jest trakcyjna bateria* wysokonapięciowa, która obecnie prawie we wszystkich pojazdach jest montowana pod podłogą. Zasila ona układy sterowania i elektroniczne zespoły mocy prądem stałym poprzez dwa grube przewody. Najważniejszym zadaniem układów sterowania i elektroniki mocy jest zasilanie trójfazowych silników indukcyjnych (jednego albo kilku) napięciem przemiennym, które odpowiada żądaniom kierowcy dotyczącym uzyskania określonego przyspieszenia i prędkości pojazdu. Poza tym poprzez układ elektroniki mocy są zasilane prądem stałym elektryczna sprężarka klimatyzacji i wysokonapięciowa nagrzewnica elektryczna. Baterie wysokonapięciowe mogą być ładowane prądem stałym (DC – *Direct Current*), który w tym przypadku jest przesyłany bezpośrednio z gniazda ładującego do baterii. W razie ładowania prądem przemiennym (AC – *Alternate Current*) najpierw musi on zostać przekształcony przez ładowarkę na prąd stały. Nadzór procesu ładowania również należy do układów sterowania i elektroniki mocy.

Każdy współczesny samochód elektryczny, oprócz wysokonapięciowej sieci pokładowej, ma też dodatkową, „normalną” sieć 12-woltową. Ta sieć realizuje tradycyjne funkcje, takie jak zasilanie sterowników, radioodbiornika, oświetlenia, zamka centralnego itp. Samochody elektryczne są więc nadal zależne od działania sieci 12-woltowej – nawet gdy bateria wysokonapięciowa jest naładowana w 100%. Bez zasilania 12-woltowego pojazd nie będzie bowiem gotowy do jazdy i nie może też zachodzić komunikacja między sterownikami. Akumulator 12-woltowy podczas jazdy jest zasilany poprzez przetwornicę napięcia z baterii wysokonapięciowej. Jeśli stopień naładowania baterii wysokonapięciowej spada poniżej określonej wartości, to układ nie ładuje też akumulatora 12-woltowego. Współpracę i połączenia między sterownikami w prostej sieci samochodu elektrycznego przedstawiono na rysunku 14.3.

* Bateria to według polskiej terminologii zespół akumulatorów (przyp. tłum.).

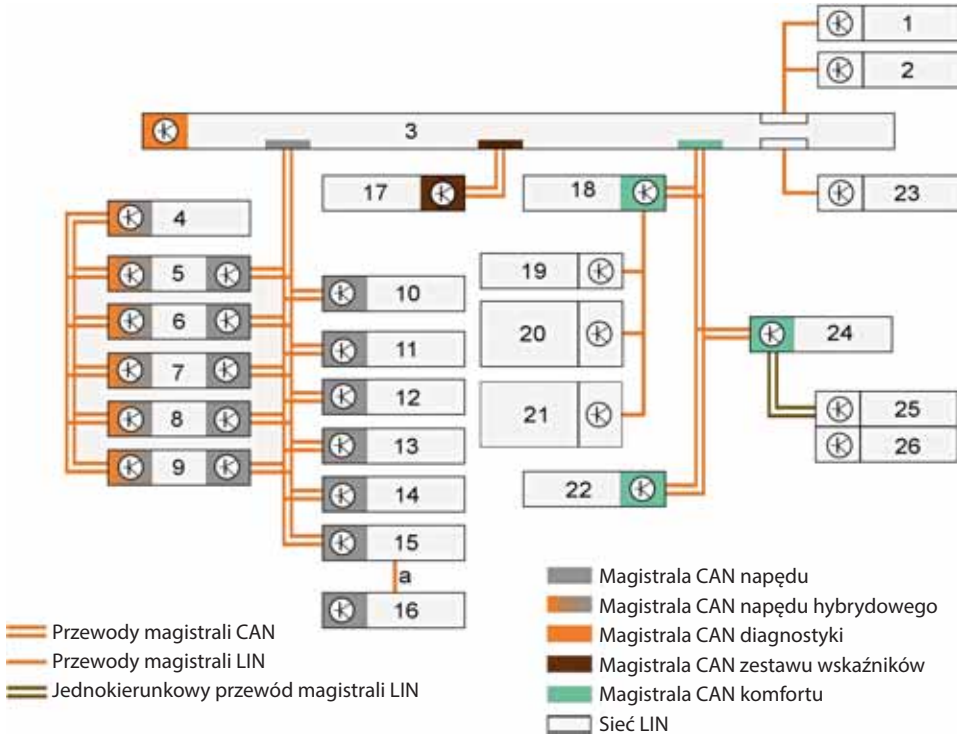


Rys. 14.1. Rozmieszczenie elementów wysokonapięciowych w prostym układzie wysokiego napięcia w małym samochodzie (źródło: Schmidt)



Rys. 14.2. Zaawansowany układ wysokiego napięcia z dwoma generatorami, dwoma silnikami elektrycznymi i akumulatorem litowo-jonowym chłodzonym cieczą (źródło: Audi)

Sieć jest utworzona z kilku magistrali CAN, przy czym w magistrali CAN napędu są także zintegrowane sterowniki wysokonapięciowe. Dodatkowo są one bezpośrednio połączone we własną sieć CAN. Cały układ jest sterowany sterownikiem sieci pokładowej, ewentualnie sterownik sieci pokładowej może być też sterownikiem głównym.



Rys. 14.3. Sieć pokładowa samochodu elektrycznego (źródło: Volkswagen)

- | | | |
|---|---|---|
| 1 – sterownik dachu otwieranego, | 11 – sterownik asystenta parkowania, | 20 – dmuchawa świeżego powietrza ze sterownikiem, |
| 2 – czujnik wilgotności powietrza układu klimatyzacji, | 12 – zespół czujników funkcji hamowania awaryjnego, | 21 – elektryczna sprężarka klimatyzacji ze sterownikiem, |
| 3 – sterownik sieci pokładowej i interfejs diagnostyczny magistrali danych, | 13 – sterownik wspomagania układu kierowniczego, | 22 – sterownik modułu powiadomienia centrum ratunkowego z zespołem komunikacji, |
| 4 – dźwignia wyboru biegów, | 14 – sterownik układu ABS, | 23 – sterownik nadzoru stanu akumulatora, |
| 5 – sterownik silnika, | 15 – sterownik wspomagania hamowania, | 24 – radioodbiornik, |
| 6 – sterownik układu regulacji działania akumulatora, | 16 – silnik w zasobniku ciśnienia hamowania służący do odzysku energii, | 25 – złącze do układu nawigacji i Informacyjno-rozrywkowego, |
| 7 – sterownik napędu elektrycznego, | 17 – sterownik zestawu wskaźników i sterownik immobilizera, | 26 – układ nawigacji i informacyjno-rozrywkowy, |
| 8 – sterownik napięcia ładowania baterii wysokonapięciowej, | 18 – sterownik układu klimatyzacji, | a – odrębna magistrala CAN |
| 9 – sterownik ładowarki baterii wysokonapięciowej, | 19 – nagrzewnica wysokonapięciowa (PTC), | |
| 10 – sterownik układu poduszek gazowych, | | |

14.2.2. Silniki elektryczne

Do napędu współczesnych samochodów elektrycznych wykorzystuje się zwykle silniki indukcyjne trójfazowe, które w trybie hamowania silnikiem działają też jako prądnice. Silnik indukcyjny trójfazowy (rys. 14.4) składa się z nieruchomego stojana (statora) i obracającego

się wirnika (rotora). Oba te elementy są umieszczone w chłodzonej obudowie i połączone z jednobiegową (rzadziej dwubiegową) przekładnią.

Zasada działania silników indukcyjnych trójfazowych wykorzystuje zjawisko indukcji magnetycznej. Wytworzone przez zasilane trójfazowym prądem przemiennym uzwojenia stojana wirujące pole magnetyczne obraca się wokół nieruchomego wirnika. W wyniku przecinania przez to pole prętów klatki wirnika, indukuje się w nich napięcie indukcji i zaczyna płynąć w nich prąd. Obracające się pole magnetyczne w stojanie pociąga za sobą wirnik i powstaje moment obrotowy. To pole magnetyczne jest generowane dzięki częstotliwości prądu trójfazowego przez układy sterowania i elektroniki mocy, odpowiednio do prędkości obrotowej i pożądanego momentu obrotowego.

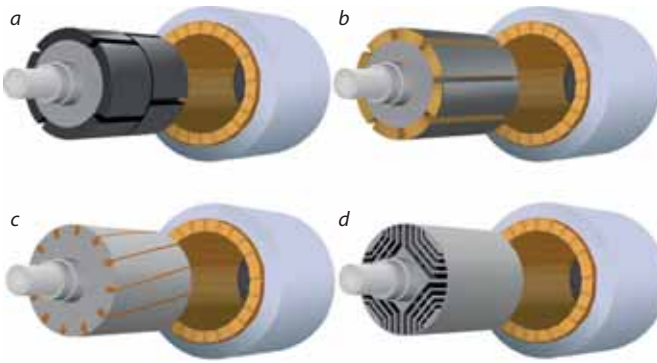


Rys. 14.4. Budowa napędu elektrycznego (źródło: Volkswagen)

Na rysunku 14.5 przedstawiono cztery różne rodzaje silników indukcyjnych trójfazowych, stosowanych we współczesnych samochodach elektrycznych:

- silnik synchroniczny wzbudzany magnesami trwałymi (*a*), w którym magnesy trwałe odpowiadają za namagnesowanie wirnika;
- silnik synchroniczny obcowzbudny (*b*), zawierający wirnik z wbudowanym uzwojeniem wzbudzenia, które jest magnesowane przez płynący w nim prąd;
- silnik asynchroniczny (*c*), w którym prąd trójfazowy w stojanie indukuje prąd również w wirniku, a oba te prądy tworzą pole magnetyczne, powodujące ruch obrotowy;
- silnik synchroniczny reluktancyjny (*d*), wykorzystujący siłę reluktancji, która wynika ze zmiany oporu magnetycznego (reluktancji); specjalna budowa wirnika umożliwia prowadzenie linii pola magnetycznego w jego wnętrzu i wytwarzanie w ten sposób momentu reluktancyjnego, powodującego ruch obrotowy.

Obcowzbudne silniki synchroniczne i asynchroniczne są stosowane najczęściej. Nie potrzebują one magnesów zbudowanych z tzw. pierwiastków ziem rzadkich, nie dają ujemnego momentu hamującego i nie wytwarzają momentu wleczenia, ponieważ bez zasilania prądem są całkowicie nieaktywne.



Rys. 14.5. Uprozczone schematy budowy różnych elektrycznych silników indukcyjnych trójfazowych (źródło: Schmidt)
a – silnik synchroniczny wzbudzany magnesami trwałymi, *b* – silnik synchroniczny obcowszbudny, *c* – silnik asynchroniczny, *d* – silnik synchroniczny reluktancyjny

14.2.3. Układy sterowania i elektroniki mocy

Układy sterowania i elektroniki mocy odpowiadają za elektroniczne sterowanie napędem elektrycznym. Mogą one znajdować się w jednej części (sterowniku) albo być rozdzielone na kilka sterowników. Jest to centralny sterownik napędu elektrycznego, pod względem spełnianych zadań porównywalny z elektronicznym układem sterowania silnikiem samochodów napędzanych silnikiem spalinowym.

W układach sterowania i elektroniki mocy napędu elektrycznego występują następujące najważniejsze podzespoły:

- falownik (inwerter) przetwarzający napięcie stałe z baterii wysokonapięciowej i dostarczający do silnika elektrycznego prąd trójfazowy zgodnie z jego fazami o wymaganej częstotliwości i natężeniu (także podczas jazdy wstecz);
- przetwornica DC/DC (konwerter) przetwarzająca wysokie napięcie stałe baterii wysokonapięciowej na niższe napięcie stałe akumulatora 12-woltowej dla sieci 12-woltowej i zasilająca ją wymaganym prądem

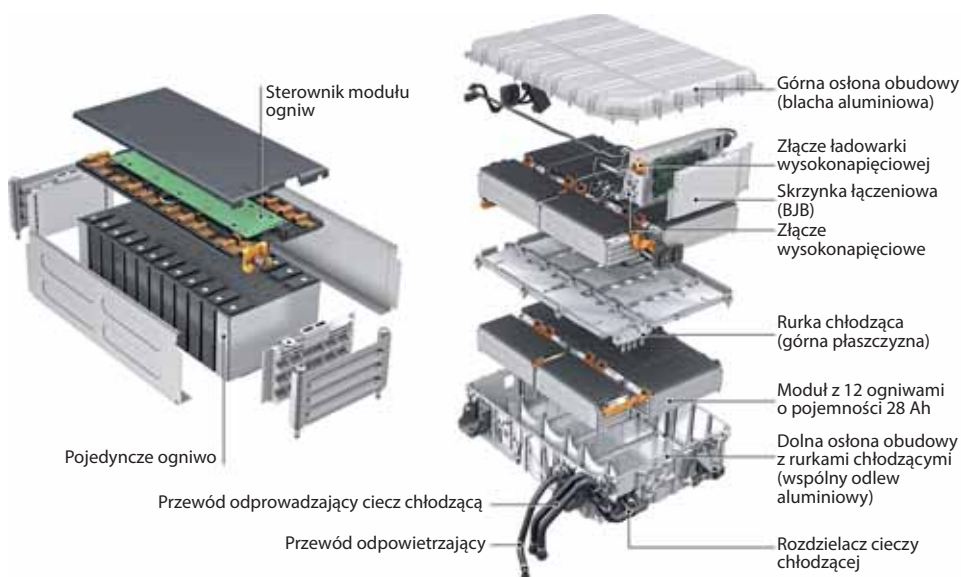
oraz są realizowane następujące funkcje:

- podczas hamowania silnikiem i hamowania hamulcami energia ruchu z powrotem jako prąd trafia do baterii wysokonapięciowej (silnik pracuje jako prądnica – odzyskiwanie energii);
- występuje przetwarzanie sygnałów z czujnika prędkości obrotowej i precyzyjnego położenia wirnika w celu realizacji odzyskiwania energii;
- zachodzi przetwarzanie innych sygnałów wejściowych, takich jak zmiany obciążenia dokonywane przez kierowcę (położenie pedału przyspieszenia), prędkość jazdy pojazdu itp.;
- w odpowiednich warunkach realizowana jest funkcja hamowania silnikiem elektrycznym (funkcja generowania energii) i funkcja hamulca postojowego (automatyczne unieruchomienie pojazdu) poprzez odpowiedni reakcyjny moment obrotowy;
- w miarę potrzeb występuje aktywacja i dezaktywacja mechanicznej blokady postojowej;
- w razie potrzeby odbywa się włączanie elektrycznej pompy podciśnienia w układzie wspomagania hamowania;
- występuje nadzór nad temperaturą silnika elektrycznego za pomocą dwóch termistorów NTC i odpowiedniego sterowania nagrzewaniem albo chłodzeniem;
- odbywa się nadzór nad ładowaniem akumulatorów.

14.2.4. Bateria wysokonapięciowa

Pojemność wysokonapięciowej baterii trakcyjnej określa zasięg jazdy samochodu elektrycznego, dlatego jest ona istotnym i z punktu widzenia użytkownika często decydującym zespołem samochodu elektrycznego. Bateria wysokonapięciowa zasila silnik elektryczny i wszystkie inne odbiorniki wysokonapięciowe w samochodzie. Jednocześnie służy ona do buforowania energii elektrycznej podczas odzysku energii hamowania i oczywiście podczas ładowania zewnętrznego. W samochodach elektrycznych stosuje się przeważnie akumulatory litowo-jonowe (rys. 14.6), przy czym jest to tylko określenie ogólne. W praktyce istnieje wiele różnych akumulatorów litowo-jonowych, stosowanych w różnych dziedzinach (litowo-żelazowo-fosforanowe LFP, litowo-tlenkowo-manganowe, litowo-tytanowe, litowo-polimerowe LiPo, litowo-niklowo-manganowo-kobaltowe NMC, litowo-niklowo-kobaltowo-aluminiowe). Dawniej sporadycznie istniały jeszcze akumulatory niklowo-kadmowe, które później zastąpiły akumulatory niklowo-metalowo-wodorkowe (NiMH). Te ostatnie są względnie wydajne i czasami stosowane w samochodach z pełnym napędem hybrydowym.

Bateria wysokonapięciowa składa się z wielu ogniw, połączonych szeregowo w moduły w celu zwiększenia w ten sposób napięcia (do kilkuset voltów, np. 800 V). Kilka modułów z kolei łączy się równolegle w celu zwiększenia pojemności.



Rys. 14.6. Kompletny zespół akumulatorów litowo-jonowych składa się ze znacznie większej liczby części niż tylko z ogniw (źródło: Audi)

Wszystkie moduły baterii są umieszczone w obudowie (zwykle aluminiowej), która umożliwia zarówno chłodzenie, jak i ogrzewanie modułów. Dodatkowo w tej obudowie znajdują się czujniki temperatury, zespół odgazowujący, różne złącza elektryczne oraz układ elektroniczny ładowania i rozładowania. Poza tym każdy pojedynczy moduł ma układ elektroniczny nadzoru ogniw. Przykładową budowę baterii akumulatorów wysokonapięciowych przedstawiono na rysunku 14.7.



Rys. 14.7. Budowa baterii akumulatorów wysokonapięciowych (litowo-jonowych)

Dla trwałości baterii wysokonapięciowej i jej gotowości do działania jako całości ważne jest oprogramowanie, które steruje wszystkimi jej elementami i nadzoruje ją – tzw. układ zarządzania baterią. Obejmuje on zarządzanie pojedynczymi ogniwami, temperaturą i pojemnością, sterowanie ładowaniem i rozładowaniem, ogólne nadzorowanie stanu baterii i analizowanie usterek.

Zarządzanie baterią, oprócz utrzymania zdolności do działania, jest też ważne z punktu widzenia utrzymania zagrożeń termicznych, elektrycznych i chemicznych na jak najniższym poziomie (patrz rozdz. 11).

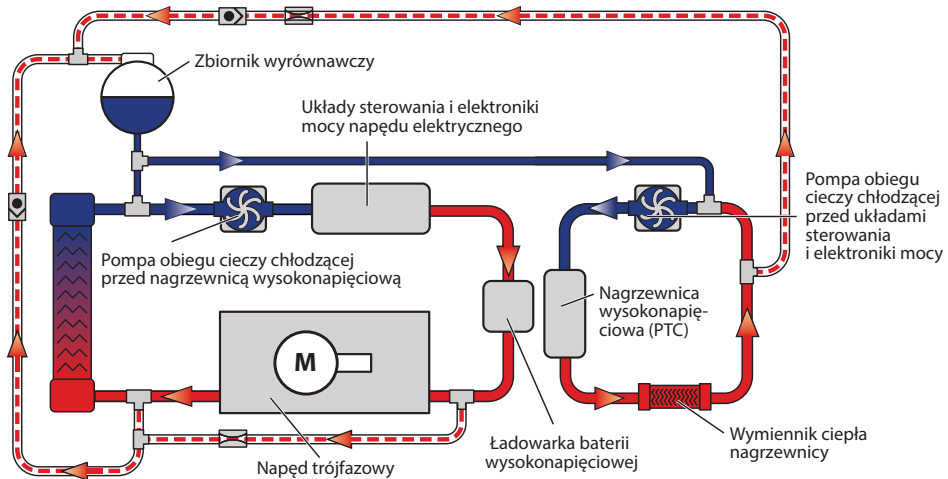
14.2.5. Ogrzewanie i chłodzenie

W samochodach elektrycznych, oprócz przestrzeni dla pasażerów, muszą być także chłodzone i nagrzewane elementy wysokonapięciowe. Ponieważ w autach elektrycznych nie zachodzi oddawanie ciepła przez silnik spalinowy ani nie występuje stale obracający się silnik, trzeba radzić sobie inaczej. Łatwym i znanym sposobem jest obieg nagrzewająco-chłodzący z cieczą chłodzącą (rys. 14.8), napędzany dwiema pompami elektrycznymi.

Silnik trójfazowy, układy sterowania i elektroniki mocy oraz ładowarka, a często również akumulator wysokiego napięcia są omywane zimną cieczą chłodzącą. Pompy cieczy chłodzącej są jednak włączane tylko wówczas, gdy jeden z wielu czujników temperatury poinformuje o potrzebie chłodzenia. Z drugiej strony ciecz chłodząca w razie potrzeby jest ogrzewana nagrzewnicą wysokonapięciową (patrz rozdz. 19) i znów tłoczona do obiegu przez tę samą pompę elektryczną. Układ klimatyzacji jest również zgodny ze znanym standardem. Jedynie sprężarka tego układu (patrz również rozdz. 19) jest napędzana elektrycznie (wysokim napięciem).

Inny sposób to wyposażenie układu klimatyzacji w dodatkowe przewody i zawory, odwrócenie zasady działania układu klimatyzacji dla ogrzewania i ogrzewanie samochodu za

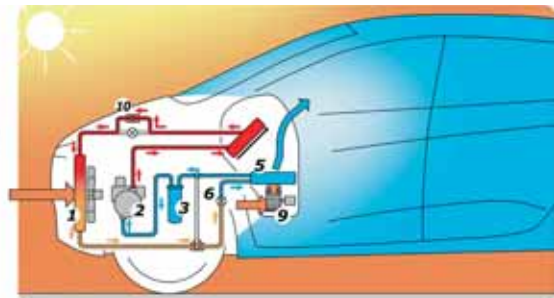
pomocą pompy ciepła. Dzięki temu można znacznie zredukować niezbędny do ogrzewania wydatek energetyczny (por. rys. 14.9). Dokładny opis budowy i działania układu pomp ciepła podano w punkcie 10.2.1.1. Ponieważ przednia szyba również nie może być podgrzana za pomocą ciepła oddawanego przez silnik spalinowy, w samochodach elektrycznych często montuje się elektryczne ogrzewanie przedniej szyby.



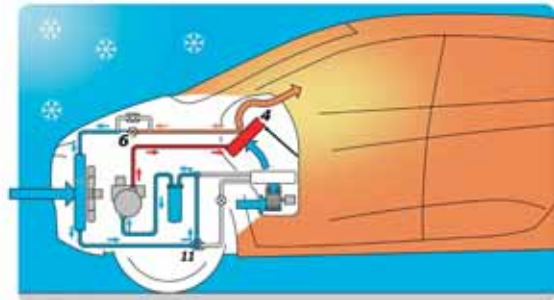
Rys. 14.8. Obieg cieczy chłodzącej w samochodzie elektrycznym (źródło: Volkswagen)



- 1 Zewnętrzny skraplacz/parownik
- 2 Sprężarka elektryczna
- 3 Akumulator
- 4 Wewnętrzny skraplacz
- 5 Parownik w tablicy rozdzielczej
- 6 Zawory dławiące
- 7 Sterownik układu klimatyzacji
- 8 Sterownik pomp ciepła
- 9 Wentylator
- 10, 11 Zawory elektromagnetyczne



Tryb chłodzenia



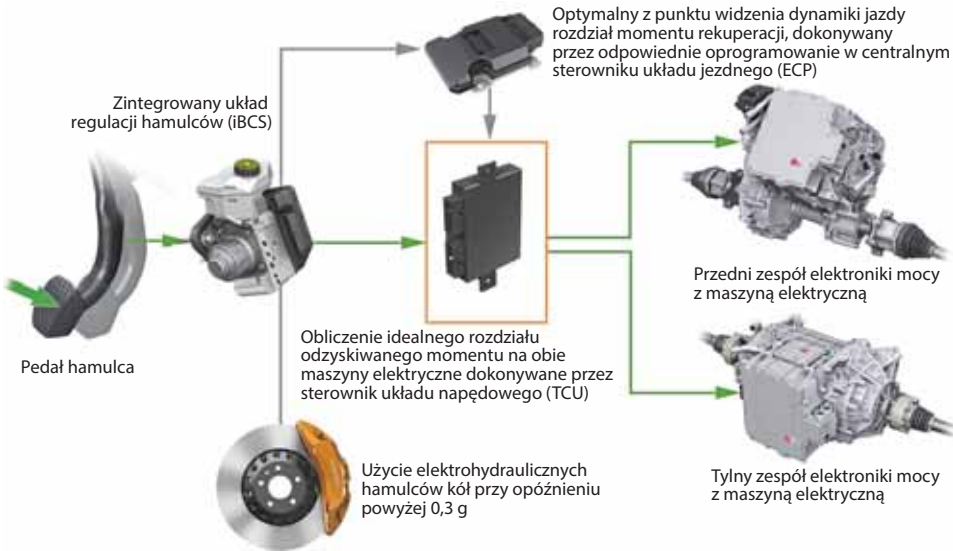
Tryb ogrzewania

Rys. 14.9. Budowa układu pomp ciepła (źródło: Renault)

1 – zewnętrzny skraplacz/parownik, 2 – sprężarka elektryczna, 3 – akumulator, 4 – wewnętrzny skraplacz, 5 – parownik w tablicy rozdzielczej, 6 – zawory dławiące, 7 – sterownik układu klimatyzacji, 8 – sterownik pomp ciepła, 9 – wentylator, 10, 11 – zawory elektromagnetyczne

14.2.6. Odzyskiwanie energii podczas hamowania

Zasięg jazdy samochodu elektrycznego znacząco zależy od jakości odzyskiwania energii podczas hamowania, tzn. jaka ilość energii ruchu podczas hamowania silnikiem albo hamulcami może zostać oddana do baterii wysokonapięciowej, a nie zamieniona w ciepło tracone na tarczach hamulcowych. Decydująca jest tu współpraca elementów układu napędowego z hamulcami (rys. 14.10), przy czym część hydrauliczna układu hamulcowego przeważnie jest taka sama jak w innych samochodach. Jedynie pompa podciśnienia i układ wspomagania hamowania są nie mechaniczne, lecz elektryczne.



Rys. 14.10. Współpraca zespołów podczas odzyskiwania energii hamowania (źródło: Audi)

Położenie pedału przyspieszenia jest stale przetwarzane przez sterownik silnika i przesyłane do układu elektronicznego sterowania maszyną elektryczną. Gdy tylko kierowca przestanie wciskać pedał przyspieszenia, układ elektronicznego sterowania maszyną elektryczną przełącza maszynę z trybu silnikowego na tryb generatorowy. Dzięki temu powstaje moment hamujący na osi napędowej, a powstający prąd przemienny z maszyny elektrycznej jest prostowany przez układ elektronicznego sterowania maszyną elektryczną i przesyłany jako prąd stały do baterii wysokonapięciowej. Jest to odzyskiwanie energii, inaczej rekuperacja (z łac. *recuperare* – odzyskiwać). W ten sposób energia ruchu pojazdu jest (częściowo) odzyskiwana. W wielu samochodach elektrycznych stopień odzyskiwania energii podczas jazdy może być dobierany (ustawiany) przez kierowcę.

Gdy kierowca dodatkowo wciśnie pedał hamulca, to moc dalszego hamowania składa się przeważnie z części „elektrycznej” i części „hydraulicznej”. Sterownik silnika każdorazowo przekazuje bowiem sterownikowi układu regulacji dynamiki jazdy aktualnie dostępną moc rekuperacji (moc hamowania). Jeśli kierowca wciska pedał hamulca, to ten sterownik ustala, czy hamowanie jest możliwe wyłącznie za pomocą maszyny elektrycznej, czy też układ hamulcowy musi hydraulicznie wytworzyć dodatkowe ciśnienie hamowania. Następnie przesyła sterownikowi napędu „nominalny moment generatorowy”, który należy nastawić. Jeśli samochód elektryczny ma silniki elektryczne na przedniej i tylnej osi, to

sterownik układu regulacji dynamiki jazdy przesyła dodatkowo sposób rozdziału odzyskiwanego momentu do obu maszyn elektrycznych.

14.2.7. Ładowanie

14.2.7.1. Rodzaje ładowania

Istnieją trzy podstawowe rodzaje ładowania przewodowego oraz jeden bezprzewodowy (indukcyjny), którymi są:

- ładowanie jednofazowym prądem przemiennym (tylko przewodem ładującym o mocy ładowania ok. 2 kW, a ładowarką Wallbox – do ok. 7 kW);
- ładowanie trójfazowym prądem przemiennym (ładowarką Wallbox o mocy ładowania do ok. 11 kW);
- szybkie ładowanie prądem stałym (ładowarką stałoprądową o mocy ładowania do ok. 350 kW);
- ładowanie indukcyjne o mocy ładowania do ok. 22 kW.

Do ładowania prądem przemiennym w samochodzie elektrycznym jest wykorzystywana pokładowa przetwornica napięcia (elektroniczny układ ładowania). Przetwarza ona prąd przemienny na prąd stały dla baterii wysokonapięciowej. Maksymalna moc ładowania jest ograniczana przez elektroniczny układ ładowania. Przy ładowaniu prądem stałym można ładować bezpośrednio baterię wysokonapięciową. Jednakże wtedy wysoką mocą ładuje się z reguły najwyżej do ok. 80% pojemności baterii, aby jej nie uszkodzić. W celu ochrony ogniw pozostałe 20% doładowuje się ze znacznie zredukowaną mocą ładowania. Różne możliwe rodzaje ładowania i maksymalny prąd ładowania zależą od konkretnego producenta i samochodu, a czasami także od wyposażenia dodatkowego lub wersji oferowanych w poszczególnych krajach.

14.2.7.2. Wtyczki i gniazda do ładowania

Wtykowe systemy ładowania (wtyczki i gniazda) samochodów elektrycznych również zależą od rodzaju ładowania, a w dużej mierze także od wersji oferowanych w poszczególnych krajach. W ramach ładowania prądem przemiennym przeważają dwie odmiany wtyczek i gniazd: typ 1 dla Azji i Ameryki oraz typ 2 dla Europy (rys. 14.11).



Rys. 14.11. Wtyczki typu 1 i 2. W Europie przeważa typ 2 (źródło: Mennekes, CC BY 2.0 Michael Hicks)

Ponieważ niektóre kraje dodatkowo wymagają zainstalowania mechanizmu chroniącego przed skutkami dotknięcia przewodu, to opracowano system z klapką ochronną (ang. *shutter* – rys. 14.12). Wersje z klapką i bez niej są kompatybilne.

Jeśli samochód elektryczny jest ładowany przewodem przez wtyczkę dla gospodarstw domowych, to musi być użyty specjalny przewód ładujący typu 2 z wbudowanym układem regulacji ładowania, tzw. Control Box (rys. 14.13). Przewód ten jest często określany jako przewód awaryjny. Można go stosować regularnie do ładowania tylko wówczas, gdy domowa instalacja elektryczna jest dostosowana do wysokich obciążeń.

Do ładowania prądem stałym istnieją dwa systemy: japoński system CHAdeMO (rys. 14.14), stosowany wyłącznie do ładowania prądem stałym, oraz europejsko-amerykański system CCS (*Combined Charging System*, rys. 14.15). Ten ostatni rozprószył się w Europie i umożliwia ładowanie prądem zarówno stałym, jak i przemiennym.



Rys. 14.12. Wtyczka typu 2 z klapką ochronną (źródło: Mennekes)

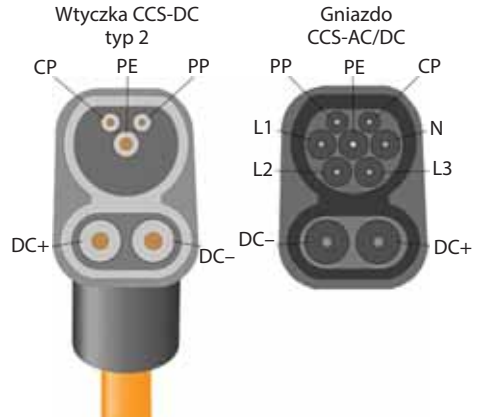


Rys. 14.13. Przewód ładujący typu 2 komunikuje się z pojazdem w celu przeprowadzenia bezpiecznego ładowania. Nadzór nad procesem przejmuje wbudowany w przewód układ Control Box (źródło: Mennekes)



- 1 Uziemienie
- 2 Ładowarka start/stop 1
- 3 Aktywowanie i wyłączenie ładowania
- 4 Styk nieużywany
- 5 Biegun dodatni
- 6 Biegun ujemny
- 7 Sprawdzenie połączenia
- 8 Sygnał CAN High
- 9 Ładowarka start/stop 2
- 10 Sygnał CAN Low

Rys. 14.14. Układ styków we wtyczce CHAdeMO (źródło: Schmidt)



Rys. 14.15. Układ styków we wtyczce Combo CCS typ 2 i gnieździe pojazdu (źródło: Schmidt)

Wszystkie wtyczki mają cechę wspólną, polegającą na tym, że oprócz styków prądowych do właściwego ładowania występują w nich także styki do komunikacji między ładowarką a pojazdem oraz styki wymagane ze względów bezpieczeństwa.

14.2.7.3. Sterowanie ładowaniem oraz komunikacja wewnątrz pojazdu i z pojazdem

Włożenie wtyczki inicjuje pewne procesy i procedury, zanim rozpocznie się właściwe ładowanie. Najpierw wtyczka zostaje odblokowana, a następnie wszystkie sterowniki wysokiego napięcia są aktywowane i przestawiane w tryb gotowości. Aktywowany jest również sterownik sieci pokładowej, który z kolei aktywuje inne sterowniki i wskaźniki, aby wyświetlać i pobierać informacje o aktualnym stanie ładowania. Jednocześnie jest aktywowana blokada postojowa, aby samochód przypadkowo nie ruszył się z miejsca.

Dopiero wtedy, gdy wszystkie sterowniki są gotowe do pracy i działają nienagannie, rozpoczyna się ładowanie. Podczas ładowania wszystkie sterowniki są stale nadzorowane i w razie usterki ładowanie zostaje natychmiast przerwane. Oprócz sprawdzania, czy nie wystąpiły usterki, jest też ciągle nadzorowany aktualny stan naładowania baterii, napięcie ładowania, natężenie prądu i różne czujniki temperatury. W razie usterek albo przekroczenia określonych wartości prąd ładowania jest stopniowo redukowany, a w razie konieczności ładowanie zostaje natychmiast przerywane. Opisane funkcje może realizować także przewód do ładowania z wbudowanym układem regulacji ładowania. Dlatego powinno się stosować tylko jeden przewód ładujący z układem regulacji ładowania.

Bieżący poziom naładowania i stan procesu ładowania z reguły można odczytać na wyświetlaczu w samochodzie, ale także z błysków kontrolnych diod LED emitowanych w różnych kolorach.

W komunikacji ze stacją ładowania, a w przypadku korzystania z przewodu do ładowania z układem regulacji ładowania, samochód jest zawsze „szefem” i to on określa przebieg procesu ładowania. Gdy samochód nie może być ładowany, bardzo często powodem mogą być usterki wykryte w samochodzie.

Oprócz ładowania przewodowego możliwe jest także bezprzewodowe (indukcyjne) ładowanie baterii wysokonapięciowej. Wielu producentów samochodów opracowało już

takie systemy, lecz nie oferuje ich jeszcze na rynku. Podczas ładowania indukcyjnego komunikacja z samochodem odbywa się poprzez sieć WLAN. Aby uzwojenie wtórne w samochodzie stało jak najdokładniej nad uzwojeniem pierwotnym ładowarki indukcyjnej, samochód musi dodatkowo być doprowadzony na właściwe miejsce. Proces i komunikacja oraz aktywowanie ładowania odbywają się podobnie do opisanych dla ładowania przewodowego.

14.2.7.4. Bezpieczeństwo

Zapewnienie odpowiedniego poziomu bezpieczeństwa podczas ładowania samochodu elektrycznego wymaga spełnienia wielu warunków bezpieczeństwa, które opisano poniżej.

- Blokada postojowa – obwód prądowy pojazdu sprawdza, czy wtyczka ładująca jest włożona, a jeśli tak, to ją blokuje. W układzie sterowania silnikiem jest aktywowana blokada postojowa. Zapobiega to zarówno nieumyślnemu ruszeniu, jak i nieautoryzowanemu wyjęciu kabla ładującego.
- Ochrona mechaniczna – wtyczka ładująca jest tak zaprojektowana, aby nawet przejechanie po niej pojazdu nie stwarzało ryzyka. Poza tym, gdy płynie prąd ładowania, wtyczki są ryglowane na obu końcach (samochód i stacja ładująca).
- Ochrona elektryczna – napięcie ładowania jest przykładane dopiero wówczas, gdy wtyczka jest włożona całkowicie.
- Zabezpieczenie różnicowoprądowe – stosuje się zabezpieczenie różnicowoprądowe podobne do stosowanego w domowych instalacjach elektrycznych.
- Ochrona przed przeciążeniem – rezystory we wtyczkach ładowania kodują dopuszczalny zakres użytkowania wtyczki.
- Ochrona elementów – inteligentny układ sterowania ładowaniem stale określa zapotrzebowanie samochodu na prąd i napięcie oraz stan elementów elektrycznych.
- Nadzór temperatury – kilka czujników temperatury nadzoruje stale temperaturę różnych elementów, łącznie z przewodem ładującym. Przy zbyt wysokiej temperaturze prąd ładowania jest redukowany kilkustopniowo, a w skrajnych przypadkach nawet może nastąpić nawet całkowite wyłączenie ładowania.

14.2.8. Samochody elektryczne o wydłużonym zasięgu

W samochodach elektrycznych zasilanych baterią wysokonapięciową może być wbudowany dodatkowy „wydłużacz zasięgu” (*range extender*), który zwiększa zasięg jazdy. Jest to pomocniczy silnik, który napędza generator wytwarzający prąd zasilający baterię wysokonapięciową. Nie jest on połączony z układem napędowym, więc nie może bezpośrednio napędzać kół pojazdu, a jego moc zwykle jest znacznie niższa niż silnika elektrycznego. Silnik pomocniczy może być silnikiem benzynowym, silnikiem Wankla, silnikiem napędzanym gazem albo ogniwem paliwowym.

Silnik pomocniczy jest połączony na stałe z generatorem i działa w najbardziej wydajnym zakresie pracy. Dodatkowy zasięg jazdy zależy od wielkości zbiornika paliwa. Z reguły jednak nie jest on zbyt duży i ma oferować jedynie przedłużenie zasięgu podstawowego. W przypadku prawie rozładowanej baterii wysokonapięciowej i w trybie wydłużania zasięgu moc i prędkość maksymalna pojazdu mogą być mniejsze niż dla napędu podstawowego.