

4.1

Budowa i działanie akumulatora

W TYM ROZDZIALE DOWIESZ SIĘ:

- jak jest zbudowany akumulator i jak działa
- do czego służy czujnik oceny stanu akumulatora
- jakie parametry charakteryzują akumulator

Pojazdy samochodowe wyposażone są w dwa źródła energii: akumulator i alternator. Zarówno ładunek (zwany pojemnością akumulatora), jak i wydajność prądowa alternatora są odpowiednio dobrane (dopasowane) do instalacji elektrycznej pojazdu i uwzględniają maksymalne zapotrzebowanie na energię elektryczną wszystkich odbiorników zainstalowanych w samochodzie.

Podstawowym źródłem zasilania jest alternator, który wytwarza energię elektryczną jedynie wtedy, kiedy jest napędzany paskiem od wału korbowego silnika z odpowiednią prędkością. Aby mógł wytwarzać energię, musi być uruchomiony silnik spalinowy. Dlatego w instalacji pokładowej samochodu musi być umieszczone dodatkowe źródło energii elektrycznej – akumulator.

Akumulator umożliwia:

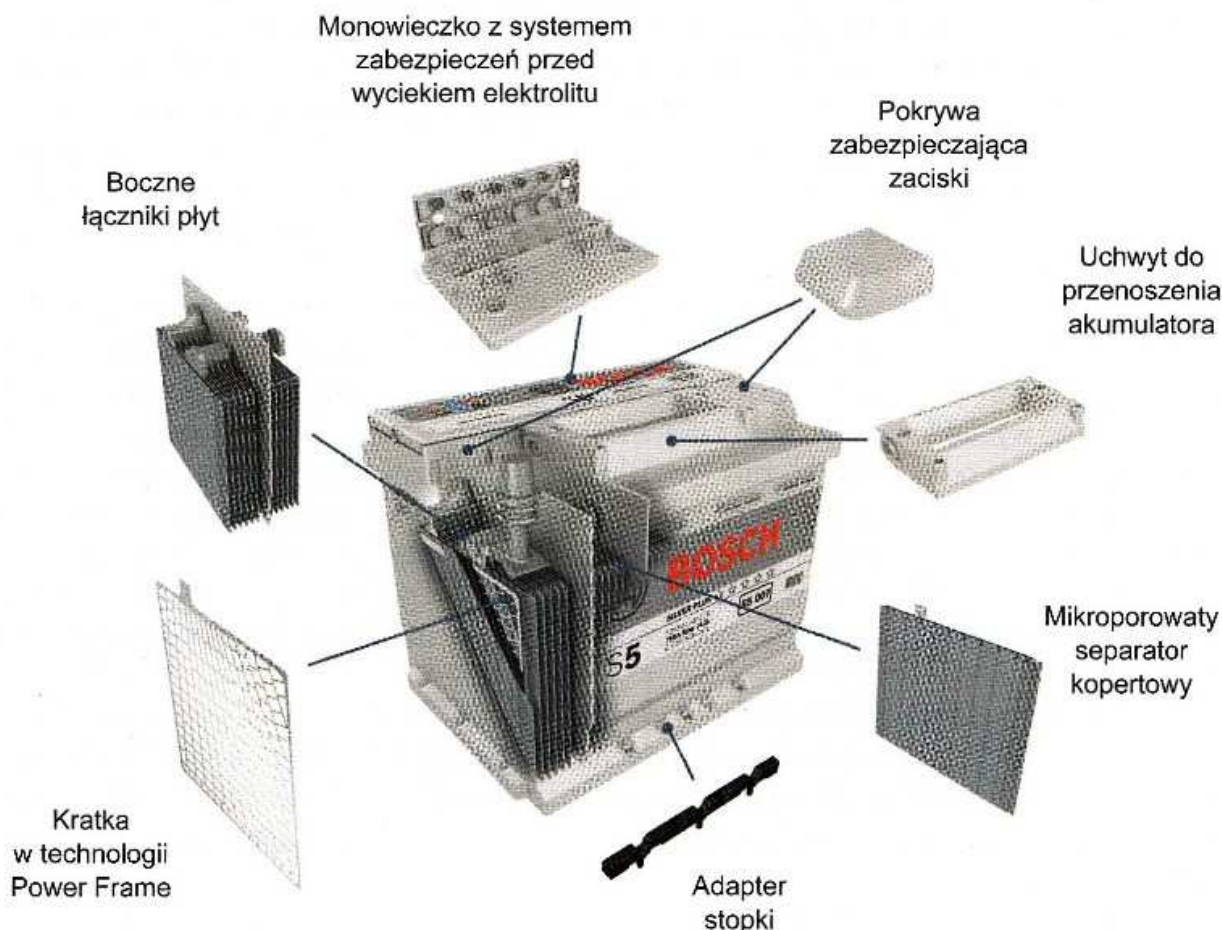
- zasilanie wszystkich urządzeń i układów samochodu, których praca jest konieczna na postoju, przy niepracującym silniku (np. światła awaryjne);
- rozruch silnika, od którego zależy napędzanie alternatora i przejęcie przez niego zasilania odbiorników energii.

Akumulator to odwracalne elektrochemiczne źródło energii elektrycznej. Jego zadaniem jest pobieranie, gromadzenie i oddawanie energii elektrycznej, przy czym każda z faz jego pracy jest zależna od zachodzących w nim reakcji chemicznych.

W samochodach używane są przede wszystkim **akumulatory kwasowo-ołowiowe**, składające się z sześciu ogniw połączonych ze sobą szeregowo i zamkniętych w odseparowanych celach (komorach), utworzonych przez przegrody jednolitej obudowy akumulatora. Obudowa wykonana jest z tworzywa sztucznego odpornego na działanie kwasu (rys. 4.1). Przy pełnej sprawności i maksymalnym stopniu naładowania akumulatora każde z ogniw dysponuje siłą elektromotoryczną o wartości 2,1–2,12 V. Tak więc cały akumulator ma wtedy siłę elektromotoryczną o wartości 12,6–12,7 V.

Pojedyncze **ogniwo akumulatora** składa się z płyt dodatnich i ujemnych umieszczonych na przemian (ujemna/dodatnia/ujemna/.../odatnia/ujemna) w pakiecie, przy czym płyt dodatnich jest o jedną mniej niż ujemnych. Płyty dodatnie tworzą jeden zespół, ujemne – drugi.

Szkieletem każdej **płyty** (dodatniej i ujemnej) jest **kratka**. Początkowo była ona wykonywana z czystego ołowiu, a następnie ze stopu ołowiu zawierającego 6–7% antymonu (Sb), który zwiększał jej odporność na wibracje, uderzenia i deformacje. Jednak dodatek antymonu zwiększał także gazowanie i powodował ubytek wody z elektrolitu, zaczęto więc stosować stopy niskoantymonowe (poniżej 2% Sb), a potem stopy ołowiowo-wapniowe



Rys. 4.1. Budowa akumulatora samochodowego

(kratka ujemna), z których obecnie wykonuje się obie kratki. Akumulatory, w których w obu kratkach stosuje się dodatek wapnia (Ca) – stanowi on tylko ok. 1 promila masy stopu – cechują się mniejszym o 80% ubytkiem wody i mniejszym o 30% samorozładowaniem w porównaniu z akumulatorami o kratkach niskoantymonowych. Są to tzw. **akumulatory bezobsługowe**, czyli akumulatory, w których ubytek elektrolitu z akumulatora umieszczonego w kąpeli wodnej o temperaturze 40°C i ładowanego przy stałym napięciu 14,4 V przez 500 godzin jest mniejszy niż 4 g/Ah (lub 2,7 g/min).

Najnowsze akumulatory zawierają niewielkie ilości srebra (Ag), które dodatkowo zwiększa odporność akumulatora na pracę cykliczną i wysokie temperatury elektrolitu oraz uodparnia elektrody na zużycie korozyjne.

Początkowo kratki wykonywane były metodą odlewania lub cięto-ciągnioną, obecnie stosuje się metodę szlancowania, co zwiększa ich odporność na zużycie korozyjne oraz – dzięki odpowiedniej geometrii oczek kratki i jej różnej grubości w poszczególnych strefach – umożliwia zmniejszenie rezystancji wewnętrznej akumulatora i uzyskanie większej wartości prądu rozruchowego. Kratki wypełnione są masą czynną. Płyta dodatnia (w stanie naładowania) zawiera dwutlenek ołowiu PbO_2 (brunatny), płyta ujemna – ołów gąbczasty Pb (szary).

Poszczególne płyty akumulatora w pakiecie (ogniwie) oddzielone są **przekładkami izolacyjnymi** – mikroporowatymi separatorami, wykonanymi z włókna szklanego (polietylenu). Zabezpieczają one przed zwarcie płyty dodatniej z ujemną, umożliwiając jednocześnie swobodny przepływ elektrolitu oraz prądu elektrycznego. Obecnie najczęściej stosuje się separatory kopertowe, zakładane na jedną z płyt (zwykle dodatnią).

Przestrzeń między płytami akumulatora wypełnia 37-procentowy wodny roztwór kwasu siarkowego (H_2SO_4), stanowiący **elektrolit**. Stąd też nazwa tych akumulatorów: kwasowo-ołowiowe. Pod wpływem wody kwas ulega dysocjacji (rozpadowi) na jony wodoru i reszty kwasowej. Elektrolit działa jak przewodnik, przenosząc jony elektryczne między płytami dodatnią i ujemną w czasie ładowania i rozładowywania akumulatora. Podczas rozładowywania akumulatora jony siarczanowe reagują z materiałem elektrod, w wyniku czego powstaje siarczan ołowiu (PbSO_4).

W górnej części akumulatora umieszczone jest zgrzane z obudową **monowieczko**, stanowiące wspólną pokrywę wszystkich ogniw i posiadające połączenia międzyogniowe przez ścianki grodziowe cel. Ma ono między innymi wbudowany labiryntowy system zabezpieczający przed wyciekiem elektrolitu i ułatwiający powrót skroplonych gazów do elektrolitu, centralny system odgazowania, filtr antyiskrowy oraz bezpieczny system odprowadzania gazów na zewnątrz akumulatora. Monowieczko pozwala na uzyskanie prawie całkowitej szczelności akumulatora, co w połączeniu ze zwiększonym poziomem elektrolitu (w porównaniu do starszych rozwiązań) zapewnia poprawę rekombinacji gazów (zmniejszenie ubytku wody z elektrolitu), a jego płaska powierzchnia ułatwia utrzymanie akumulatora w czystości.

Starsze rozwiązania obudowy, do tej pory stosowane w niektórych typach akumulatorów, miały w górnej części zamykane wkręcanymi korkami otwory, umożliwiające dostęp do poszczególnych cel (np. dla sprawdzenia i uzupełnienia poziomu elektrolitu). Niektóre akumulatory, zwłaszcza bezobsługowe, mają wbudowany w jedną z cel optyczny wskaźnik naładowania akumulatora.

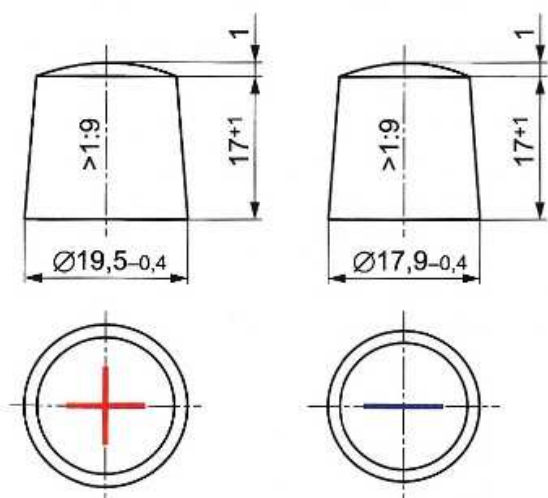
W dolnej części obudowy akumulatora – **stopce** – znajdują się wzmocnienia i występy pozwalające na umocowanie akumulatora w pojeździe.

Z instalacją pokładową samochodu akumulator połączony jest znormalizowanymi **zaciskami** (zwanymi **biegunami**) o stożkowym kształcie (rys. 4.2). Znajdują się one w górnej części pokrywy akumulatora. Dla ułatwienia identyfikacji oba zaciski są odpowiednio oznaczone (+ i –) na obudowie. Niekiedy mają kolorowe podkładki (czerwoną dla zacisku dodatniego, niebieską dla ujemnego). Ich wymiary są znormalizowane, przy czym zacisk dodatni ma większą średnicę niż ujemny. Przewody instalacji pokładowej przyłączane są do nich za pomocą zacisków główkowych (potocznie nazywanych **klemami**).

Akumulatory kwasowo-ołowiowe charakteryzują się bardzo małą rezystancją wewnętrzną. Wynosi ona kilka $\text{m}\Omega$ (w temperaturze 25°C) dla przeciętnego akumulatora o pojem-

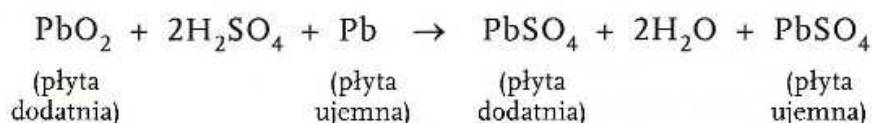
ności 45–66 Ah. Dzięki temu można go chwilowo (przez krótki czas) obciążyć natężeniem prądu o dużej wartości.

Działanie akumulatora przedstawiono na rys. 4.3. Naładowana płyta dodatnia zawiera dwutlenek ołowiu PbO_2 , a płyta ujemna – ołów gąbczasty Pb (rys. 4.3a). Podczas poboru energii z akumulatora (tj. jego rozładowywania) na obu płytach zachodzą reakcje prowadzące do przemiany materiału wyjściowego na ich powierzchni w siarczan ołowiu (PbSO_4), do którego wytworzenia wykorzystywana jest część kwasu (jony SO_4^{2-}). Natomiast jony H^+ , także powstałe w wyniku elektrolizy kwasu, łączą się z jonami tlenu O^{2-} , tworząc wodę rozcieńczającą elektrolit.

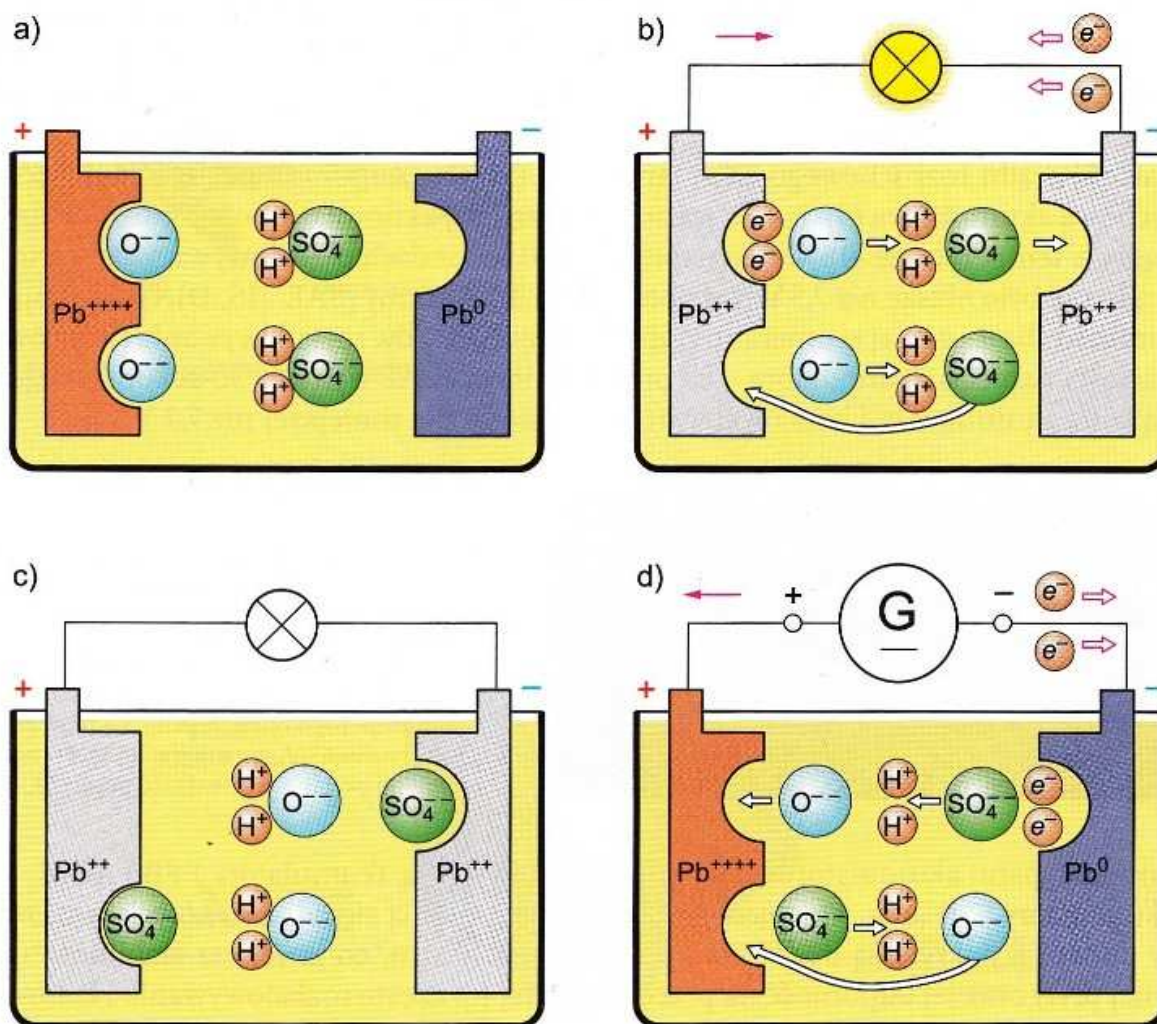


Rys. 4.2. Kształt i podstawowe wymiary zacisków akumulatora

W zewnętrznym obwodzie elektrycznym akumulatora następuje przepływ prądu elektrycznego – elektronów z elektrody ujemnej do dodatniej (rys. 4.3b). Proces rozładowywania akumulatora przedstawia równanie:



W wyniku reakcji chemicznych zmniejsza się ilość kwasu w elektrolicie (i wzrasta zawartość wody), co powoduje zmniejszenie jego gęstości (rys. 4.3c).



Rys. 4.3. Zasada działania akumulatora – przemiany chemiczne zachodzące w nim podczas rozładowywania i ładowania (opis w tekście)

W czasie ładowania następuje proces odwrotny – elektroliza wody. Płyty pokryte siarczanem ołowiu (PbSO_4) powracają do swojej pierwotnej postaci (dodatnia – PbO_2 , ujemna – Pb), a uwolnione z płyt jony SO_4^{2-} łączą się z jonami wodoru, tworząc kwas, którego zawartość (stężenie) w elektrolicie wzrasta (rys. 4.3d). Aby wywołać te przemiany, konieczne jest doprowadzenie do akumulatora energii z zewnątrz (z urządzenia do ładowania). Warunkiem sprawnego przebiegu tego procesu jest dostarczenie ok. 15% więcej energii, niż akumulator oddaje w procesie rozładowania.

Ładowaniu i rozładowywaniu akumulatora towarzyszy zmiana gęstości elektrolitu. Ponieważ zależy ona od temperatury elektrolitu, podaje się ją dla temperatury odniesienia wynoszącej 25°C . Całkowicie naładowany akumulator wypełniony jest elektrolitem o gęstości

1,28 g/cm³, natomiast gęstość elektrolitu akumulatora całkowicie rozładowanego wynosi ok. 1,10 g/cm³. Dlatego też gęstość elektrolitu wykorzystywana jest jako parametr służący do oceny stopnia naładowania akumulatora.

Podstawowe parametry akumulatora podane są na jego tabliczce znamionowej (rys. 4.4).

Dane na tabliczce znamionowej obejmują:

- napięcie znamionowe akumulatora (1) na rys. 4.4;
- ładunek znamionowy Q_{20} akumulatora, czyli tzw. pojemność dwudziestogodzinną (2) – wartość ta informuje o wielkości ładunku elektrycznego, jaki akumulator może w sposób ciągły dostarczać przez 20 godzin, aż do spadku napięcia do wartości 10,5 V; na przykład akumulator o pojemności 60 Ah jest w stanie podczas dwudziestu godzin dostarczać prąd o wartości 3 A; wraz ze spadkiem temperatury pojemność akumulatora maleje, co przy jednoczesnym wzroście rezystancji wewnętrznej zmniejsza jego zdolność do oddawania energii;
- wartość prądu rozruchowego CCA (ang. *Cold Crankig Amperage*) określa zdolność rozruchową akumulatora (3); jest to wartość prądu, jaką akumulator może oddać w sposób ciągły w temperaturze -18°C, aby napięcie po 10 sekundach rozładowywania tą wartością prądu nie było niższe niż 7,5 V (wg normy EN); inne normy (SAE, JIS, DIN) określają ten parametr dla tej samej temperatury, ale dla innych czasów rozładowywania i końcowych wartości napięcia akumulatora – na przykład norma SAE wymaga 30-sekundowego obciążania akumulatora i końcowej wartości napięcia nie mniejszej niż 7,2 V.



Rys. 4.4. Podstawowe informacje umieszczane na tabliczce znamionowej akumulatora:

1 – napięcie znamionowe w woltach [V], 2 – ładunek znamionowy Q_{20} (dwudziestogodzinny) w amperogodzinach [Ah], 3 – prąd zimnego rozruchu CCA w amperach [A], 4 – norma, wg której podana jest wartość prądu CCA

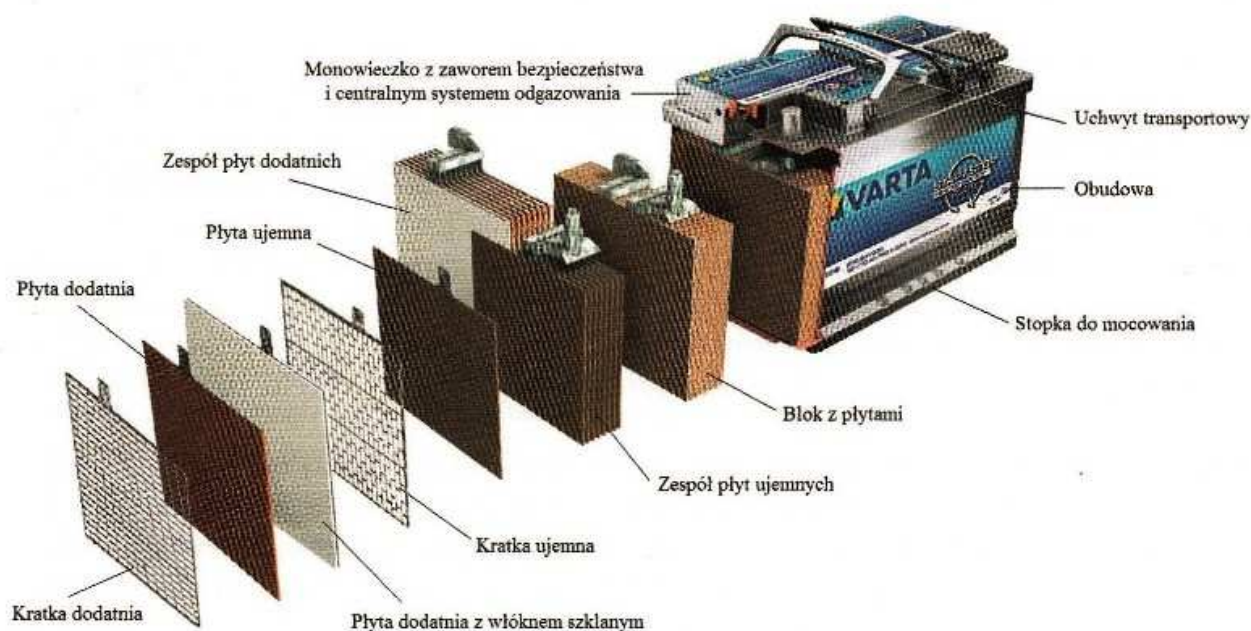
Innymi typami akumulatorów kwasowo-ołowiowych są akumulatory EFB i AGM.

Akumulatory EFB (ang. *Enhanced Flooded Battery*) różnią się od klasycznych tym, że ich płyty dodatnie pokryte są dodatkową powłoką z poliestru, co zwiększa stabilność masy czynnej płyty oraz jej odporność na pracę cykliczną (tj. częste rozładowywanie i ładowanie prądem o dużym natężeniu).

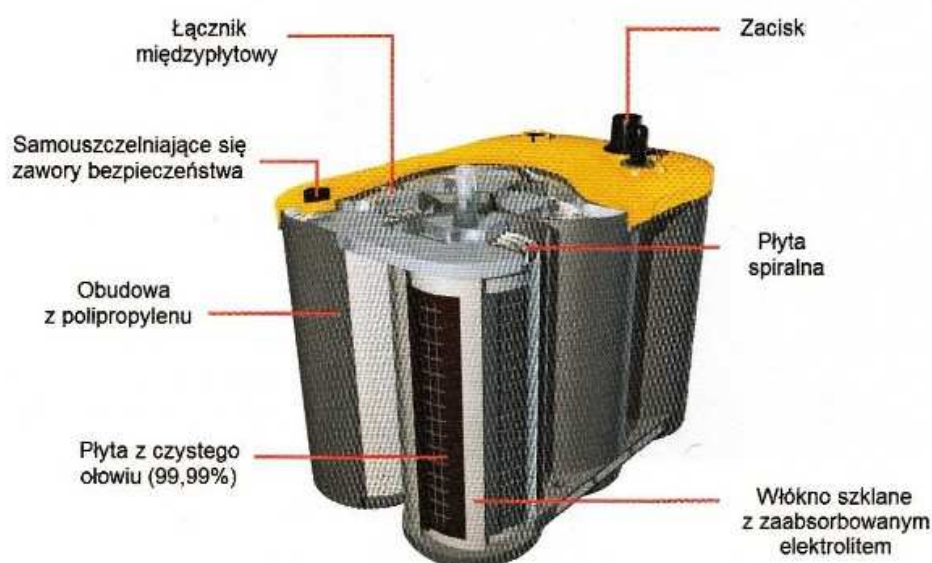
Akumulatory AGM (ang. *Absorbent Glass Matt*) – rys. 4.5, mają między płytami specjalne włókno szklane o dużej porowatości, które całkowicie absorbuje (wchłania) elektrolit. Powstające podczas ładowania gazy odprowadzane są porami we włóknie do elektrody ujemnej, gdzie następuje ich rekombinacja i zamiana w wodę. Dzięki temu w akumulatorach AGM praktycznie nie ma ubytku elektrolitu. Akumulatory tego typu mają mniejszą rezystancję własną niż akumulatory standardowe, dlatego na ich zaciskach można uzyskać nieco wyższe napięcie, są też bardziej odporne na głębokie rozładowanie.

Wymienione rodzaje akumulatorów instalowane są w samochodach z systemem Start-Stop (patrz rozdział 5). Akumulatory EFB wykorzystuje się w najprostszym rozwiązaniu tego systemu, natomiast akumulatory AGM – w systemach z odzyskiwaniem energii hamowania.

Bardzo ciekawym rozwiązaniem są akumulatory kwasowo-ołowiowe, których ogniwa mają postać cienkich płyt, wykonanych z czystego ołowiu (99,99%) oraz włókna szklanego absorbującego elektrolit (AGM) zwinięte razem z nimi w rulon – spiralę (rys. 4.6). Tego



Rys. 4.5. Budowa akumulatora w technologii AGM



Rys. 4.6. Budowa akumulatora z ogniwami spiralnymi

typu akumulatory charakteryzują się znacznie mniejszą rezystancją wewnętrzną, dlatego mogą oddawać znacznie większe ilości prądu oraz gromadzą więcej ładunku przy podobnych (zblizonych) do akumulatorów standardowych wymiarach.

W samochodach o napędzie hybrydowym oraz w najbardziej technicznie zaawansowanych pojazdach z silnikiem spalinowym wprowadzono **czujniki stanu naładowania akumulatora** (rys. 4.7 s. 80). Są one montowane na klemie ujemnej (–) akumulatora (zazwyczaj pełnią wtedy jednocześnie funkcję sterownika systemu zarządzania akumulatorem, czyli energią). Bardzo precyzyjnie mierzą wartość napięcia akumulatora, natężenie pobieranego prądu oraz temperaturę otoczenia. Na podstawie tych parametrów określany jest między innymi stopień naładowania akumulatora. Czasami pomiar napięcia akumulatora wykonuje

się na zacisku dodatnim (+) akumulatora, a pomiar prądu i temperatury – w sterowniku systemu zarządzania akumulatorem (energiją).

Sterownik systemu zarządzania energiją za pośrednictwem magistrali CAN lub LIN otrzymuje dane z innych czujników (np. czujnika temperatury silnika, temperatury otoczenia, prędkości obrotowej wału korbowego silnika) oraz informacje o czasie postoju samochodu. Na podstawie tych i innych danych system zarządzania akumulatorem (energiją):

- steruje momentem i wartością obciążenia alternatora (czasowe opóźnianie załączania alternatora do pracy, np. podczas rozruchu silnika, ograniczanie energii wytwarzanej przez alternator przez obniżenie jego napięcia czy ograniczanie pobieranej mocy lub wyłączanie niektórych odbiorników energii, np. ogrzewania szyby tylnej i przedniej oraz podgrzewania foteli podczas przyspieszania pojazdu – w celu zmniejszenia zużycia paliwa);
- ogranicza stopień rozładowania akumulatora, aby nie był on niższy niż założona wartość graniczna (progowa), poniżej której rozruch silnika jest niemożliwy; w tym celu przy spadku stopnia naładowania akumulatora poniżej określonych progów system wyłącza niektóre odbiorniki energii (w pierwszej kolejności systemy informacji i rozrywki, w dalszej – niektóre odbiorniki układu komfortu);
- pełni funkcje diagnostyczne.



Rys. 4.7. Czujnik stanu naładowania akumulatora IBS (ang. *Intelligent Battery Sensor*)

PYTANIA I POLECENIA

1. Jakie zadania spełnia akumulator?
2. Podaj podstawowe elementy składowe akumulatora.
3. Wymień składniki elektrolitu.
4. W jaki sposób można odróżnić zaciski akumulatora (dodatni i ujemny)?
5. Jakie parametry akumulatora znajdują się na tabliczce znamionowej?
6. O czym informuje oznaczenie 40 Ah umieszczone na tabliczce znamionowej akumulatora?
7. Wyjaśnij, co oznacza wartość 450 A (EN) podana na tabliczce znamionowej akumulatora.
8. Jakie są różnice w budowie akumulatora klasycznego i bezobsługowego?
9. Czym różnią się akumulatory EFB i AGM od standardowego akumulatora bezobsługowego?
10. W jakim celu stosuje się czujnik stopnia naładowania akumulatora oraz system zarządzania akumulatorem (energiją)?