

W wyniku schłodzenia stan skupienia czynnika chłodniczego zmienia się z gazowego na ciekły.

#### ■ Elektryczny kompresor klimatyzacji

Kompresor jest zasilany elektrycznie przez prąd o wysokim napięciu. Umożliwia to również chłodzenie wnętrza pojazdu przy wyłączonym silniku. Ponadto układ klimatyzacji może również schładzać chłodziwo.

#### Klimatyzacja kabinowa

W konwencjonalnych układach napędowych z silnikiem spalinowym klimatyzacja wnętrza pojazdu zależy bezpośrednio od pracy silnika ze względu na napędzany mechanicznie kompresor.

Również w pojazdach określanych przez specjalistów jako mikrohybrydowe i posiadających tylko funkcję start-stop stosuje się kompresory napędzane pasem. Skutkuje to tym, że po zatrzymaniu pojazdu i wyłączeniu silnika już po upływie 2 sekund wzrasta temperatura na wylocie parownika klimatyzacji. Związany z tym powolny wzrost temperatury i wilgotności wywiewanego powietrza pasażerowie pojazdu odbierają jako nieprzyjemny. Aby zlikwidować ten problem, można stosować opracowane niedawno akumulatory zimna (tzw. akumulacyjne parowniki).

Parownik akumulacyjny składa się z dwóch elementów: bloku parownika i bloku akumulacyjnego. W fazie rozruchu lub podczas pracy silnika przez oba te bloki przepływa czynnik chłodniczy. W międzyczasie medium latentne znajdujące w parowniku jest schładzane tak mocno, że zamarza. Staje się w ten sposób akumulatorem zimna.

W fazie stop silnik jest wyłączony i kompresor nie jest napędzany. Ciepłe powietrze przepływające obok parownika ochładza się i następuje wymiana ciepła. Wymiana ta trwa do momentu całkowitego stopienia medium latentnego. Po ponownym ruszeniu proces zaczyna się od nowa, dzięki czemu już po minucie parownik akumulacyjny może znowu chłodzić powietrze.

W pojazdach bez parownika akumulacyjnego przy bardzo ciepłej po-

godzie już po krótkim postoju konieczne jest ponowne uruchomienie silnika. Tylko w ten sposób można utrzymać chłodzenie wnętrza pojazdu. W razie potrzeby klimatyzacja wnętrza pojazdu obejmuje również ogrzewanie kabiny.

W pojazdach typu *full-hybrid* podczas jazdy na napędzie elektrycznym silnik spalinowy jest wyłączony. Ciepło resztkowe znajdujące się w obiegu wody wystarcza do ogrzania kabiny tylko przez krótki czas. Jako wsparcie włączane są dogrzewacze wysokonapięciowe, które przejmują funkcję ogrzewania. Ich sposób działania przypomina działanie suszarki do włosów: powietrze wciągane przez dmuchawę kabinową jest ogrzewane podczas przepływu przez elementy grzejne i – już ogrzane – dostaje się do wnętrza pojazdu.

#### Wysokonapięciowy kompresor klimatyzacji

Pojazdy typu *full-hybrid* wykorzystują elektryczne kompresory wysokonapięciowe, które nie są uzależnione od pracy silnika spalinowego. Dzięki tej nowatorskiej koncepcji napędu możliwe są funkcje, które dodatkowo zwiększają komfort w zakresie klimatyzacji pojazdu.

Przed rozpoczęciem jazdy możliwe jest wstępne schłodzenie rozgrzanego wnętrza pojazdu do żądanej temperatury. Funkcją można sterować zdalnie.



Takie chłodzenie postojowe może się odbywać tylko w zależności od dostępnej pojemności akumulatora. Kompresor jest wysterowywany z możliwie jak najmniejszą mocą, z uwzględnieniem żądanej temperatury i energii dostępnej na potrzeby klimatyzacji.

Strowanie mocą stosowanych obecnie kompresorów wysokonapięciowych odbywa się poprzez odpowiednią ada-

ptację prędkości obrotowej w krokach co 50 obr./min. Dzięki temu nie ma konieczności wewnętrznej regulacji mocy.

W odróżnieniu od zasady tarczy sterującej stosowanej najczęściej w kompresorach z napędem pasowym, w kompresorach wysokonapięciowych do sprężania czynnika chłodniczego wykorzystywana jest zasada działania spirali. Zaletą tych kompresorów jest redukcja masy o około 20% i zmniejszenie objętości skokowej o tę samą wartość przy zachowaniu identycznej mocy.

W celu uzyskania odpowiednio wysokiego momentu obrotowego do napędzania kompresora elektrycznego stosuje się napięcie stałe o wartości ponad 200 V – a więc bardzo wysokie jak na pojazd mechaniczny. Falownik wbudowany w silnik elektryczny przekształca to napięcie stałe na trójfazowe napięcie przemienne, którego wymaga bezszczotkowy silnik elektryczny. Konieczne odprowadzenie ciepła z falownika i uzwojeń silnika jest możliwe dzięki przepływowi czynnika chłodniczego z powrotem na stronę ssącą.

#### Zarządzanie temperaturą akumulatora

Akumulator jest niezbędnym elementem funkcyjnym pojazdu elektrycznego i hybrydowego. Musi szybko i niezawodnie zapewniać ogromne ilości energii dla napędu. Większość akumulatorów to wysokonapięciowe akumulatory litowo-

jonowe i niklowo-metalowo-wodorkowe. Dzięki temu możliwa jest dodatkowa redukcja masy i wielkości akumulatorów pojazdów hybrydowych.

Stosowane akumulatory muszą pracować w określonym przedziale temperatur.

Od temperatury pracy +40°C skracają się trwałość, a poniżej 0° zmniejsza się wydajność i moc akumulatora. Poza tym różnica temperatur pomiędzy poszczególnymi ogniwami nie może przekraczać określonej wartości.

Krótkotrwałe obciążenia szczytowe w połączeniu z wysokimi prądami występującymi podczas rekuperacji i boostingu powodują silne nagrzewanie ogniw.

W miesiącach letnich osiągnięcie krytycznej wartości 40°C przyspieszają również wysokie temperatury otoczenia.

Konsekwencją przekroczenia temperatury jest przyspieszenie procesu starzenia i związana z tym przedwczesna awaria akumulatora. Producenci pojazdów dążą do osiągnięcia obliczeniowej żywotności eksploatacyjnej akumulatora na poziomie 1 okresu żywotności eksploatacyjnej samochodu (ok. 8–10 lat). Przedwczesnemu wyeksploatowaniu akumulatora można więc zapobiec, stosując odpowiednie systemy zarządzania temperaturą. Do tej pory w pojazdach stosowano trzy takie systemy.

to uznać za problematyczne ze względów bezpieczeństwa (np. możliwość uchodzenia gazu z akumulatora).

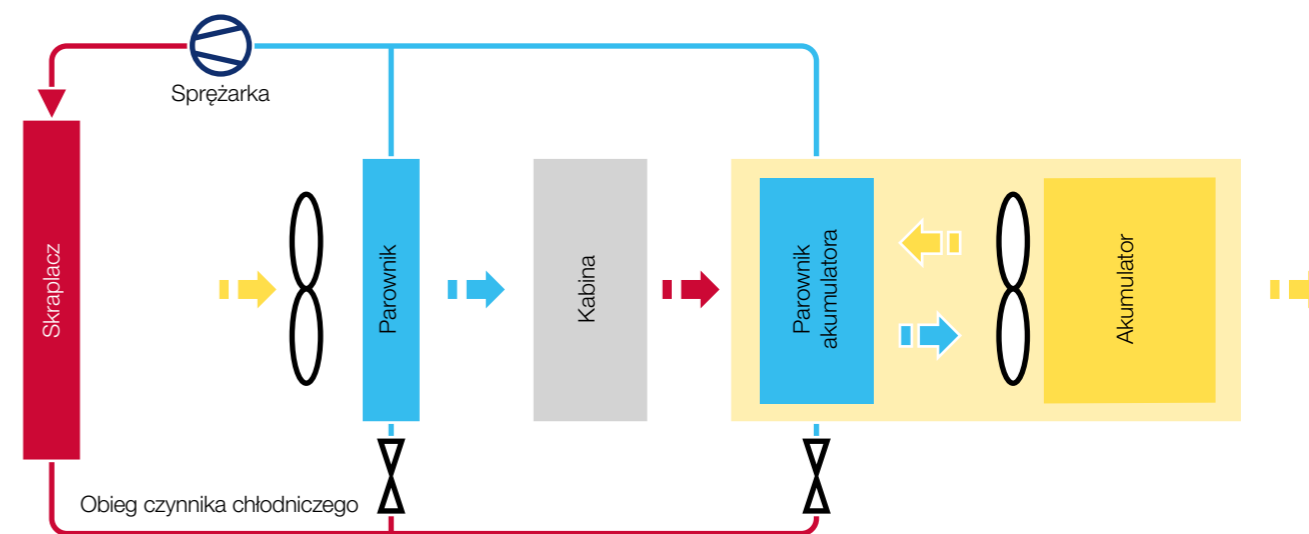
► Nie wolno też lekceważyć niebezpieczeństwa zanieczyszczenia zespołu akumulatorowego, ponieważ powietrze z wnętrza pojazdu zawiera pył i kurz. Pył odkłada się między ogniwami i w połączeniu ze skroploną wodą z powietrza tworzy osad przewodzący prąd. Osad ten zwiększa możliwość występowania prądów pętlujących w akumulatorze.

Aby tego zagrożenia uniknąć, zasysane powietrze jest filtrowane. Alternatywnie powietrze może też być chłodzone przez

O ile układ chłodzenia wnętrza pojazdu musi spełniać wymagania pasażerów, to akumulator wysokonapięciowy wymaga odpowiednio słabszego lub silniejszego chłodzenia w zależności od warunków jazdy i temperatury otoczenia.

Wymagania te skutkują koniecznością skomplikowanej regulacji ilości odparowywanego czynnika chłodniczego. Specjalna konstrukcja parownika płytowego umożliwia integrację komponentu z akumulatorem i zapewnia dużą powierzchnię wymiany ciepła. Gwarantuje to utrzymywanie temperatury poniżej krytycznej wartości 40°C.

Przy bardzo niskich temperaturach ze-



RYS. 3. OPCJA 1

#### Opcja 1

Powietrze jest zasysane z klimatyzowanego wnętrza pojazdu i wykorzystywane do chłodzenia akumulatora. Chłodne powietrze zasysane z wnętrza pojazdu ma temperaturę poniżej 40°C. Powietrze to przepływa wokół swobodnie dostępnych powierzchni akumulatora.

Wady tego rozwiązania:

- Niska skuteczność chłodzenia.
- Powietrze zasysane z wnętrza pojazdu nie wystarcza do równomiernej redukcji temperatury.
- Znaczny nakład związany z systemem doprowadzania powietrza.
- Możliwość występowania we wnętrzu pojazdu nieprzyjemnych odgłosów generowanych przez dmuchawę.
- Kanały powietrzne tworzą bezpośrednie połączenie między przestrzenią pasażerską a akumulatorem. Należy

oddzielny, mały klimatyzator, podobny do osobnych układów klimatyzacji tylnych siedzeń w samochodach klasy premium.

#### Opcja 2

Specjalna płyta parownika jest umieszczona w ogniwie akumulatora i podłączona do systemu klimatyzacji w pojeździe. Wykorzystuje się przy tym metodę tak zwanego *splittingu* po stronie wysokiej i niskociśnieniowej przez przewody elastyczne i zawór rozprężny. W ten sposób zarówno parownik wnętrza pojazdu, jak i parownik płytowy akumulatora, który funkcjonuje jak zwykły parownik, są włączone do tego samego obwodu.

Różne zadania obu parowników skutkują odpowiednio różnymi wymaganiami dotyczącymi przepływu czynnika chłodniczego.

wnętrznym konieczne jest podnoszenie temperatury do wartości idealnej dla akumulatora, wynoszącej co najmniej 15°C. W tej sytuacji parownik płytowy jest jednak bezużyteczny. Zimny akumulator ma niższą sprawność niż akumulator o odpowiedniej temperaturze, a w bardzo niskich temperaturach poniżej zera stopni nie można go w ogóle ładować. W pojazdach typu *mild-hybrid* jest to akceptowalne: w skrajnej sytuacji funkcja napędu hybrydowego jest dostępna jedynie w ograniczonym zakresie. Jazda na silniku spalinowym jest jednak możliwa. W pojeździe o napędzie wyłącznie elektrycznym konieczne jest ogrzewanie akumulatora umożliwiające uruchomienie pojazdu i jazdę w każdej sytuacji, również w zimie.

Wymiana samego parownika płytowego zintegrowanego bezpośrednio →