

**Rys. 3.252**

Przykłady uszkodzeń elementów piasty i półosi napędowych

*a* – pęknięta gumowa osłona przegubu półosi napędowej *b* – zniszczone łożysko przedniej piasty koła napędowego *c* – pęknięty koszyk kul przegubu równobieżnego

specjalistyczne ściągacze, natomiast do demontażu i montażu łożysk oraz uszczelniaczy służą prasy lub specjalne pobijaki. Dokręcając nakrętkę łożyska odpowiednim momentem, należy sprawdzić, czy jest zachowany odpowiedni luz łożyska, zapewniający swobodne obracanie się piasty bez zacięć. Zbyt mocne dokręcenie może spowodować grzanie się łożyska i jego uszkodzenie. Należy zwrócić uwagę, że nakrętki na prawym i lewym kole mają różny kierunek zwoju gwintu (prawy i lewy), aby podczas obracania się koła w trakcie jazdy do przodu nie miały tendencji do odkręcania się. Na koniec należy zabezpieczyć nakrętkę przed odkręceniem i wcisnąć w piastę specjalną blaszaną osłonę.

## 3.8 Napęd na więcej niż jedną oś

### W tym rozdziale dowiemy się:

- dlaczego w pojazdach samochodowych stosuje się napęd więcej niż jednej osi,
- jakie sposoby przeniesienia napędu na więcej niż jedną oś stosuje się w samochodach osobowych, a jakie w ciężarowych,
- jakie elementy stosuje się do przeniesienia napędu na więcej niż jedną oś,
- w jakim celu stosuje się skrzynki rozdzielcze i na czym polega ich obsługa i naprawa

Rozdzielenie siły napędowej na więcej niż dwa koła znacznie poprawia właściwości trakcyjne pojazdu. Samochód zachowuje się pewniej podczas jazdy, co niewątpliwie zwiększa bezpieczeństwo.

Napędzanie większej liczby osi wymaga zastosowania dodatkowej przekładni, zwanej **skrzynką rozdzielczą**. Przeniesienie napędu na dodatkową os może być realizowane w dwojaki sposób:

- **przełączany ręcznie** przez kierowcę w chwili zaistnienia takiej potrzeby (napęd odłączalny),
- **załączony na stałe** i rozdzielający w sposób ciągły moment obrotowy między osie

## Napęd na wszystkie koła w samochodach osobowych

**3.8.1**

Napęd na wszystkie koła sprawia, że pojazd charakteryzuje się dobrymi zdolnościami jazdy:

- po drogach zasniezonych,
- po drogach gruntowych i wyboistych,
- pod górę,
- po torze prostoliniowym i na zakręcie,
- podczas ruszania i przyspieszania

**Podczas ruszania pojazdem na zasniezonej lub oblodzonej drodze** (o małym współczynniku przyczepności) koła mogą łatwo wpasć w poslizg. Utrudnia to lub wręcz uniemożliwia ruszenie samochodem z miejsca. Siła napędowa przekazywana na koła jest ograniczona nie przez moc silnika (która występuje wówczas w nadmiarze), ale przez przyczepność koł do nawierzchni. Siła przyczepności zależy od współczynnika przyczepności, który na oblodzonej drodze ma małą wartość. Ogranicza to znacznie maksymalną uzyskiwaną siłę napędową. Aby koła zachowały przyczepność, musi być spełniony warunek

$$F_N \leq T_N \quad \text{lub} \quad F_N \leq \mu \cdot G_N$$

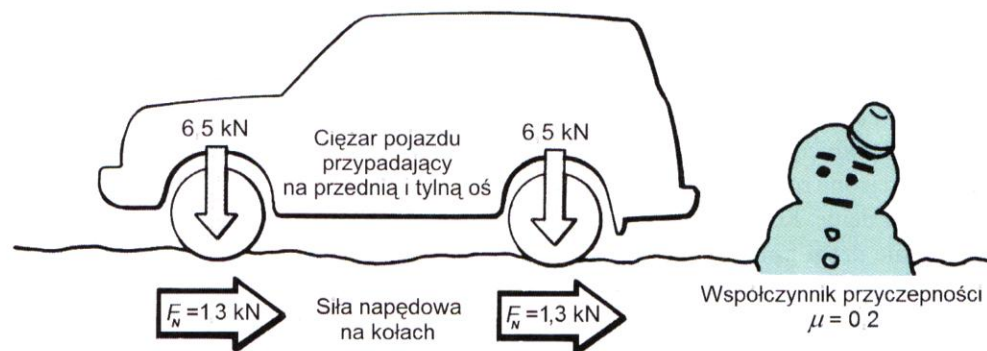
gdzie

$F_N$  – siła napędowa [kN],

$T_N$  – siła przyczepności między kołami napędowymi a nawierzchnią [kN],

$\mu$  – współczynnik przyczepności,

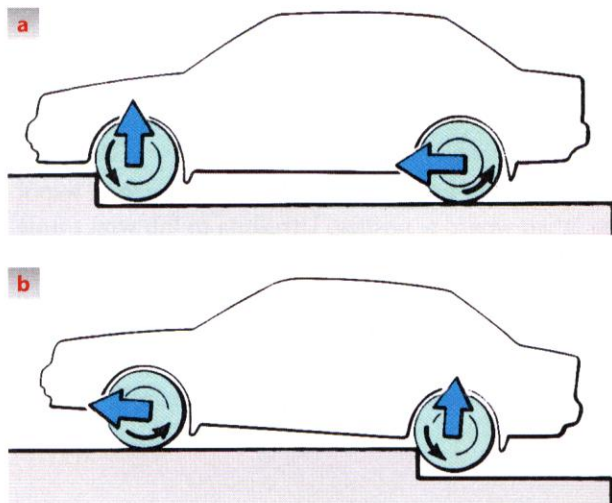
$G_N$  – siła nacisku na osi koł napędzanych [kN].



**Rys 3.253** Dwukrotny wzrost siły napędowej podczas ruszania na oblodzonej drodze pojazdem z napędem na wszystkie koła [62]

Jak widac z powyższych zależności, zastosowanie napędu na cztery zamiast na dwa koła daje praktycznie podwojenie siły napędowej na kołach, co powoduje bardzo dużą zdolność do ruszania oraz jazdy po drogach o małym współczynniku przyczepności. Gdyby samochód przedstawiony na rysunku 3 253 miał napęd tylko na jedną os (np. tylną), siła napędowa byłaby równa iloczynowi ciężaru pojazdu przypadającego na tę os i współczynnika przyczepności nawierzchni:  $6,5 \text{ kN} \cdot 0,2 = 1,3 \text{ kN}$ . Zastosowanie dwóch osi napędzanych podwaja siłę napędową:  $1,3 \text{ kN} + 1,3 \text{ kN} = 2,6 \text{ kN}$ .

W pojazdach z napędem na cztery koła rośnie również **zdolność do jazdy po wyboistych drogach** i pokonywania wszelkich przeszkód. Jeżeli np. przednie koła natrafią na przeszkodę, tylne koła wspomagają je, umożliwiając dalszą jazdę (rys. 3 254a). Podobnie, jeżeli koła tylne wpadną w wyrwę, przednie wyciągają je (rys. 3 254b).



**Rys 3 254**

Wzajemne wspomaganie przednich i tylnych kół napędzanych podczas pokonywania przeszkód na wyboistej drodze [62]  
 a – najazd przednich kół na przeszkodę b – wpadnięcie tylnych kół w wyrwę na drodze

Napęd na cztery koła umożliwia także znaczne zwiększenie siły napędowej **podczas pokonywania wzniesienia**. Można się tutaj posłużyć przykładem pojazdu przedstawionego na rysunku 3 255, wjeżdżającego na wzniesienie o kącie nachylenia  $\alpha = 20^\circ$  i mokrej asfaltowej nawierzchni (współczynnik przyczepności  $\mu = 0,5$ ). Dla pojazdu o ciężarze 13 kN, siła oporów wzniesienia wynosi:

$$F_w = 13 \text{ kN} \cdot \sin 20^\circ = 4,45 \text{ kN}$$

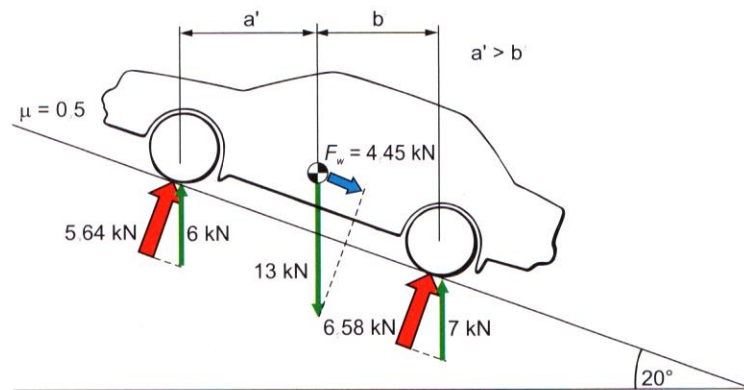
Przyjmując uproszczenie, że środek masy pojazdu znajduje się dokładnie w połowie odległości pomiędzy przednią i tylną osią, podczas jazdy po poziomej drodze pary kół obu osi są obciążone równomiernie (po 6,5 kN na os). Zupełnie inaczej jest podczas podjazdu pod wzniesienie. Koła tylnej osi są wówczas bardziej obciążone niż przedniej, ponieważ pochylenie drogi powoduje, że kierunek działania siły ciężkości zbliża się do tylnej osi, oddalając się jednocześnie od przedniej ( $b' < a'$ ). Dla celów dalszych obliczeń można przykładowo przyjąć, w uproszczeniu, że ciężar samochodu przedstawionego na rysunku 3 255 (13 kN) jest rozłożony w następujący sposób:

- obciążenie kół tylnej osi 7 kN,
- obciążenie kół przedniej osi 6 kN

Wobec powyższego reakcje normalne koł tylnej osi wyniosą  $7 \text{ kN} \cdot \cos 20^\circ = 6,58 \text{ kN}$ , a dla koł przedniej osi  $6 \text{ kN} \cdot \cos 20^\circ = 5,64 \text{ kN}$

W przypadku napędu wyłącznie na jedną, np. przednią os, siła napędowa jest równa iloczynowi siły normalnej do nawierzchni przyłożonej do przednich koł napędzanych oraz współczynnika przyczepności:  $5,64 \text{ kN} \cdot 0,5 = 2,82 \text{ kN}$ . Wynika stąd, że w tych warunkach drogowych siła napędowa ( $2,82 \text{ kN}$ ) jest mniejsza od siły oporów wzniesienia ( $4,45 \text{ kN}$ ), uniemożliwiając podjazd samochodem pod wzniesienie.

Zastosowanie napędu na cztery koła powoduje zwiększenie siły napędowej z uwagi na to, że sumują się siły normalne do nawierzchni przyłożone do przednich i tylnych koł. Siła napędowa jest w takim przypadku równa  $(5,64 \text{ kN} + 6,58 \text{ kN}) \cdot 0,5 = 6,11 \text{ kN}$ . Ponieważ przewyższa ona siłę oporów wzniesienia ( $4,45 \text{ kN}$ ), samochód bez problemu może podejść pod górę.

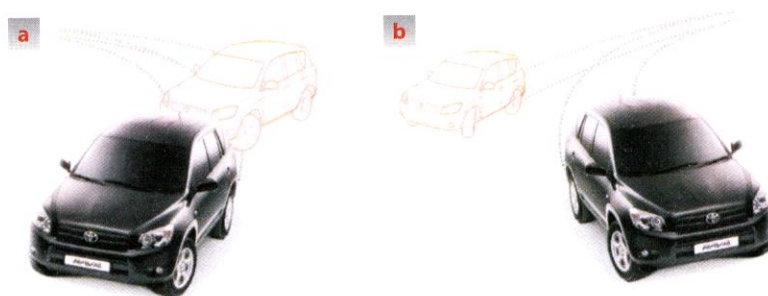


**Rys. 3.255** Wzrost siły napędowej podczas pokonywania wzniesienia pojazdem z napędem na wszystkie koła [62]  
 $a'$  – odległość kierunku działania siły ciężkości pojazdu od punktu styku przedniego koła z nawierzchnią,  $b'$  – odległość kierunku działania siły ciężkości pojazdu od punktu styku tylnego koła z nawierzchnią

Podczas jazdy warunki drogowe zmieniają się w sposób ciągły. W przypadku włączonego na stałe napędu na cztery koła w układzie przeniesienia napędu znajdują się trzy mechanizmy różnicowe (dwa międzykołowe i jeden międzyosiowy). Ich zadaniem jest kompensacja różnic prędkości obrotowych koł pojazdu, związanych z różnymi drogami toczenia się poszczególnych kół. Ma to miejsce np. podczas pokonywania zakrętów i jazdy po nierównościach oraz w przypadku występowania różnic w promieniach dynamicznych koł (niejednakowe obciążenie, różne zużycie bieżnika lub ciśnienie w ogumieniu). Takie działanie układu napędowego, we współczesnych samochodach połączone dodatkowo ze zintegrowanym systemem aktywnej kontroli jazdy, zapewnia prawidłowe przeniesienie siły napędowej oraz dużą stateczność kierunku ruchu.

### Odlączalny napęd na cztery koła

W odlączalnym napędzie koł drugiej osi (oznaczanym symbolem **4x4**) stosuje się *skrzynkę rozdzielczą, której zadaniem jest rozdzielenie momentu obrotowego silnika pomiędzy dwie napędzane osie przednią i tylną*. Po włączeniu napędu na obydwie osie następuje

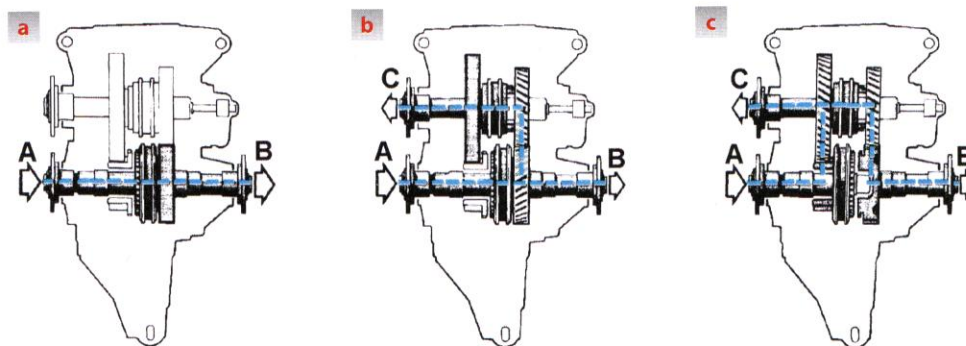


**Rys 3 256** Utrzymanie kierowności i stateczności ruchu przez zintegrowany system aktywnej kontroli jazdy w pojeździe z napędem na cztery koła [43]  
 a – korekta niekorzystnej tendencji pojazdu do zacieśniania zakrętu (tzw. nadsterowności) poprzez zwiększenie siły napędowej na przednich kołach b – korekta niekorzystnej tendencji pojazdu do poszerzania zakrętu (tzw. podsterowności) poprzez zwiększenie siły napędowej na tylnych kołach

stały (niezmienny) rozkład momentu obrotowego na wszystkie koła. W przypadku zastosowania dwubiegowej skrzynki rozdzielczej (z funkcją reduktora), kierowca może, oprócz załączenia napędu na cztery koła, wybrać także odpowiedni do warunków jazdy bieg (szosowy lub terenowy). Za pomocą oddzielnej dźwigni lub przełącznika dokonuje wyboru

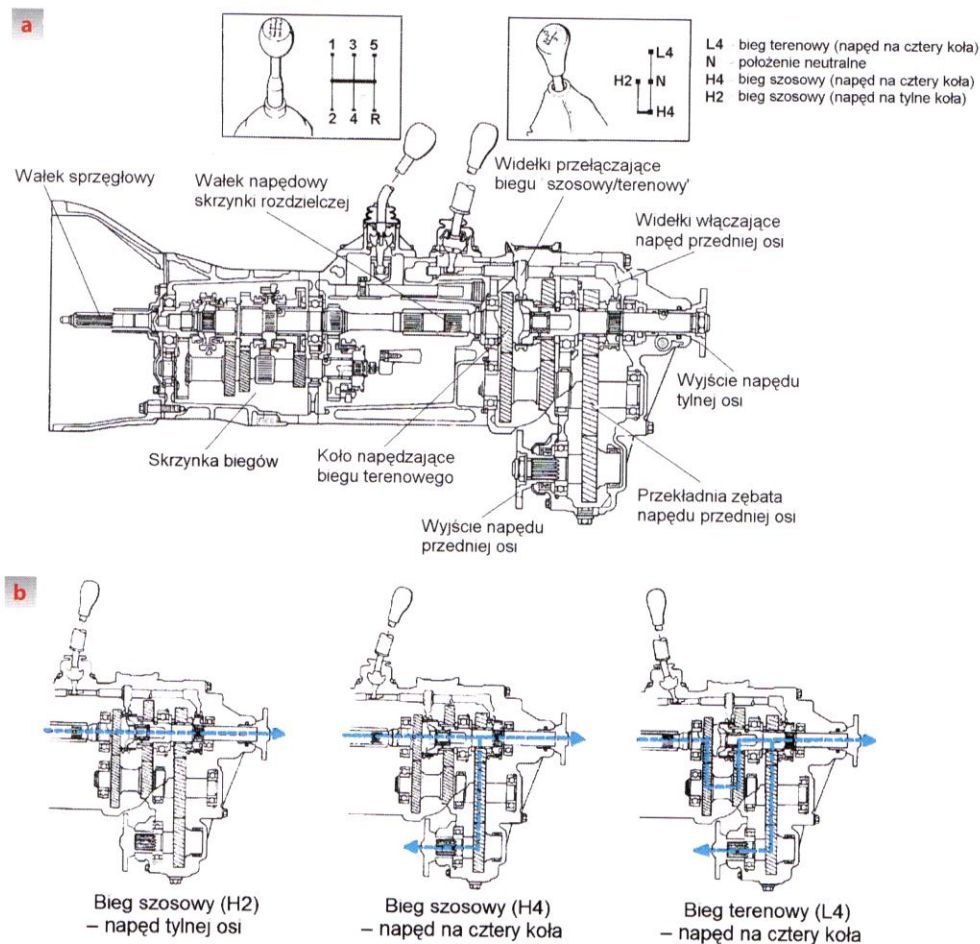
- biegu szosowego (napęd na tylną oś),
- biegu szosowego (napęd na tylną i przednią oś),
- biegu terenowego (napęd na tylną i przednią oś)

Sposób zabudowy skrzynki rozdzielczej jest dostosowany do konstrukcji pojazdu. Może ona np. występować jako oddzielny zespół umieszczony za skrzynką biegów (rys 3 257), co daje większe możliwości znalezienia miejsca do jej zamontowania. Takie rozwiązanie wymaga jednak zastosowania dodatkowego wału napędowego, łączącego skrzynkę biegów ze skrzynką rozdzielczą. Druga możliwość to połączenie skrzynki rozdzielczej w jeden zespół ze skrzynką biegów (rys 3 258). Należy jednak wówczas przewidzieć odpowiednią ilość miejsca do montażu ze względu na powiększone gabaryty obudowy.



**Rys 3 257** Skrzynka rozdzielcza odłączalnego napędu w samochodzie Mercedes Benz VG 080 [68]

- a – bieg szosowy (napęd tylko tylnej osi) b – bieg szosowy (napęd tylnej i przedniej osi)  
 c – bieg terenowy (napęd tylnej i przedniej osi)  
 A – doprowadzenie napędu ze skrzynki biegów B – wyprowadzenie napędu na tylną oś  
 C – wyprowadzenie napędu na przednią oś



**Rys 3.258** Skrzynka rozdzielcza połączona ze skrzynką biegów w samochodzie Volkswagen Taro [68]  
a – budowa b – działanie

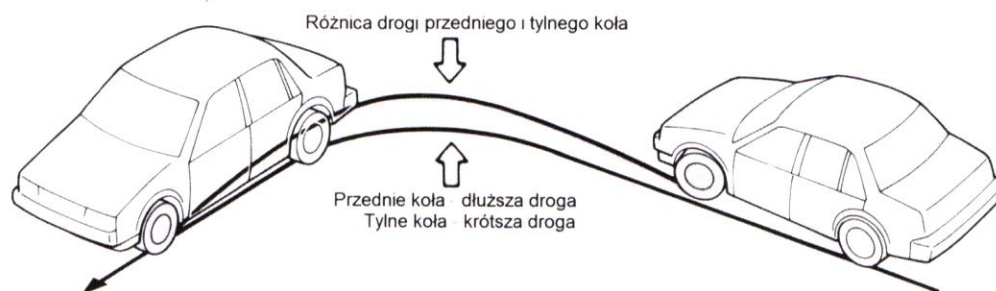
Skrzynki rozdzielcze w pojazdach z odłączalnym napędem nie mają międzyosiowego mechanizmu różnicowego. W rezultacie moment obrotowy jest rozdzielany na napędzane osie po połowie, bez możliwości jego różnicowania.

Brak międzyosiowego mechanizmu różnicowego powoduje, że wał napędowy łączy bezpośrednio obie osie, a uzyskanie różnicy prędkości obrotowych przednich i tylnych koł jest niemożliwe. W przypadku jazdy po drodze o małym współczynniku przyczepności (np. nawierzchnia oblodzona), jednoczesne toczenie się przednich i tylnych koł z taką samą prędkością obrotową po torach o różnej długości jest możliwe dzięki łatwemu do uzyskania w takich warunkach ślizganiu się poszczególnych koł. Trudniejsza sytuacja ma miejsce podczas jazdy po drodze o dużym współczynniku przyczepności. Sucha i szorstka nawierzchnia uniemożliwia powstanie poślizgu któregośkolwiek z koł. Wówczas, przy sztywno połączonych obu osiach napędowych, powstaje niekorzystne zjawisko podobne do hamowania. W przypadku nieumiejętnego korzystania z tego typu napędu, nadmierne

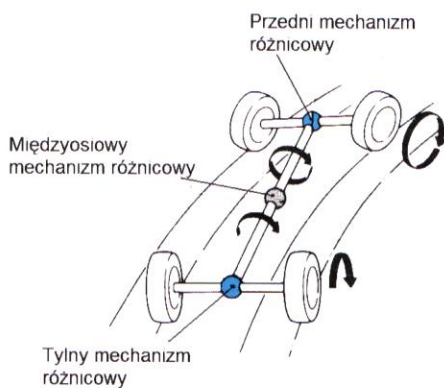
obciążenia mogą doprowadzić nawet do skreślenia pośosi napędowych i zniszczenia innych elementów układu przeniesienia napędu. Może się to zdarzyć np. podczas pokonywania z dużą prędkością zakrętu na suchej nawierzchni o dużym współczynniku tarcia, przy załączonym na sztywno napędzie wszystkich koł

### Stały napęd na wszystkie koła

Przy stałym napędzie na cztery koła, oznaczanym symbolem **4WD** lub **AWD** (ang. *All Wheel Drive* – napęd na wszystkie osie), układ przeniesienia napędu pojazdu musi być wyposażony w **dodatkowy międzyosiowy mechanizm różnicowy**. Podczas jazdy np. na zakręcie niejednakowe prędkości obrotowe prawych i lewych koł są kompensowane przez dwa **mechanizmy różnicowe międzykołowe** – **przedni i tylny**, natomiast toczenie się koł przedniej i tylnej osi z różnymi prędkościami obrotowymi umożliwia **międzyosiowy mechanizm różnicowy** (rys. 3 260). Rozdziela on w sposób ciągły moc pomiędzy przednią i tylną os w określonych proporcjach.



**Rys. 3 259** Różnica drogi przedniego i tylnego koła podczas pokonywania zakrętu [62]



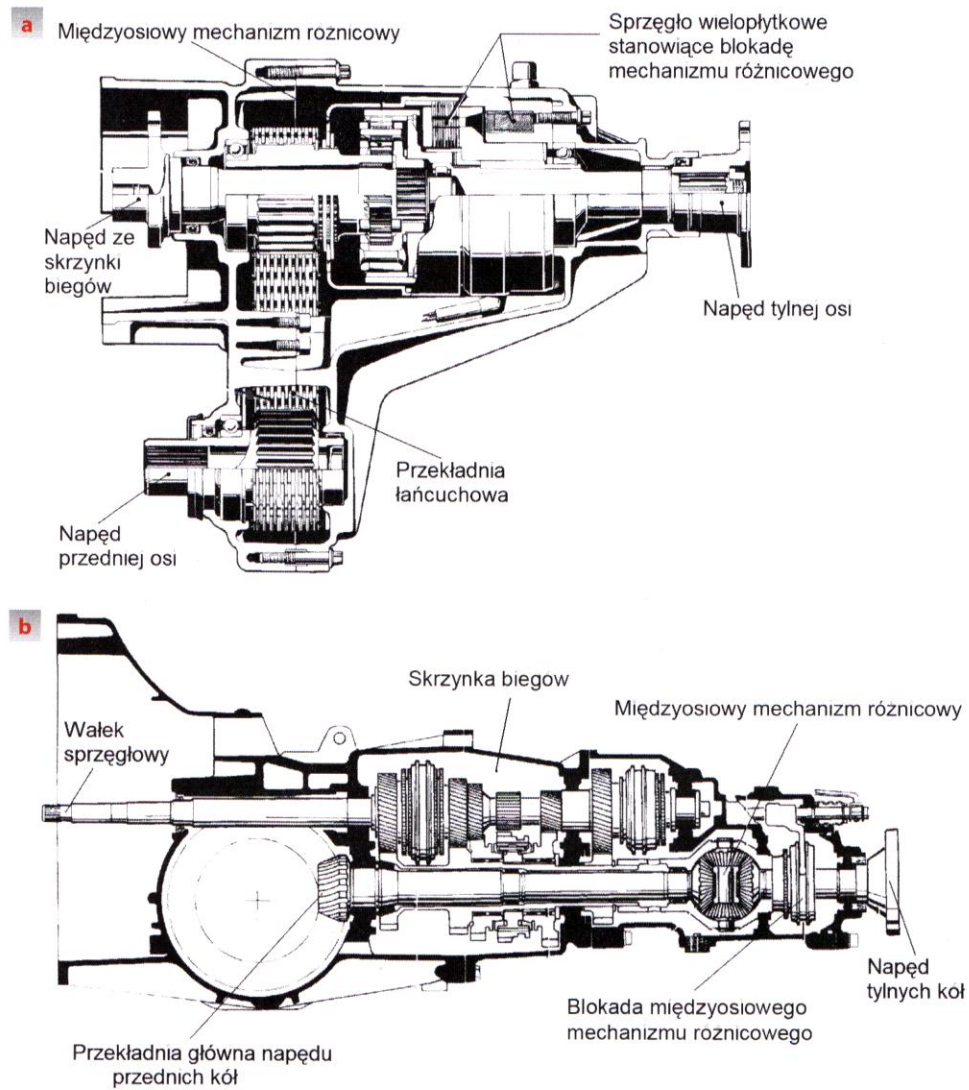
**Rys. 3 260**

Działanie międzyosiowego mechanizmu różnicowego związane z różną prędkością koł przedniej i tylnej osi [62]

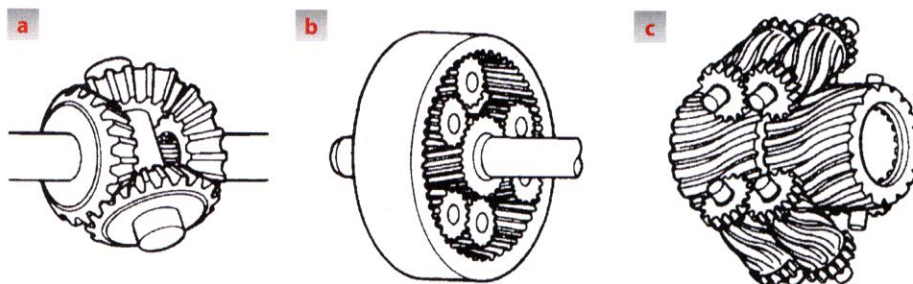
Międzyosiowy mechanizm różnicowy najczęściej jest montowany w skrzynce rozdzielczej lub w skrzynce biegów (rys. 3 261)

Najczęściej są stosowane następujące **międzyosiowe mechanizmy różnicowe**:

- **stożkowe**,
- **planetarne**,
- **ślimakowe typu Torsen**.



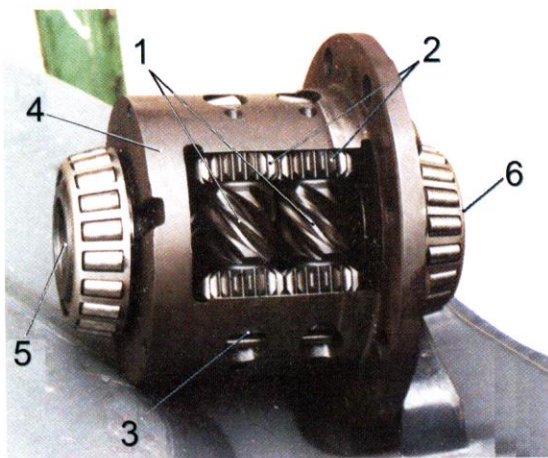
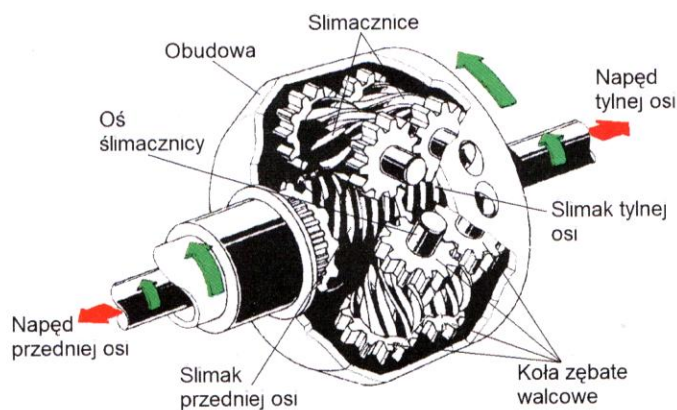
**Rys 3.261** Umieszczenie międziosiowego mechanizmu różnicowego [68]  
*a* – w obudowie skrzynki rozdzielczej (BMW) *b* – w skrzynce biegów (Audi Quattro)



**Rys 3.262** Rodzaje międziosiowych mechanizmów różnicowych [62]  
*a* – stozkowy *b* – planetarny *c* – ślimakowy typu Torsen

W przypadku poślizgu przednich lub tylnych koł może dojść do sytuacji niekorzystnego działania międzyosiowego mechanizmu różnicowego i przekazania całego momentu obrotowego właśnie na tę oś, co uniemożliwia poruszanie się pojazdu. Chcąc więc ruszyć na zasniezonej lub oblodzonej drodze, należy ograniczyć działanie tego mechanizmu.

Jedną z możliwości jest zastosowanie **samoblokującego mechanizmu różnicowego typu Torsen**, którego nazwa pochodzi od angielskich słów *torque* – moment i *sensing* – wyczucie. Jego działanie uniemożliwia poślizg koł jednej z osi napędowych. Składa się on z dwóch ślimaków, z których jeden jest połączony z wałem przenoszącym napęd na przednią oś, a drugi z wałem napędowym tylnej osi. Na każdej z trzech par osi osadzono po dwie ślimacznice i cztery koła zębate walcowe. Każda ślimaczница jest sztywno połączona ze swoją parą koł walcowych. W przypadku wystąpienia różnicy prędkości obrotowej przedniej i tylnej osi, szybciej obracający się ślimak napędza trzy ślimacznice. Ponieważ koła walcowe są ze sobą zazębione, napęd zostaje przeniesiony także na trzy ślimacznice zazębione ze ślimakiem obracającym się wolniej. Takie sprzężenie obydwu ślimaków (przedniej i tylnej osi) za pomocą walcowych koł zębatach uniemożliwia gwałtowny przyrost prędkości obrotowej jednej z osi (np. poślizg koł na oblodzonej nawierzchni) w stosunku do osi, której koła mają lepszą przyczepność. W ten sposób mechanizm różnicowy typu Torsen optymalnie (z punktu widzenia przyczepności) rozdziela moment obrotowy pomiędzy koła przedniej i tylnej osi.



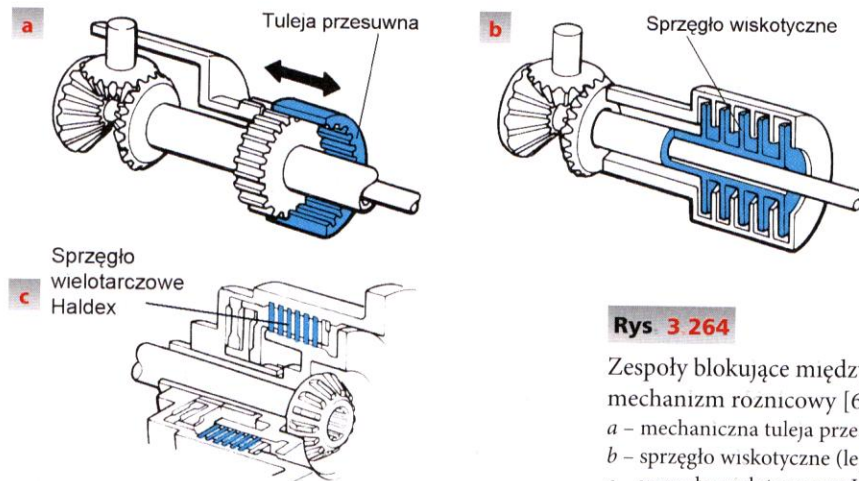
**Rys 3.263**

Mechanizm różnicowy typu Torsen [68]

1 – ślimacznice 2 – koła zębate walcowe  
3 – oś ślimaczniczy 4 – obudowa 5 – napęd przedniej osi 6 – napęd tylnej osi

Innym rozwiązaniem pozwalającym przenieść moment obrotowy na osie koł, które zachowały przyczepność w przypadku poślizgu koł drugiej osi, jest zastosowanie zespołu blokującego. Łączy on przednią i tylną oś, pozwalając na kontynuowanie jazdy. W trakcie jazdy w normalnych warunkach blokada musi być wyłączona. W zależności od budowy i zasady działania można wyróżnić następujące rodzaje zespołów blokujących międzyosiowy mechanizm różnicowy (rys. 3.264):

- **mechanizm blokujący z tuleją przesuwaną**, włączany ręcznie przez kierowcę,
- **sprzęgło wiskotyczne (lepkosciowe)**, działające automatycznie w zależności od różnicy prędkości obrotowej przednich i tylnych koł,
- **wielotarczowe sprzęgło Haldex** sterowane hydraulicznie lub elektronicznie, zapewniające automatycznie optymalne działanie mechanizmu różnicowego stosownie do warunków drogowych



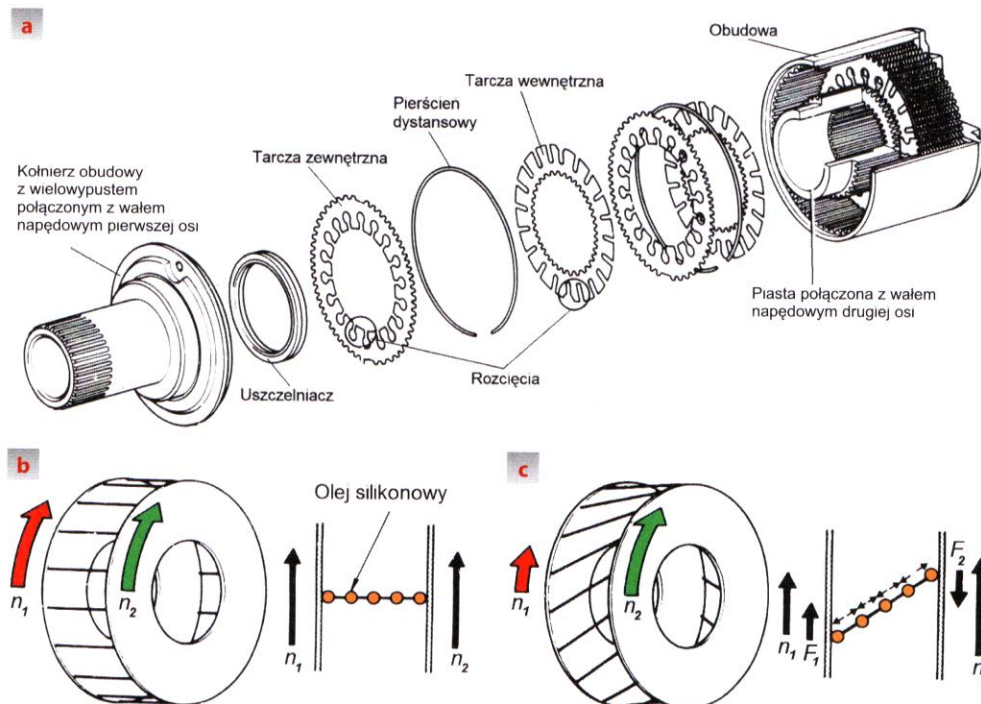
**Rys. 3.264**

Zespoły blokujące międzyosiowy mechanizm różnicowy [62]

- a – mechaniczna tuleja przesuwna  
b – sprzęgło wiskotyczne (lepkosciowe)  
c – sprzęgło wielotarczowe Haldex

**Sprzęgła wiskotyczne (lepkosciowe)** i **Haldex** mogą służyć do blokowania mechanizmów różnicowych, ale mogą także same zastąpić międzyosiowy mechanizm różnicowy, optymalnie różnicując rozdział momentu obrotowego pomiędzy przednią i tylną oś. Jest to rozwiązanie powszechnie stosowane w uterenowionych samochodach osobowych.

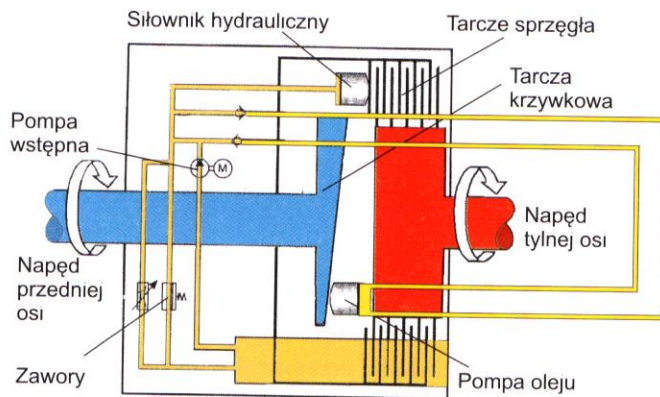
**Sprzęgło wiskotyczne (lepkosciowe)** (patrz rys. 3.265) jest zespołem blokującym, umożliwiającym płynną regulację rozdziału momentu obrotowego – od stanu całkowitego rozłączenia do połączenia prawie na sztywno. Składa się ono z obudowy i piasty. Obudowa jest połączona z wałem napędowym jednej osi, a piasta z wałem napędowym drugiej osi. Wewnątrz obudowy znajdują się stalowe tarcze wewnętrzne i zewnętrzne o różnym kształcie. Działanie sprzęgła wiskotycznego jest oparte na zmianie lepkości specjalnego oleju silikonowego (wiskotycznego) w zależności od jego temperatury. Olej wypełnia przestrzeń pomiędzy tarczami sprzęgła wielotarczowego, które są na przemian połączone z obudową i wałem napędowym pierwszej osi oraz z piastą i wałem napędowym drugiej osi. Dopóki prędkości obrotowe przedniego i tylnego wału napędowego są takie same ( $n_1 = n_2$  – patrz rys. 3.265b) lub różnią się nieznacznie (co jest związane z normalnym toceniem się koł po łuku i nierównościach drogi), opory wzajemnego ruchu tarcz sprzęgła są niewielkie, ponieważ zimny olej ma małą lepkość. Sprzęgło pozostaje wówczas wyłączone. Gdy różnica prędkości obrotowych wzrośnie i prze-



**Rys. 3.265** Sprzęgło wiskotyczne (lepkociowe) [62]  
 a – budowa, b – działanie przy równych prędkościach obrotowych, c – działanie przy różnych prędkościach obrotowych

kroczy określoną wartość ( $n_p$  w wyniku poślizgu kół jednej osi), olej błyskawicznie nagrzewa się na skutek wzrostu tarcia. Im wyższa jest jego temperatura, tym bardziej wzrasta też lepkość oleju. To z kolei powoduje zwiększenie oporów i dalszy wzrost temperatury i lepkości. Cząsteczki oleju są od siebie odciągane, a powstające wówczas na tarczach siły reakcji, skierowane przeciwnie do siebie (patrz rys. 3.265c), powodują samoczynne blokowanie sprzęgła i wyrównanie prędkości obrotowych, aż do ustania poślizgu kół. Następnie temperatura oleju spada, a jego lepkość maleje i opory zmniejszają się – sprzęgło zostaje wyłączone.

Zastosowane zamiast międzyosiowego mechanizmu różnicowego **sprzęgło Haldex** również optymalizuje w sposób ciągły rozdział momentu obrotowego pomiędzy przednią i tylną os bez ingerencji kierowcy, przełączając napęd z tylko dwóch kół (zazwyczaj przedniej osi) na cztery koła. Sprzęgło Haldex to wielotarczowe sprzęgło cierne, sterowane hydraulicznie lub elektronicznie. Jeżeli obydwa wały (napędzające przednią i tylną os) obracają się z tą samą prędkością, płytki sprzęgła są rozłączone. Efektywnie napędzana jest wówczas tylko jedna os. Gdy prędkości obrotowe obu wałów są różne (np. poślizg kół jednej osi podczas ruszania na oblodzonej nawierzchni lub ugrzęźnięcie w miękkim podłożu), siłownik hydrauliczny łączy sprzęgło, łącząc obydwa wały, co pozwala na przeniesienie momentu obrotowego również na drugą os. Zmiana ciśnienia oleju zasilającego siłownik hydrauliczny jest realizowana przez pompę tłoczkową, umieszczoną na jednym wale i napędzaną krzywką umieszczoną na drugim wale. Im większa jest różnica prędkości obrotowej wałów, tym większe ciśnienie wytwarza pompa, powodując ich silniejsze sprzęgnięcie i włączenie

**Rys. 3 266**

Budowa wielotarczowego sprzęgła Haldex sterowanego hydraulicznie [68]

napędu na cztery koła. W układzie może znajdować się także druga pomocnicza pompa oleju uruchamiana elektrycznie przy dużych prędkościach obrotowych silnika (np. powyżej 4000 obr/min). Zasila ona wstępnie pompę tłoczkową, powodując przyrost ciśnienia i zlikwidowanie luzu między tarczami sprzęgła. Znacznie skraca to wówczas czas reakcji sprzęgła. Dodatkowo ciśnienie oleju może być regulowane zaworem elektromagnetycznym sterowanym elektronicznie przez sterownik układu przeniesienia napędu.

Sterownik zbiera informacje z różnych czujników (np. uchylenia przepustnicy, prędkości obrotowej silnika, prędkości każdego z koł itp.) i odpowiednio modyfikuje działanie sprzęgła Haldex w zależności od warunków ruchu w następujący sposób:

- podczas manewrowania na parkingu ciśnienie robocze w sprzęgle ma wartość zerową i moment obrotowy jest przenoszony tylko na przednią oś,
- przyspieszanie pojazdu powoduje dociążenie tylnych koł, a więc jeżeli wzrośnie ich moment obrotowy, przyspieszenie będzie bardziej dynamiczne, ciśnienie robocze w sprzęgle osiąga najwyższą wartość, powodując przekazanie maksymalnego momentu obrotowego na tylną oś,
- dynamiczna jazda sportowa powoduje ciągłą zmianę położenia nadwozia oraz rozkładu obciążenia między osie, ciśnienie robocze w sprzęgle osiąga na przemian maksymalną wartość i spada następnie do zera, powodując załączanie napędu na tylną oś,
- podczas jazdy z ustaloną prędkością po utwardzonej drodze rozkład obciążenia pomiędzy osie jest zbliżony, przednie i tylne koła toczą się praktycznie z taką samą prędkością obrotową, a wartość ciśnienia roboczego w sprzęgle spada do zera i moment obrotowy nie jest przenoszony na tylną oś,
- podczas hamowania są dociążane przednie koła, a odciążane koła tylne, wartość ciśnienia roboczego w sprzęgle spada do zera, co powoduje odłączenie napędu tylnych koł,
- jazda po śliskiej nawierzchni powoduje występowanie szybkich zmian w rozkładzie obciążenia między osie, a ciśnienie robocze w sprzęgle osiąga maksymalną wartość i następuje załączenie napędu na cztery koła.

Do automatycznego przełączania napędu z dwóch na cztery koła można również zastosować sterowane elektronicznie **sprzęgło elektromagnetyczne**. Charakteryzuje się ono dużą szybkością działania oraz możliwością współpracy z innymi układami elektronicznymi, takimi jak

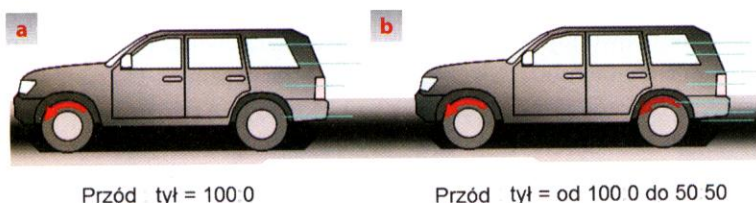
- układ stabilizacji toru jazdy (ESP),

- elektryczne wspomaganie kierownicy,
- układ zapobiegający blokowaniu kół (ABS),
- układ wspomagania hamowania (MBA),
- układ regulacji poślizgu kół napędowych (ASR)

W elektronicznie sterowanych układach przełączania napędu producenci oferują możliwość wyboru różnych opcji. Za pomocą specjalnego przełącznika kierowca może wybrać jeden z wariantów, np.

- włączenie funkcji automatycznego rozdziału momentu obrotowego na cztery koła (w zależności od warunków drogowych sprzęgło przełącza napęd z dwóch na cztery koła, liniowo rozdziałając moment obrotowy),
- ręczne włączenie napędu na cztery koła (zablokowanie przedniej i tylnej osi z równym rozdziałem momentu obrotowego, np. przód/tył=50/50) – w przypadku braku międzyosiowego mechanizmu różnicowego w celu zabezpieczenia układu przed uszkodzeniem funkcja ta automatycznie może się wyłączyć po przekroczeniu określonej prędkości pojazdu,
- wyłączenie napędu na cztery koła (cały czas niezależnie od warunków drogowych napędzane są tylko dwa koła, np. przednie)

Przykładem rozwiązania elektronicznie sterowanego rozdziału momentu obrotowego może być elektromagnetyczne sprzęgło zastosowane w samochodzie Toyota RAV4. Zastępując międzyosiowy mechanizm różnicowy, optymalizuje ono rozdział momentu obrotowego pomiędzy przednią i tylną oś bez interwencji kierowcy w sposób ciągły, przełączając napęd z przednich kół na cztery koła. Podczas jazdy po twardej, suchej nawierzchni włączony jest napęd tylko na przednie koła (moment obrotowy rozdzielany jest w proporcji przód/tył=100/0). Kiedy nawierzchnia jest nierówna, sypka lub śliska, następuje natychmiastowa zmiana rozkładu momentu obrotowego przedniej i tylnej osi, która waha się od 100/0 (włączony tylko przedni napęd) do 50/50 (równy rozdział momentu obrotowego między przednią i tylną oś).

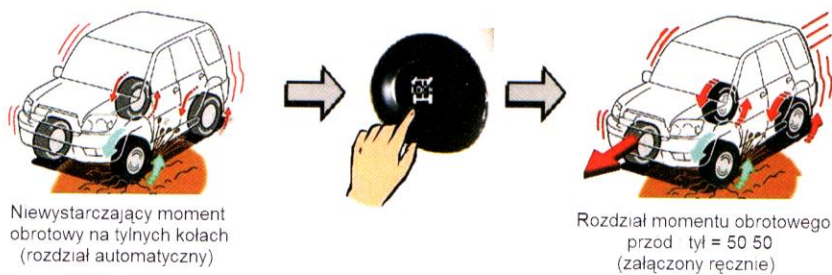


**Rys 3.267** Automatyczny rozdział momentu obrotowego w zależności od warunków jazdy w układzie przeniesienia napędu samochodu Toyota RAV4 [48]  
*a* – jazda po twardej suchej nawierzchni. *b* – jazda po nierównej, sypkiej, śliskiej nawierzchni

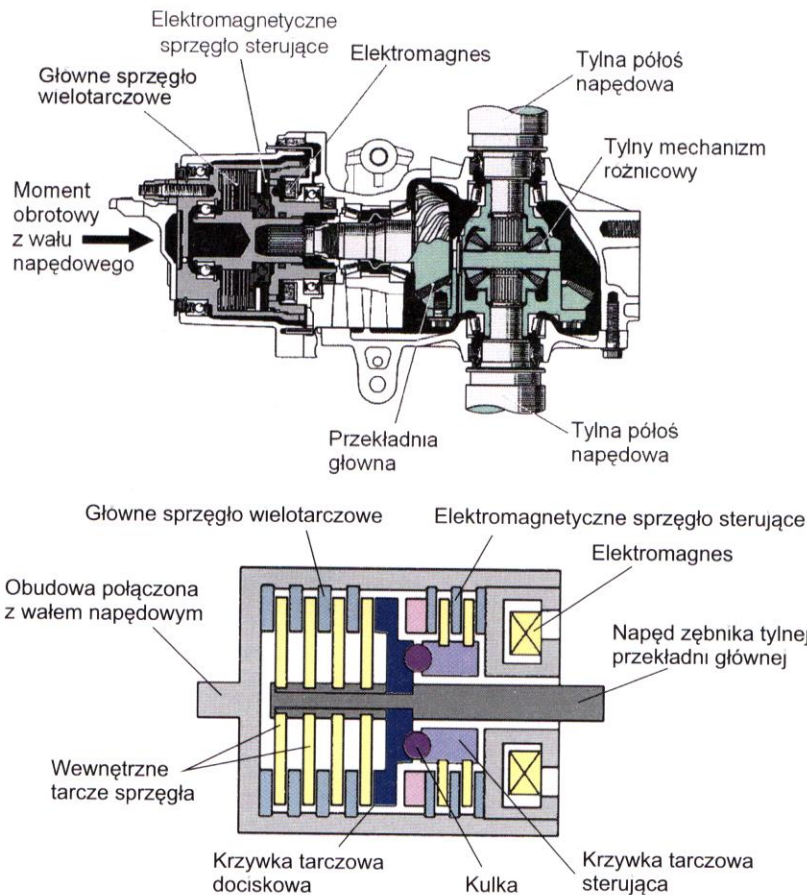
Kierowca ma również możliwość ręcznego załączenia (blokady) stałego napędu na cztery koła w proporcji 50/50 za pomocą przycisku umieszczonego na tablicy rozdzielczej. Z uwagi na niebezpieczeństwo uszkodzenia elementów układu przeniesienia napędu blokada wyłącza się automatycznie po przekroczeniu prędkości 40 km/h.

Sterowane elektronicznie wielotarczowe sprzęgło elektromagnetyczne znajduje się na końcu wału napędowego. Gdy jest rozłączone, napęd na tylną oś nie jest przenoszony.

Siła, z jaką są dociskane do siebie płytki cierne, wpływa na poślizg sprzęgła. Sterownik



**Rys 3 268** Ręczne włączanie napędu na cztery koła [48]

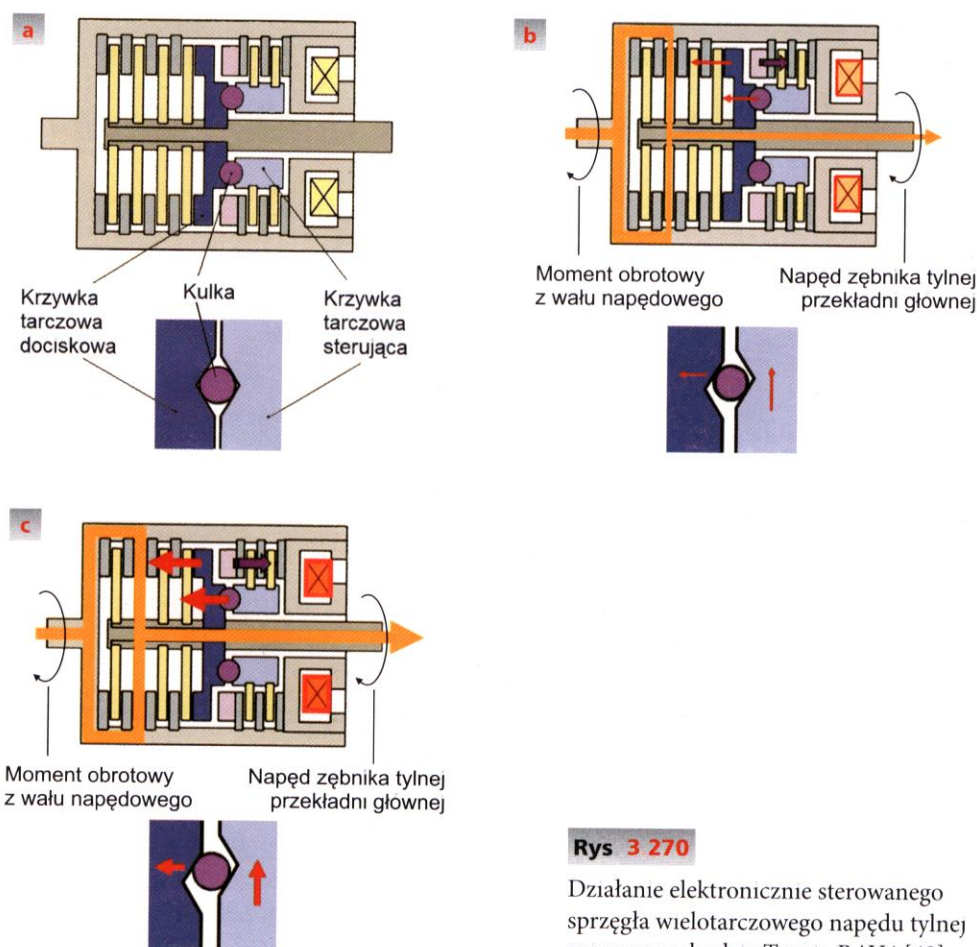


**Rys 3 269** Elektronicznie sterowane sprzęgło wielotarczowe napędu tylnej osi w samochodzie Toyota RAV4 [48]

podejmuje decyzję o zróżnicowaniu siły docisku po dokonaniu analizy docierających do niego informacji. Są to m.in. sygnały pochodzące z czujników położenia przepustnicy, prędkości obrotowej każdego koła, odchylenia bocznego i przyspieszeń w układzie stabilizacji toru jazdy, temperatury otoczenia, położenia dźwigni wyboru zakresu automatycznej skrzynki biegów, kąta obrotu koła kierownicy oraz położenia pedału hamulca i dźwigni

hamulca ręcznego. Zespół sterujący rozdziałem momentu obrotowego składa się z elektromagnesu, głównego sprzęgła wielotarczowego, elektromagnetycznego sprzęgła sterującego oraz dwóch krzywek tarczowych (dociskowej i sterującej) z odpowiednio ukształtowanymi bieżniami i rozdzielonych stalowymi kulkami.

Gdy główne sprzęgło wielotarczowe jest rozłączone, tylna os nie jest napędzana. Toczące się tylne koła powodują obrót poosi przekładni głównej tylnego mostu oraz połączonych z zębniem tarcz wewnętrznzych sprzęgła i obydwu krzywek. Ze względu na to, że krzywka dociskowa i sterująca obracają się z tą samą prędkością, stalowe kulki układają się w zagłębieniach bieżni i krzywki są do siebie dosunięte (rys. 3 270a). Gdy sterownik podejmie decyzję o rozdzieleniu momentu napędowego na tylną os, włącza elektromagnes, który blokuje sprzęgło sterujące i hamuje połączoną z nim i obracającą się krzywkę sterującą. W tym samym czasie krzywka dociskowa obraca się wraz z tylnymi kołami. Powstała różnica prędkości powoduje przetoczenie się kulek umieszczonych pomiędzy krzywkami. Skutkiem tego jest rozsuniecie krzywek. Przesuwająca się osiowo krzywka dociskowa powoduje wzrost tarcia między tarczami głównego sprzęgła wielotarczowego. Siła tarcia powoduje z kolei przeniesienie napędu przez główne sprzęgło wielotarczowe na tylną os.



**Rys 3 270**

Działanie elektronicznie sterowanego sprzęgła wielotarczowego napędu tylnej osi w samochodzie Toyota RAV4 [48]

pojazdu (rys. 3 270b) W zależności od napięcia zasilającego elektromagnes sterownik może regulować wartość siły hamującej działającej na krzywkę sterującą. Zwiększając napięcie sterownik powoduje większe rozsuniecie krzywek i wzrost siły tarcia w głównym sprzęgle wielotarczowym. W ten sposób liniowo zwiększa się wartość momentu obrotowego napędzającego tylne koła (rys. 3 270c).

W układzie przeniesienia napędu zastosowanym przez firmę Porsche umieszczone są dwa sprzęgła wielotarczowe sterowane ciśnieniem oleju. Wartość tego ciśnienia decyduje o wartości momentu obrotowego, jaki są zdolne przenieść sprzęgła. Tarcze cierne spełniają w tym rozwiązaniu rolę mechanizmu różnicowego koł jednej osi oraz mechanizmu różnicowego międzyosiowego. Kierowca może zdecydować, jaka część momentu obrotowego będzie skierowana na przednią oś. W tym celu, w zależności od warunków panujących na drodze, wybiera ręcznie jeden z zakresów pracy:

- jezdnia sucha,
- jezdnia mokra,
- śnieg i lód,
- warunki ekstremalne

Wybór zakresu skutkuje odpowiednim do tych warunków stopniem samoczynnego blokowania sprzęgieł. Na tylne koła jest doprowadzany moment obrotowy nieco większy niż na przednie. W chwili, gdy tylne koła tracą przyczepność, do 50% momentu obrotowego może zostać skierowane na przednią oś.

W układzie przeniesienia napędu Audi Quattro zastosowano międzyosiowy mechanizm różnicowy typu Torsen. Kierowca nie ma możliwości decydowania o rozdziale momentu obrotowego na poszczególne osie pojazdu. W normalnych warunkach napęd przekazywany jest na przednią oś, natomiast gdy wystąpi poślizg, układ automatycznie przekazuje część momentu obrotowego na os tylną.

## Napęd na więcej niż jedną oś w samochodach ciężarowych

**3.8.2**

W samochodach ciężarowych przeznaczonych do pracy w trudnych warunkach drogowych (place budowy, drogi gruntowe itp.), układ przeniesienia napędu musi także umożliwiać napęd wszystkich lub wielu koł. Jest to niezbędne do przeniesienia odpowiedniego momentu obrotowego umożliwiającego jazdę w takim terenie. W celu rozdzielenia napędu na więcej niż jedną oś w samochodach ciężarowych stosuje się na ogół jeden z dwóch rodzajów skrzynek rozdzielczych:

- **jednobiegowe** (samochody dostawcze, ciągniki siodłowe, pojazdy budowlane),
- **dwubiegowe** (samochody terenowe, dźwigi samochodowe)

Jednobiegowe skrzynki rozdzielcze składają się z trzech walcowych koł zębatach i międzyosiowego mechanizmu różnicowego z blokadą lub mechanizmu odłączającego napęd przedniej osi. Zastosowanie trzech koł zębatach zapewnia taki sam kierunek obrotów na wałku wejściowym i wyjściowym. Mechanizm odłączający napęd przedniej osi w postaci sprzęgła kłowego sterowanego pneumatycznie jest stosowany w samochodach z napędem 4x4 eksploatowanych na placach budowy, gdzie okresowo jest potrzebny napęd wszystkich koł. Po załączeniu napędu przednia i tylna oś są połączone ze sobą na sztywno. Jednoczesne toczenie się koł obu osi z taką samą prędkością obrotową jest możliwe dzięki ich poślizgowi.