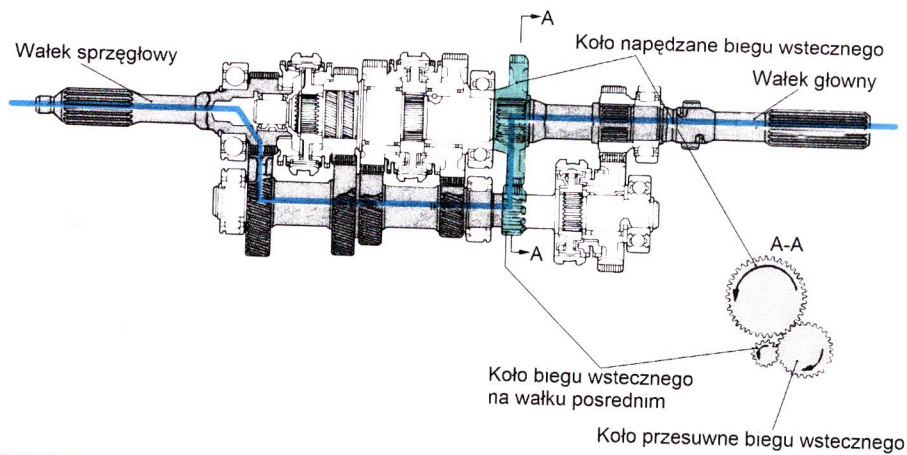


Rys 3.57 Pięciobiegowa, współosiowa skrzynka biegów o osiach stałych z kołami zębatymi zazębianymi na stałe – włączony V bieg [52]



Rys. 3.58 Pięciobiegowa, współosiowa skrzynka biegów o osiach stałych z kołami zębatymi zazębianymi na stałe – włączony bieg wsteczny [52]

W pozycji neutralnej moment obrotowy z wałka sprzęgłowego jest przekazywany za pośrednictwem pary koł zębatych na wałek pośredni. Koła zębate ułożyskowane na wałku głównym obracają się, ale wałek główny pozostaje nieruchomy, ponieważ wszystkie tuleje przesuwne znajdują się w pozycjach neutralnych, nie sprzęgając go z żadnym kołem.

Włączenie I biegu następuje po przemieszczeniu tulei przesuwnej nr 1 w prawo. Koło napędzane I biegu zostaje zablokowane z wałkiem głównym, który obracając się przenosi moment obrotowy na dalsze mechanizmy układu przeniesienia napędu.

Włączenie II biegu odbywa się tak samo jak pierwszego, przy czym tuleja przesuwna nr 1 zostaje dosunięta w lewo, blokując z wałkiem głównym koło napędzane II biegu.

Do włączania III biegu służy tuleja przesuwna nr 2, która po przemieszczeniu się w prawo blokuje z wałkiem głównym koło napędzane III biegu. W tym samym czasie tuleja przesuwna nr 1 zajmuje pozycję neutralną.

Na IV biegu, zwanym bezpośrednim, moment obrotowy nie jest przenoszony przez żadną z przekładni zębatych, ale poprzez zablokowane ze sobą wałki sprzęgłowy i główny. Użykuje się to, przemieszczając tuleję przesuwную nr 2 w lewo.

Bieg piąty jest nadbiegiem, co oznacza, że jest to przełożenie przyspieszające. Na rysunku 3.57 łatwo zauważyć, że koło napędzające V biegu osadzone na wałku pośrednim ma większą średnicę niż koło napędzane osadzone na wałku głównym. W przeciwieństwie do poprzednich biegów (I, II i III) koło napędzane V biegu jest osadzone na wałku głównym nie obrotowo, lecz na stałe. Włączenie V biegu następuje po dosunięciu w prawo tulei przesuwnej nr 3 na wałku pośrednim, blokującej w ten sposób obrotowo osadzone na nim koło napędzające V biegu.

Włączenie biegu wstecznego następuje po zazębieniu koła przesuwne wstecznego biegu osadzonego na oddzielnym wałku z osadzonymi na stałe kołami zębatymi na wałku pośrednim i wałku głównym.

Niewspółosiowe skrzynki biegów

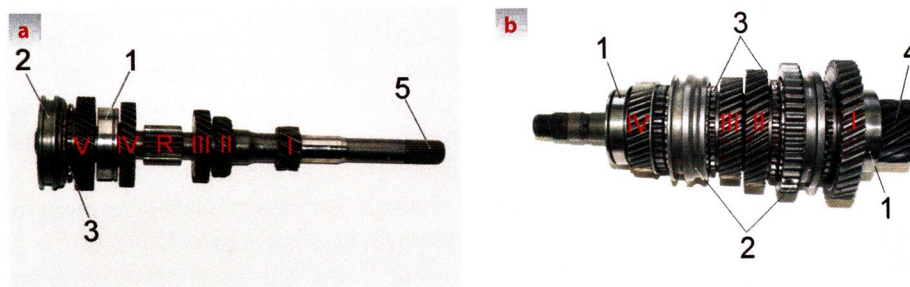
Niewspółosiowe skrzynki biegów, stosowane w zablokowanych zespołach napędowych, składają się z

- **obudowy skrzynki biegów z pokrywą,**
- **osłony sprzęgła,**
- **wałka sprzęgłowego z kołami zębatymi,**
- **wałka głównego z kołami zębatymi,**
- **przesuwne koło zębate wstecznego biegu,**
- **mechanizmu zmiany biegów**

Taka skrzynka biegów połączona bezpośrednio z **obudową zespołu napędowego**, w której znajdują się **przekładnia główna** i **mechanizm różnicowy**, nazywa się **skrzynką przekładniową**.

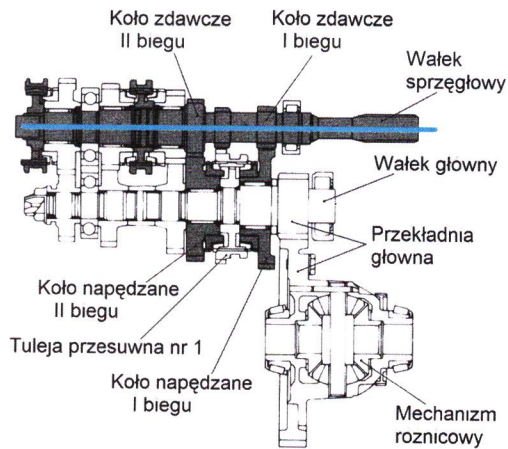
W skrzynce tej napęd przenoszony jest z wałka sprzęgłowego poprzez koła zębate poszczególnych biegów na wałek główny. Oba wałki nie leżą w jednej osi, lecz są do siebie równoległe. Brak wałka pośredniego powoduje, że kierunek obrotów na wyjściu ze skrzynki jest przeciwny do kierunku obrotów na wejściu.

W niektórych skrzynkach mogą występować dwa wałki główne. Koła zębate poszczególnych przekładni są również zazębione ze sobą na stałe. Aby przenieść moment obrotowy, należy zablokować jedno z nich na wałku za pomocą tulei przesuwnej. Koła osadzone obrotowo mogą znajdować się na wałku sprzęgłowym, głównym lub na obu jednocześnie. Przez kolejne blokowanie koł uzyskuje się zmianę biegów. W skrzynkach niewspółosiowych



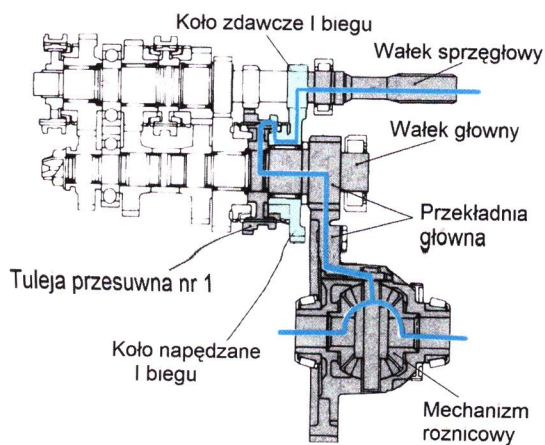
Rys. 3.59 Wałki niewspółosiowych skrzynek przekładniowych

a – wałek sprzęgłowy skrzynki pięciobiegowej b – wałek główny skrzynki czterobiegowej
1 – łożysko toczne 2 – tuleja przesuwna 3 – wieniec sprzęgła zębatego (na koła zębatym)
4 – zębnik walcowy przekładni głównej 5 – wielowypust wałka sprzęgłowego do osadzenia tarczy sprzęgła, II, III, IV, V, R – koła zębate poszczególnych biegów

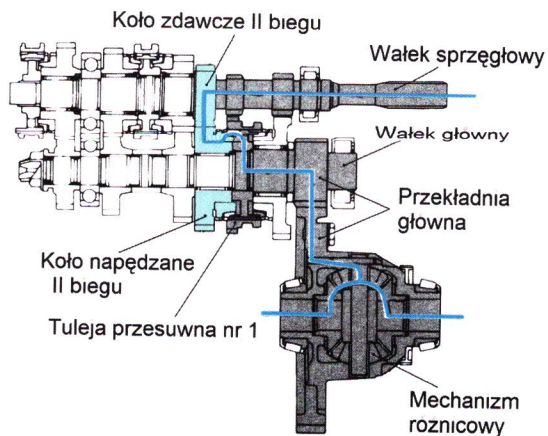
**Rys. 3.60**

Pięciobiegowa, niewspółosiowa skrzynka biegów o osiach stałych, z kołami zębatymi zazębianymi na stałe – pozycja neutralna [52]

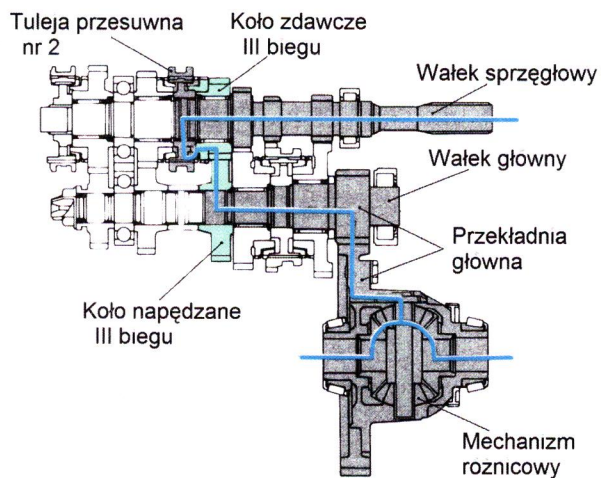
wych nie ma biegu bezpośredniego, ponieważ nie ma możliwości połączenia obu wałków bez użycia przekładni zębatej. Z uwagi na to, że zastosowanie przekładni zębatej o przełożeniu równym 1 jest bardzo niekorzystne, najwyższy bieg jest zawsze przełożeniem przyspieszającym, czyli nadbiegiem

**Rys. 3.61**

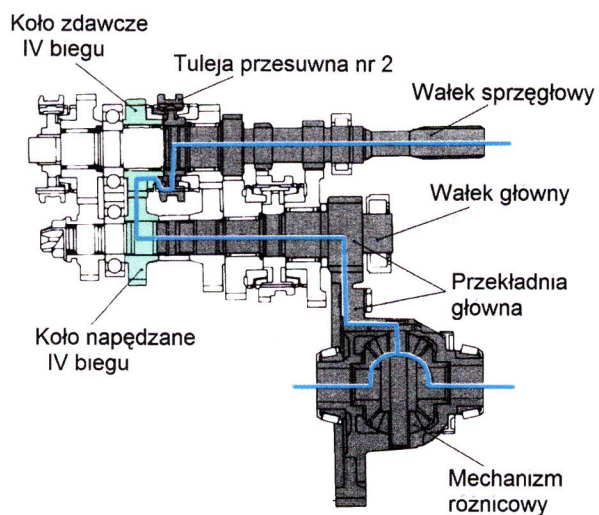
Pięciobiegowa, niewspółosiowa skrzynka biegów o osiach stałych, z kołami zębatymi zazębianymi na stałe – włączony I bieg [52]

**Rys. 3.62**

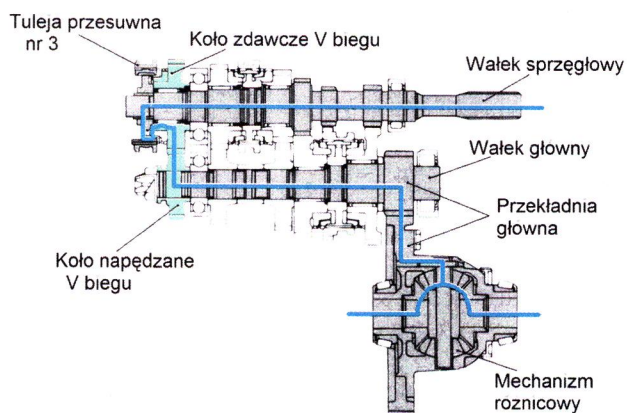
Pięciobiegowa, niewspółosiowa skrzynka biegów o osiach stałych z kołami zębatymi zazębianymi na stałe – włączony II bieg [52]


Rys 3.63

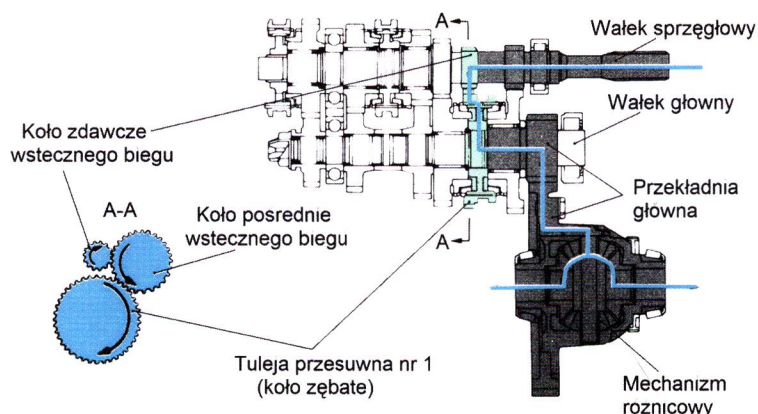
Pięciobiegowa, niewspółosiowa skrzynka biegów o osiach stałych z kołami zębatymi zazębianymi na stałe – włączony III bieg [52]


Rys 3.64

Pięciobiegowa, niewspółosiowa skrzynka biegów o osiach stałych, z kołami zębatymi zazębianymi na stałe – włączony IV bieg [52]



Rys. 3.65 Pięciobiegowa, niewspółosiowa skrzynka biegów o osiach stałych, z kołami zębatymi zazębianymi na stałe – włączony V bieg [52]



Rys. 3.66 Pięciobiegowa, niewspółosiowa skrzynka biegów o osiach stałych, z kołami zębatymi zazębianymi na stałe – włączony bieg wsteczny [52]

W pozycji neutralnej moment obrotowy z wałka sprzęgłowego jest przekazywany za pośrednictwem zdawczych koł zębatych I i II biegu na wałek główny (patrz rys 3.60). Ułożyskowane na wałku głównym koła napędzane I i II biegu obracają się, ale wałek główny jest nieruchomy, ponieważ tuleja przesuwana nr 1, która znajduje się między nimi, pozostaje w pozycji „0”.

Włączenie I biegu następuje po przemieszczeniu tulei przesuwnej nr 1 w prawo i zblokowaniu koła napędzanego I biegu z wałkiem głównym, który obracając się, przenosi moment obrotowy na przekładnię główną i mechanizm różnicowy (patrz rys 3.61).

Włączenie II biegu odbywa się tak samo jak I, przy czym tuleja przesuwana nr 1 zostaje dosunięta w lewo, blokując z wałkiem głównym koło napędzane II biegu. Koło zdawcze II biegu jest osadzone na wałku sprzęgłowym na stałe (patrz rys 3.62).

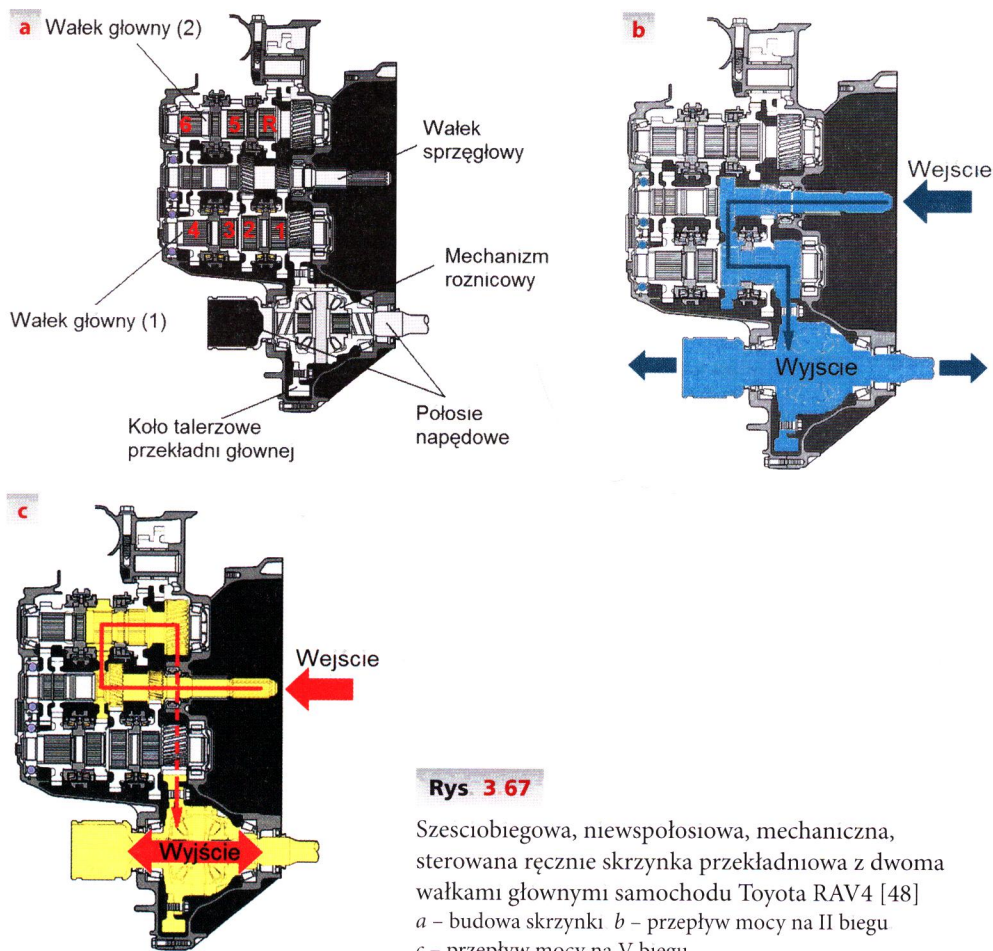
Do włączenia III biegu służy tuleja przesuwana nr 2, która po przemieszczeniu się w prawo blokuje z wałkiem sprzęgłowym koło zdawcze III biegu. Koło napędzane III biegu jest osadzone na wałku głównym na stałe (rys 3.63).

Włączenie IV biegu odbywa się analogicznie jak biegu III, z tą różnicą, że tuleja przesuwana nr 2 przemieszcza się w lewo, blokując z wałkiem sprzęgłowym koło zdawcze IV biegu, zazębiane z osadzonym na stałe na wałku głównym kołem napędzanym IV biegu (rys 3.64).

Włączenie V biegu następuje po dosunięciu tulei przesuwnej nr 3 w prawo i zablokowaniu koła zdawczego V biegu z wałkiem sprzęgłowym. Koło napędzane V biegu osadzone na stałe na wałku głównym przenosi na niego moment obrotowy (rys 3.65).

Przekładnia biegu wstecznego składa się z trzech koł zębatych: koła zdawczego osadzonego na stałe na wałku sprzęgłowym, przesuwnej koła pośredniego osadzonego na oddzielnym wałku i koła na wałku głównym. Funkcję koła zębatego wstecznego biegu na wałku głównym pełni tuleja przesuwana z naciętym na obwodzie wieniec zębatym (w pozycji „0”). Przesunięcie koła pośredniego powoduje jego zazębianie z pozostałymi dwoma kołami i przeniesienie napędu z wałka sprzęgłowego na wałek główny z równoczesną zmianą kierunku obrotów (rys 3.66).

Niewspółosiową szesciobiegową skrzynkę przekładniową z dwoma wałkami głównymi przedstawiono na rysunku 3.67.

**Rys. 3 67**

Szesciobiegowa, niewspółosiowa, mechaniczna, sterowana ręcznie skrzynka przekładniowa z dwoma wałkami głównymi samochodu Toyota RAV4 [48]
 a – budowa skrzynki b – przepływ mocy na II biegu
 c – przepływ mocy na V biegu

Koła zębate biegów I, II, III i IV osadzone są na dolnym wałku głównym 1, natomiast koła biegów V, VI i wstecznego na górnym wałku głównym 2. Przy pomocy tulei przesuwanych następuje zblokowanie odpowiedniego koła zębatego na jednym z wałków głównych i przeniesienie napędu. Na rysunkach 3 67b i 3 67c przedstawiono przykładowy przepływ mocy dla włączonych dwóch różnych biegów. Każdy wałek główny ma na swym końcu inne koło zębate (zębnik) przekazujący moment obrotowy na koło tarczowe przekładni głównej. Zatem w zależności od włączonego biegu jest możliwe jedno z dwóch przełożeń przekładni głównej (patrz tablica 3-3).

Takie rozwiązanie skrzynki przekładniowej zapewnia dużą wartość przełożenia całkowitego na niskich biegach, co pozwala na pewne ruszanie z miejsca i dobre przyspieszenie. Z kolei bardzo niska wartość przełożenia na najwyższym biegu umożliwia mniejszą prędkość obrotową silnika przy dużych prędkościach jazdy. Dzięki temu spada zużycie paliwa i emisja spalin.

Mechanizmy synchronizujące

W celu połączenia koła zębatego z wałem, na którym jest ono ułożyskowane i obraca się swobodnie, potrzebny jest **mechanizm sprzęgający**. Przestarzałe, nie stosowane już roz-

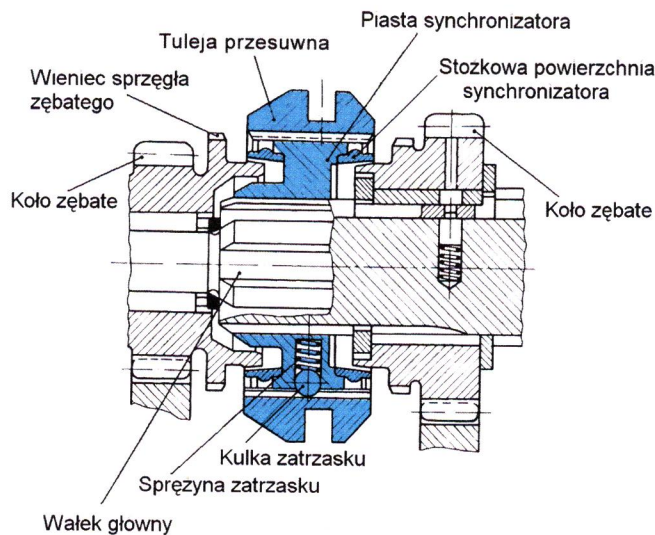
Tabl 3-3 Przełożenia mechanicznej, niewspółosiowej skrzynki przekładniowej sterowanej ręcznie, z dwoma wałkami głównymi samochodu Toyota RAV4 (typ EA64F) [48]

Bieg	i_b	i_g	i_c
Pierwszy	3,818		16,463
Drugi	1,913	4,312	8,249
Trzeci	1,218		5,252
Czwarty	0,880		3,795
Piąty	0,809		2,937
Szesty	0,711	3,631	2,582
Wsteczny	4,139		15,029

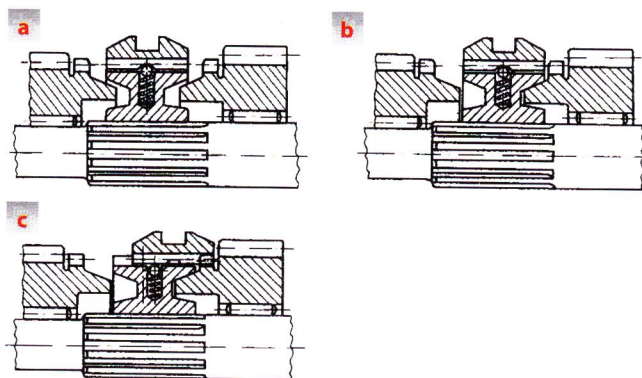
i_b – przełożenie przekładni skrzynki biegów i_g – przełożenie przekładni głównej i_c – przełożenie całkowite układu przeniesienia napędu na danym biegu

wiązanie tego rodzaju to **sprzęgło kłowe**, składające się z wienca zębatego osadzonego na stałe na wałku i prowadzonej po nim tulei przesuwnej o uzębieniu wewnętrznym. Po nasunięciu jej za pomocą widełek przełączających na wąskie uzębienie swobodnego koła zębatego następuje jego sprzęgnięcie z wałkiem. Wadę tego rozwiązania stanowią zgrzyty, występujące w przypadku, gdy sprzęgane elementy mają różną prędkość obrotową. Aby je wyrównać, w eksploatowanych dawniej pojazdach zachodziła konieczność podwojnego wysprzęglania przy przełączaniu na wyższy bieg lub zastosowania tzw. międzYGazu podczas redukcji przełożeń.

Stosowane we współczesnych pojazdach samochodowych mechaniczne skrzynki biegów są synchronizowane. Okreslenie „synchroniczny” oznacza tyle samo, co „rownobieżny”. Synchronizatorem jest najczęściej stożkowy pierścien służący do szybkiego wyrównania prędkości obrotowych sprzęganych elementów przed ich połączeniem. W chwili włączania biegu pierścien synchronizatora swoją stożkową powierzchnią jest dociskany do drugiej stożkowej powierzchni ciernej wienca zębatego, wykonanego na kole zębatym. Dzięki tarcia następuje najpierw wyrównanie prędkości obrotowych, a następnie sprzęgnięcie obu elementów. Jeden z przykładów takiej konstrukcji to **synchronizator prosty** (patrz rys. 3.68). Składa się on z piasty osadzonej przesuwnie na wielowypuszcie wałka głównego skrzynki biegów. Po obu stronach piasty znajdują się koła zębate dwóch różnych biegów. Są one łożyskowane na wałku i obracają się przenosząc moment obrotowy z zazębionych z nimi na stałe odpowiednich koł zębatych wałka pośredniego. Po bokach piasty ma wcisnięte stożkowe pierścienie cierne synchronizatora, których kształt odpowiada stożkowym powierzchniom na sąsiadujących kołach zębatych. Powierzchnie te tworzą sprzęgło cierne. Na zewnętrznej powierzchni piasty jest nacięty kolejny wielowypust, po którym przemieszcza się **tuleja przesuwna**. Kształt wewnętrznego wielowypustu tulei przesuwnej odpowiada zębom dodatkowych wąskich wienców sprzęgieł zębatych, wykonanych na obracających się z obu stron kołach zębatych. Tuleja przesuwna jest zablokowana na piastce za pomocą zatrzaśku, składającego się z kulki dociskanej do zagłębienia przez sprężynkę. Do przemieszczenia tulei przesuwnej w prawo lub lewo służą widełki osadzone w rowku naciętym na jej zewnętrznej powierzchni.

**Rys. 3 68**

Budowa prostego synchronizatora ciernego [28]

**Rys. 3 69**

Kolejne fazy działania prostego synchronizatora ciernego [71]

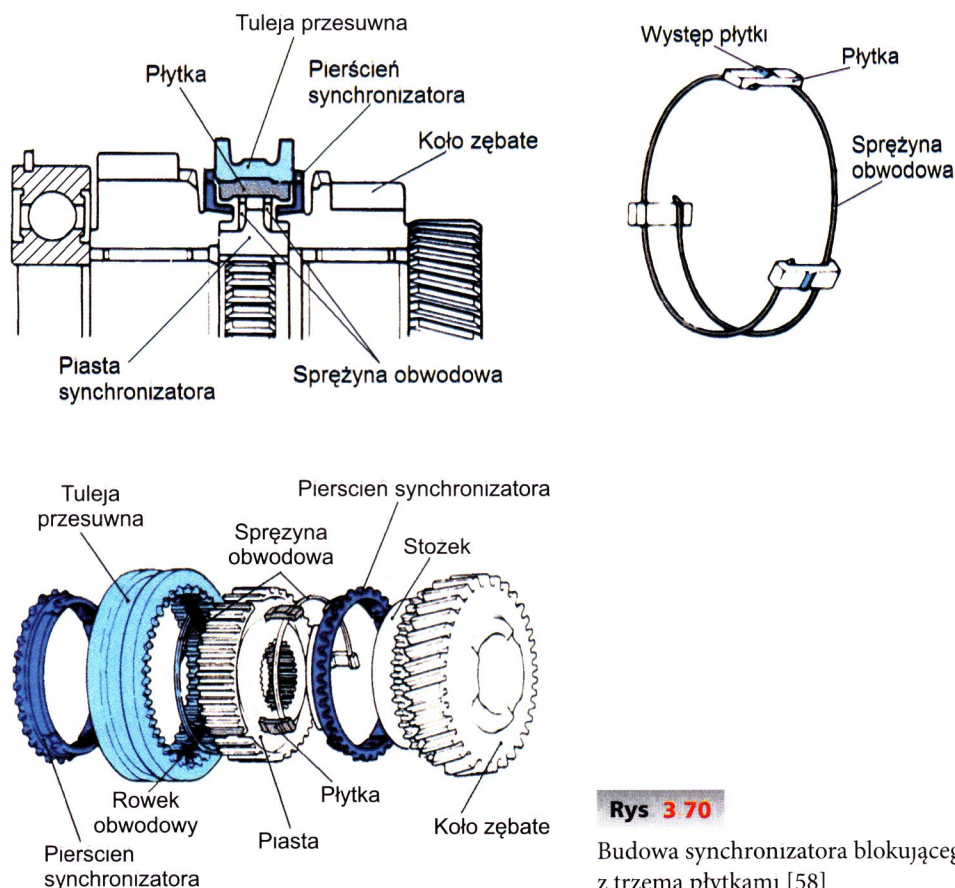
a – położenie neutralne
b – synchronizacja c – włączenie biegu

Fazy włączania biegu za pomocą synchronizatora prostego są następujące (rys. 3 69)

- **Położenie neutralne** – piasta i osadzona na niej tuleja przesuwczą są połączone ze sobą i z wałkiem głównym za pomocą wielowypustów, jeżeli nie jest włączony żaden bieg, elementy te nie obracają się, natomiast gdy któryś z biegów jest włączony, wałek obraca się z określoną prędkością obrotową, osadzone obrotowo na wałku po obu stronach koła zębatego są zazębione na stałe z odpowiednimi kołami wałka pośredniego i obracają się z różnymi prędkościami obrotowymi
- **Synchronizacja** – naciskając na dźwignię zmiany biegów, kierowca za pośrednictwem widełek przemieszcza tuleję przesuwczą wraz z piastą w kierunku obracającego się koła zębatego, docisnięcie do siebie powierzchni stożkowych piasty i koła zębatego powoduje powstanie momentu tarcia i wyrównanie prędkości obrotowych tych elementów
- **Włączenie biegu** – zwiększając dalej nacisk na dźwignię zmiany biegów, kierowca pokonuje siłę oporu kulkowego zatrzasku, co powoduje przesunięcie tulei przesuwcznej na piastę, wielowypust tulei przesuwcznej zazębia się z wieniec sprzęgła zębatego na kole, moment obrotowy z koła zębatego jest przenoszony za pośrednictwem zazębianej z nim tulei przesuwcznej na piastę i dalej na wałek główny

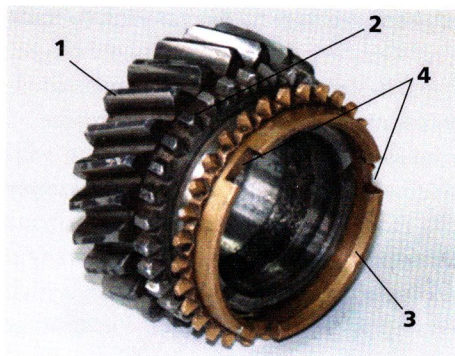
Obecnie synchronizatory proste są rzadko stosowane z uwagi na ich zasadniczą wadę polegającą na tym, że zbyt duża siła przyłożona przez kierowcę do dźwigni zmiany biegów powoduje pokonanie oporu zatrasku, a włączenie biegu następuje przed wyrównaniem prędkości obrotowych sprzęganych elementów. Wady tej nie mają **synchronizatory blokujące**.

Przykład rozwiązania konstrukcyjnego zabezpieczającego przed zbyt wczesnym włączeniem biegu bez wyrównanych prędkości obrotowych to **synchronizator blokujący z trzema płytkami**, przedstawiony na rysunku 3 70. Piasta synchronizatora jest osadzona przesuwnie na wielowypuszcze wałka, tuleja przesuwna podobnie, ale na zewnętrznym wielowypuszcze piasty. Piasta ma trzy rowki równoległe do osi wału. W każdym z nich znajduje się jedna z trzech płytek, które mają występ w środkowej części. Piasta wraz z płytkami jest umieszczona wewnątrz tulei przesuwniej. W pozycji neutralnej płytki, dociskane sprężynami obwodowymi, znajdują się wewnątrz obwodowego rowka naciętego na wewnętrznej powierzchni tulei przesuwniej. Pierścień synchronizatora jest umieszczony pomiędzy piastą a stożkiem koła zębatego. Stożkowa wewnętrzna powierzchnia pierścienia ma nacięte płytkie rowki, które ułatwiają wycisnięcie warstwy oleju pomiędzy obu ciernych powierzchni. Wzmacnia to efekt tarcia i przyspiesza proces synchronizacji. Na zewnętrznej powierzchni pierścienia są wycięte trzy gniazda, w które podczas sprzęgania wchodzi płytka.



Rys 3 70

Budowa synchronizatora blokującego z trzema płytkami [58]

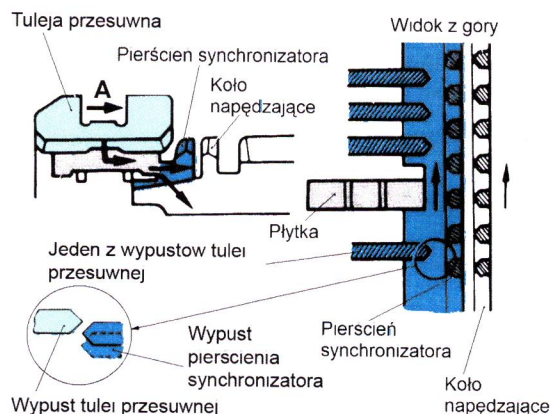
**Rys. 3 71**

Koło zębate z synchronizatorem

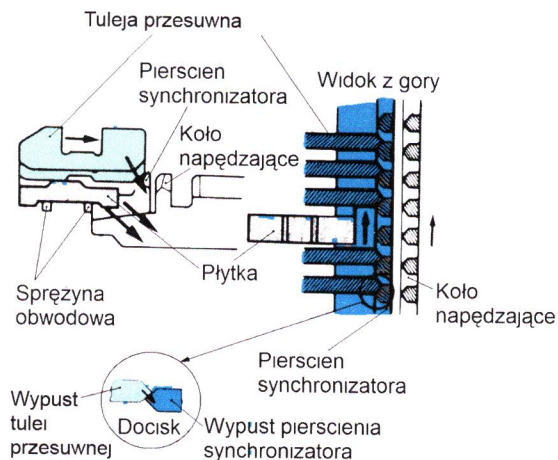
1 – koło zębate osadzone obrotowo na wałku
2 – wieniec sprzęgła zębatego (na kole) zazębiający się z tuleją przesuwaną 3 – pierścień synchronizatora
4 – gniazda

Zasada działania tego synchronizatora jest następująca (rys 3 72 do 3 74)

- **Pozycja neutralna** – koła zębate zazębione na stałe z odpowiednimi kołami napędzającymi są łożyskowane na wałku i obracają się swobodnie, piasta synchronizatora jest połączona wielowypustami z tuleją przesuwaną oraz wałkiem, znajdujący się między piastą a kołem zębatym pierścień synchronizatora może obracać się swobodnie
- **Początek synchronizacji** – następuje w chwili, gdy kierowca zaczyna naciskać na dźwignię zmiany biegów, widełki przesuwają tuleję przesuwaną w kierunku A (rys 3 72), ponieważ występy płytek są docisnięte sprężynami obwodowymi do wewnętrznego rowka tulei przesuwnej, jej ruch jest przenoszony przez płytki zgodnie ze strzałkami pokazanymi na rysunku, płytki te z kolei dociskają pierścień synchronizatora do stożkowej części koła zębatego, rozpoczynając wyrownywanie prędkości obrotowych, różnica prędkości obrotowej tulei przesuwnej i koła zębatego oraz tarcie pomiędzy pierścieniem synchronizatora a stożkową częścią koła zębatego powodują obrocenie pierścienia o kąt odpowiadający luzowi płytki w gnieździe pierścienia
- **Dalsza synchronizacja** – następuje w czasie, gdy siła przyłożona do tulei przesuwnej przekracza siłę sprężyn obwodowych i tuleja zostanie wciśnięta na występy płytek, tuleja silniej dociska pierścień do stożka koła zębatego, doprowadzając do wyrownania prędkości obrotowych, wielowypust tulei przesuwnej styka się z wielowypustem pierścienia i wywiera na niego nacisk, zablokowana w ten sposób tuleja przesuwana jest zabezpieczona przed dalszym nasunięciem na wielowypust koła zębatego

**Rys. 3 72**

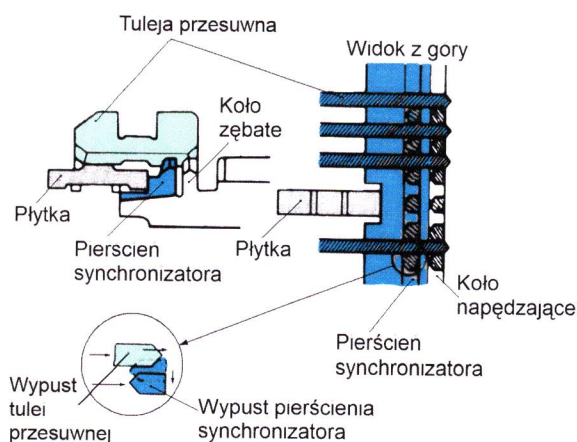
Zasada działania synchronizatora blokującego – początek synchronizacji [58]



Rys 3.73

Zasada działania synchronizatora blokującego – dalsza synchronizacja [58]

- **Zakończenie synchronizacji i włączenie biegu** – następuje po wyrównaniu prędkości obrotowych tulei przesuwnej i koła zębatego, wówczas pierścien synchronizatora zaczyna obracać się swobodnie, zgodnie z kierunkiem obrotów koła i wielowypust tulei przesuwnej zazębia się z wielowypustem pierścienia, a następnie wielowypustem koła zębatego, nasuwanie tulei ułatwiają skosnie sfazowane czołowe powierzchnie zębów wpustów, po włączeniu biegu moment obrotowy jest przenoszony z koła zębatego poprzez nasuniętą na niego tuleję przesuwную i dalej, za pomocą wielowypustów, na piastę i wałek skrzynki biegów

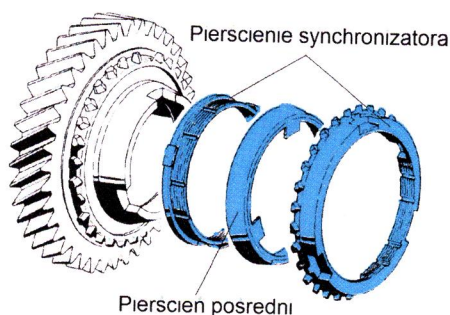


Rys. 3.74

Zasada działania synchronizatora blokującego – zakończenie synchronizacji i włączenie biegu [58]

Podczas włączania niższych biegów masy sprzęganych elementów są większe niż na biegach wyższych, co powoduje większe momenty tarcia i większe opory. Aby przełączanie wszystkich biegów odbywało się lekko i łatwo, synchronizatory niskich biegów mają zwiększoną liczbę stożkowych powierzchni ciernych, uczestniczących w wyrównaniu prędkości obrotowych (patrz rys. 3.75). Zastosowanie **synchronizatorów wielostozkowych** zmniejsza siłę niezbędną do włączenia biegu oraz zwiększa ich trwałość.

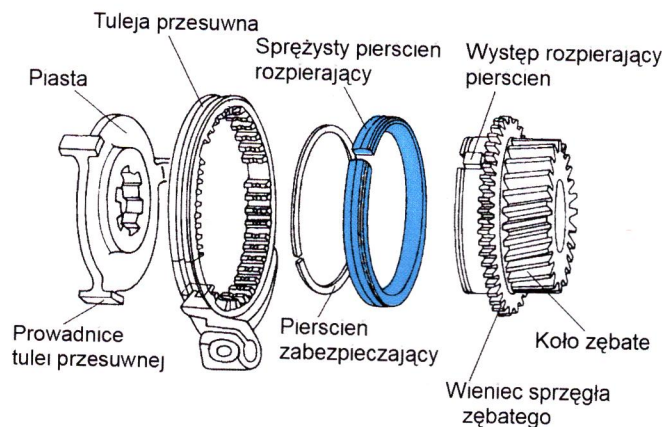
W samochodach ciężarowych, eksploatowanych w trudnych warunkach, można spotkać **synchronizatory blokujące typu sworznioowego**.



Rys 3.75

Przykład synchronizatora trzystozkowego [68]

Jeszcze innym rozwiązaniem jest skonstruowany w firmie Porsche **synchronizator progresywny**, ze wspomaganie siły docisku. Składa się on ze sprężystego pierścienia osadzonego na walcowej części koła zębatego. W rozcięcie pierścienia wchodzi występ koła przenoszący moment obrotowy. Przesuwanie tulei przesuwnej powoduje powstanie momentu tarcia pomiędzy wewnętrznymi powierzchniami stożkowych prowadnic piasty i zewnętrzną powierzchnią pierścienia sprężystego. Na skutek wzrostu siły przenoszonej przez występ koła pierścien rozpręża się, powodując coraz większy docisk do wewnętrznych powierzchni prowadnic piasty. W ten sposób następuje samoczynny wzrost siły tarcia synchronizatora.



Rys 3.76

Synchronizator progresywny firmy Porsche ze wspomaganie siły docisku [80]

Mechanizm zmiany biegów

W większości pojazdów wyposażonych w mechaniczne skrzynki biegów kierowca ręcznie przełącza poszczególne biegi. Coraz częściej jednak stosuje się skrzynki automatyzowane lub półautomatyczne, w których kierowca tylko wybiera bieg, a jego włączenie odbywa się automatycznie.

Ręczny mechanizm zmiany biegów służy do przeniesienia siły przyłożonej przez kierowcę do dźwigni zmiany biegów na widełki przełączające, działające na przesuwne elementy w skrzynce biegów. Składa się on z dwóch części:

- mechanizmu zewnętrznego, łączącego dźwignię zmiany biegów ze skrzynką,
- mechanizmu wewnętrznego, znajdującego się w skrzynce biegów