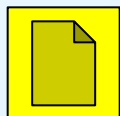




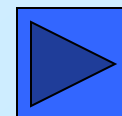
Mechanizm różnicowy

opracowanie mgr inż. Ireneusz Kulczyk

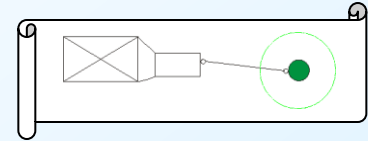
Zespół Szkół Samochodowych w Bydgoszczy – 2011 – 2012 – 2018 – 2020



Sprawdziany

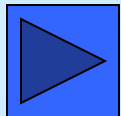
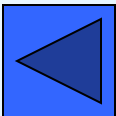


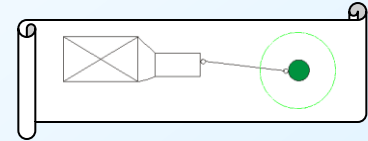
Wykład



Mechanizm różnicowy rozdziela równo moment obrotowy na półosie napędowe i umożliwia toczenie się kół mostu napędowego z różnymi prędkościami obrotowymi.

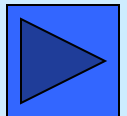
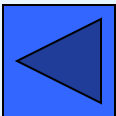
Wielkość przekazywanego momentu obrotowego określa to koło, które ma słabszą przyczepność. Podczas ruchu pojazdu na zakręcie lub w innych okolicznościach, napędzane koła jezdne tej samej osi pokonują drogę o różnej długości.

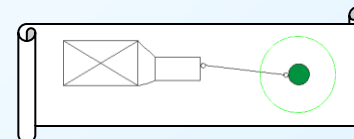




Warunki, w jakich pracuje mechanizm różnicowy

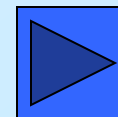
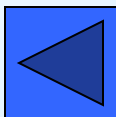
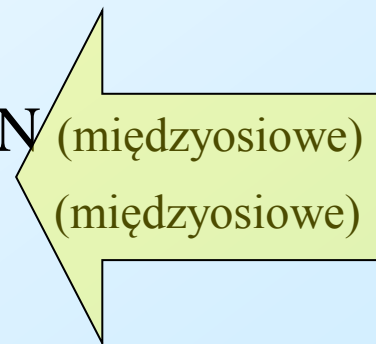
- na łuku drogi
- korekty toru jazdy (chwilowy łuk drogi)
- jazda po nierównościach różnych dla obu stron pojazdu
- przy różnej średnicy kół (różnica zużycia ogumienia)
- przy różnym ciśnieniu powietrza w ogumieniu
- przy różnej przyczepności podłoża
- podczas hamowania z nierównymi siłami hamującymi

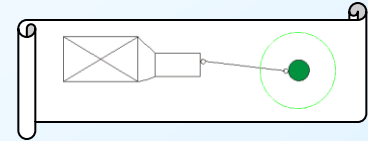




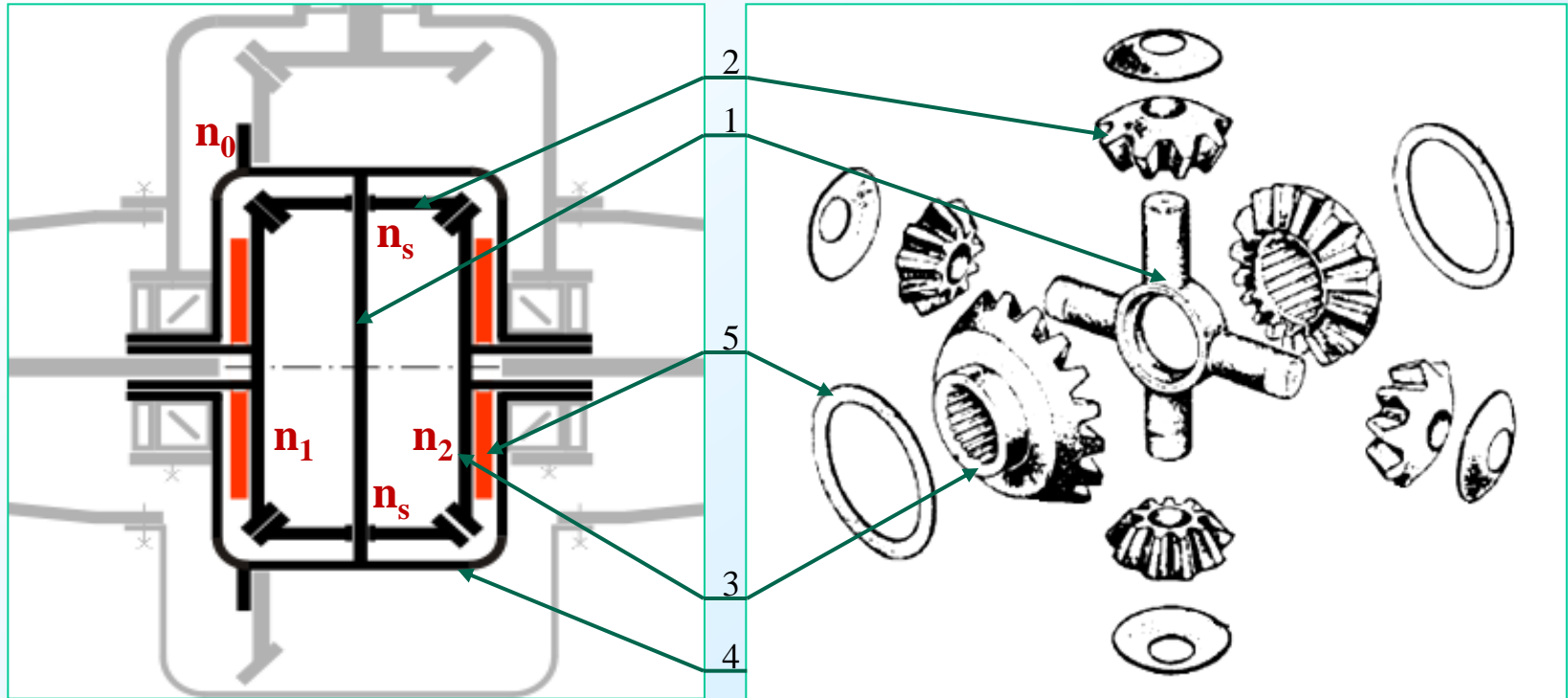
**Ze względu na rodzaj zastosowanych kół zębatych
rozdziela się mechanizmy różnicowe:**

- stożkowe
- walcowe
- ślimakowo-walcowe **TORSEN** (międzyosiowe)
- czołowe
- planetarne

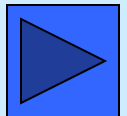
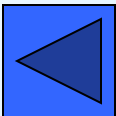


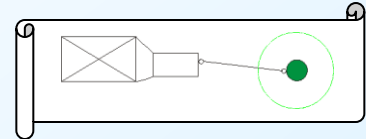


Mechanizm różnicowy stożkowy - budowa

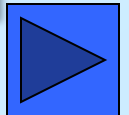
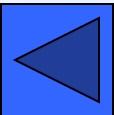
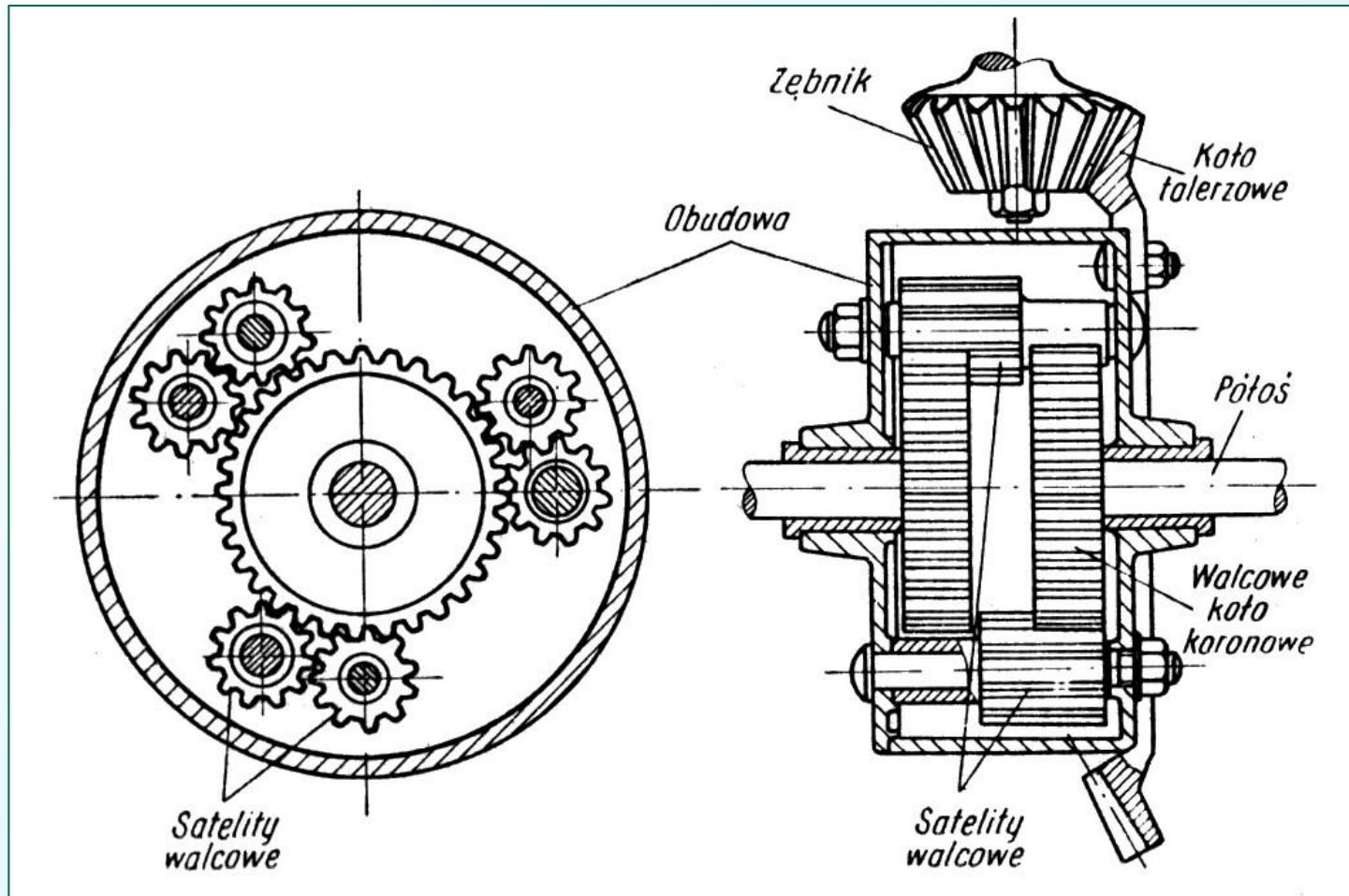


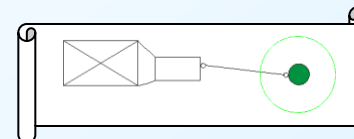
- 1 – oś lub krzyżak satelitów
- 2 – satelit
- 3 – koło koronowe
- 4 – obudowa mechanizmu różnicowego (kosz satelitów)
- 5 – podkładka ślizgowa





Mechanizm różnicowy walcowy

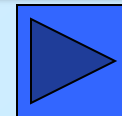
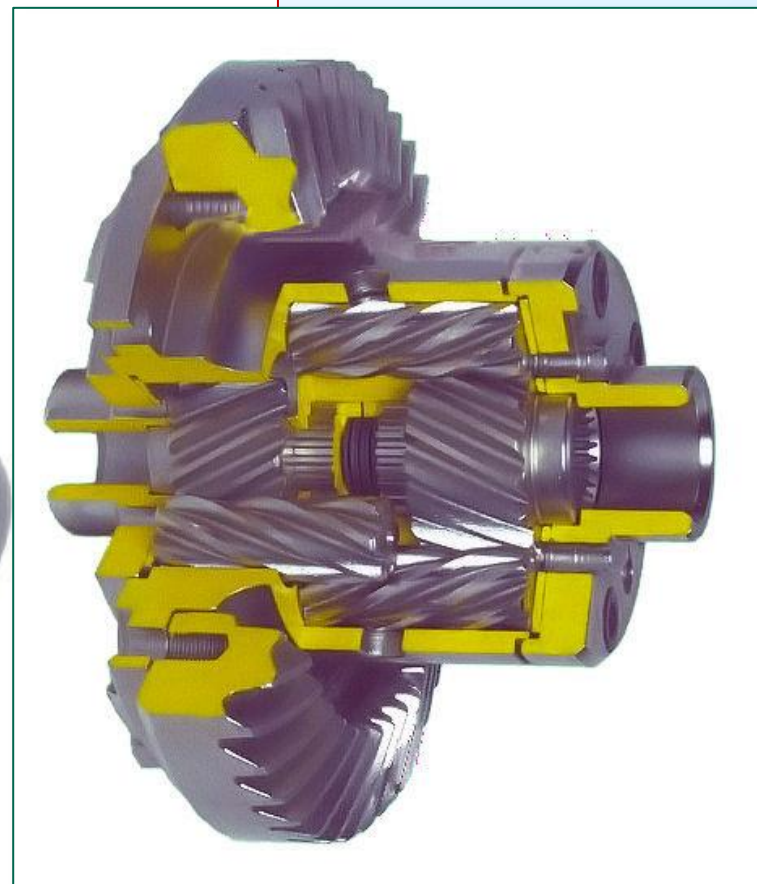


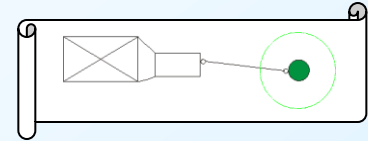


Mechanizm różnicowy walcowy



Toyota 4Runner

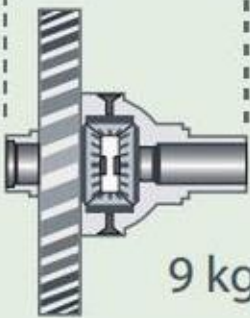



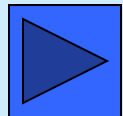
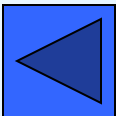


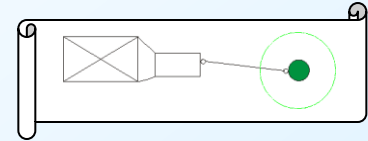
Planetarny mechanizm różnicowy



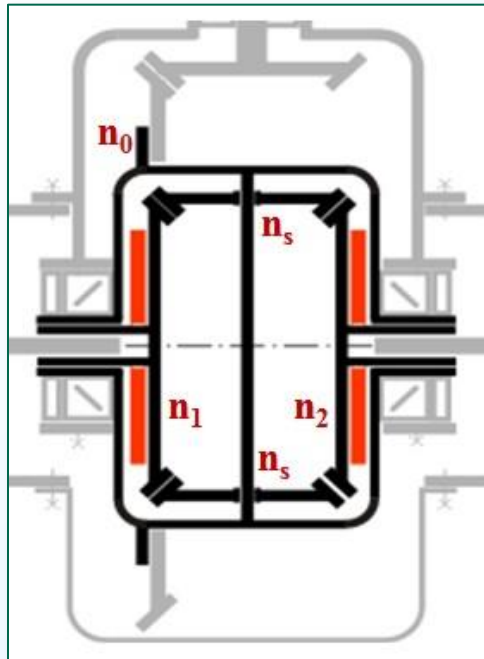
NIŻSZA WAGA I WIĘCEJ MIEJSCA

Tradycyjny mechanizm różnicowy	Nowy mechanizm różnicowy
	
9 kg	6 kg
	70% więcej miejsca





Mechanizm różnicowy – zasada działania – na przykładzie stożkowego



Jeżeli obydwa koła koronowe połączone półosiami z kołami jezdnyymi obracają się z taką samą prędkością, wówczas satelity nie obracają się wokół swojej osi i mówimy, że MR nie pracuje.

Jeżeli na zakręcie lub z innej przyczyny prędkość obrotowa jednego z kół koronowych wzrośnie, osiągając wartość n_1 większą niż prędkość obrotowa n_0 obudowy mechanizmu różnicowego obracającej się wraz z kołem napędzanym przekładni głównej i osią satelitów, to nastąpi obrót satelitów wokół ich osi o wartość n_s co spowoduje, że prędkość obrotowa n_2 drugiego koła koronowego zmniejszy się o taką samą wartość, o jaką wzrosła prędkość obrotowa pierwszego koła koronowego.

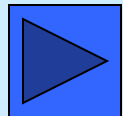
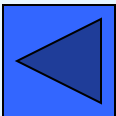
Oznaczając zmianę prędkości obrotowej kół koronowych względem prędkości obrotowej obudowy przez Δn można zapisać równania prędkości obydwu kół koronowych:

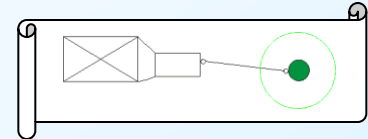
$$n_1 = n_0 + \Delta n$$

$$n_2 = n_0 - \Delta n$$

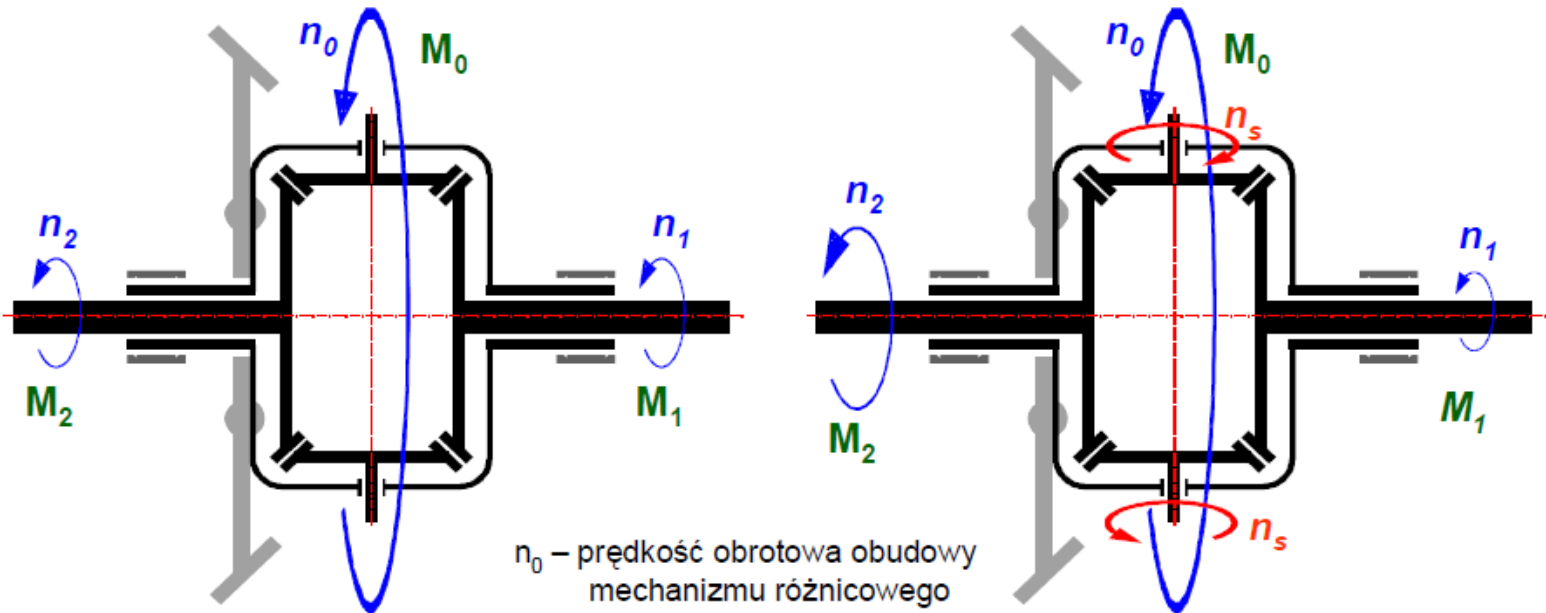
Stąd:

$$n_1 + n_2 = 2n_0$$





Mechanizm różnicowy stożkowy – zasada działania



Jazda po prostej

(oba koła obracają się z tą samą prędkością)

$$n_1 = n_2 = n_0 \quad (\text{a więc } n_1 + n_2 = 2n_0)$$

satelity nie obracają się wokół własnych osi

$$n_s = 0$$

$$M_1 + M_2 = M_0$$

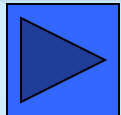
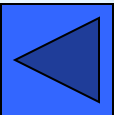
Jazda po łuku

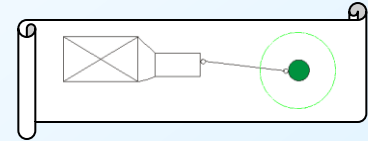
(oba koła obracają się z różną prędkością)

$$n_1 < n_2 \quad (\text{ale nadal } n_1 + n_2 = 2n_0)$$

satelity obracają się wokół własnych osi

$$n_s \neq 0$$





Mechanizm różnicowy – moment obrotowy

W rzeczywistych warunkach pracy pewna część momentu obrotowego M_0 musi zostać przeznaczona na pokonanie oporów tarcia między zębami satelitów i kół koronowych oraz łożyskowania elementów mechanizmu różnicowego (tzw. opory tarcia wewnętrznego).

Stąd równanie momentów dla rzeczywistych warunków pracy (czyli gdy półosie obracają się z różnymi prędkościami) ma postać:

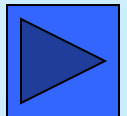
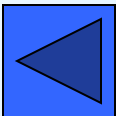
$$M_0 - M_1 - M_2 = M_t$$

M_0 – moment obrotowy doprowadzony do obudowy mechanizmu różnicowego

M_1, M_2 – momenty obrotowe uzyskane na lewym i prawym wyjściu z mechanizmu różnicowego

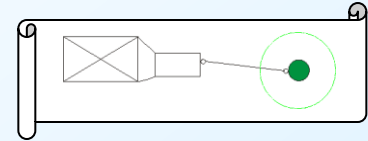
M_t – moment obrotowy użyty na pokonanie oporów tarcia wewnętrznego w mechanizmie różnicowym

Mechanizm różnicowy zacznie działać (tzn. rozdzielać moment na obie strony odpowiedni do prędkości obrotowych kół) dopiero po pokonaniu oporów tarcia wewnętrznego.





Układ napędowy – mechanizmy różnicowe



Uwzględniając moment tarcia mechanizmu różnicowego M_t , momenty M_1 , M_2 na półosiach można określić wzorami:

$$M_1 = 0,5 M_0 + M_t$$

$$M_2 = 0,5 M_0 - M_t$$

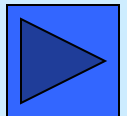
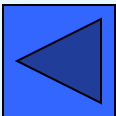
Odejmując od siebie te wyrażenia otrzymamy:

$$M_1 - M_2 = 2M_t$$

M_0 – moment obrotowy doprowadzony do obudowy mechanizmu różnicowego [Nm]

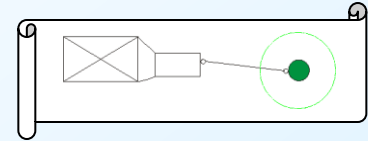
M_1 , M_2 – momenty obrotowe przenoszone przez jedną i drugą półoś napędową [Nm]

M_t – moment obrotowy użyty na pokonanie oporów tarcia wewnętrznego w mechanizmie różnicowym





Układ napędowy – mechanizmy różnicowe



Różnica momentów między kołami mostu napędowego nie może przekroczyć podwójnej wartości wewnętrznego momentu tarcia mechanizmu różnicowego. Oznacza to, że w razie poślizgu jednego z kół mostu, do drugiego zostaje doprowadzony jedynie niewielki moment, powiększony o również niewielką wartość $2M_t$. Moment taki nie wystarczy do uruchomienia samochodu.

Możliwa do wykorzystania siła napędowa na kołach jest ograniczona przyczepnością koła poruszającego się po nawierzchni o mniejszej przyczepności.

Stąd:

M_{\max} – maksymalny moment możliwy do wykorzystania w moście napędowym, który wynosi:

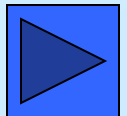
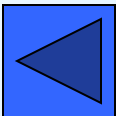
$$M_{\max} = M_{1,2\min} + 2M_t$$

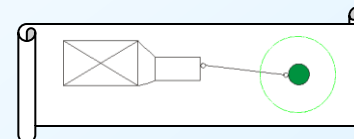
$M_{1,2\min}$ – Maksymalny moment obrotowy możliwy do uzyskania na kole o mniejszej przyczepności do chwili wpadnięcia koła w poślizg

M_t – moment obrotowy użyty na pokonanie oporów tarcia wewnętrznego w mechanizmie różnicowym

Zwykle mechanizmy różnicowe o małym tarcu wewnętrznym $M_t = 5 - 6\% M_0$

Mechanizmy różnicowe o zwiększonym tarcu wewnętrznym $M_t = 25, \mathbf{45}, 50, 75\% M_0$
(najczęściej)

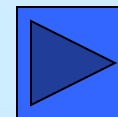
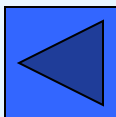


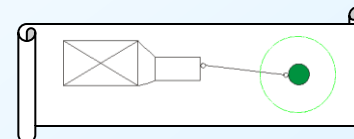


Blokowanie mechanizmu różnicowego

W celu polepszenia własności trakcyjnych samochodu i aby zapewnić jego ruch w warunkach sprzyjających poślizgowi kół, w mostach napędowych stosuje się następujące grupy rozwiązań konstrukcyjnych:

1. **Mechanizmy różnicowe z urządzeniami blokującymi** – powodujące wyłączenie mechanizmu różnicowego poprzez sztywne sprzęgnięcie kinematyczne obu półosi mostu napędowego;
2. **Mechanizmy różnicowe o zwiększonym tarciu wewnętrznym** – zwiększenie wartości oporów tarcia powoduje zwiększenie współczynnika blokowania mechanizmu różnicowego, aż do granicy uzyskiwanej przy osi sztywnej. Uzyskuje się to poprzez:
 - wielotarczowe sprzęgło cierne mokre
 - wielotarczowe sprzęgło lepkościowe (wiskotyczne)
 - sprzęgło lepkościowe sterowane elektronicznie, np. typu Haldex





Współczynnik blokowania mechanizmu różnicowego*

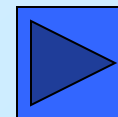
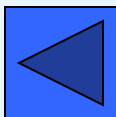
Stosunek momentów napędowych przenoszonych przez obie półosie, przy działającym mechanizmie różnicowym określa się wzorem:

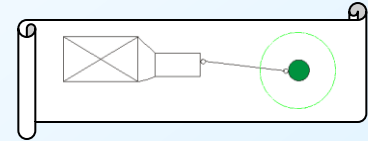
$$K = \frac{M_2}{M_1}$$

Współczynnik **K** nazywany jest współczynnikiem blokowania mechanizmu różnicowego, ponieważ określa stosunek momentów koła opóźnionego (M_2) do momentu przenoszonego przez koło przyspieszane (M_1), poniżej wartości którego następuje unieruchomienie, czyli blokowanie mechanizmu różnicowego.

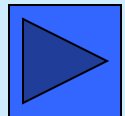
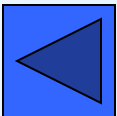
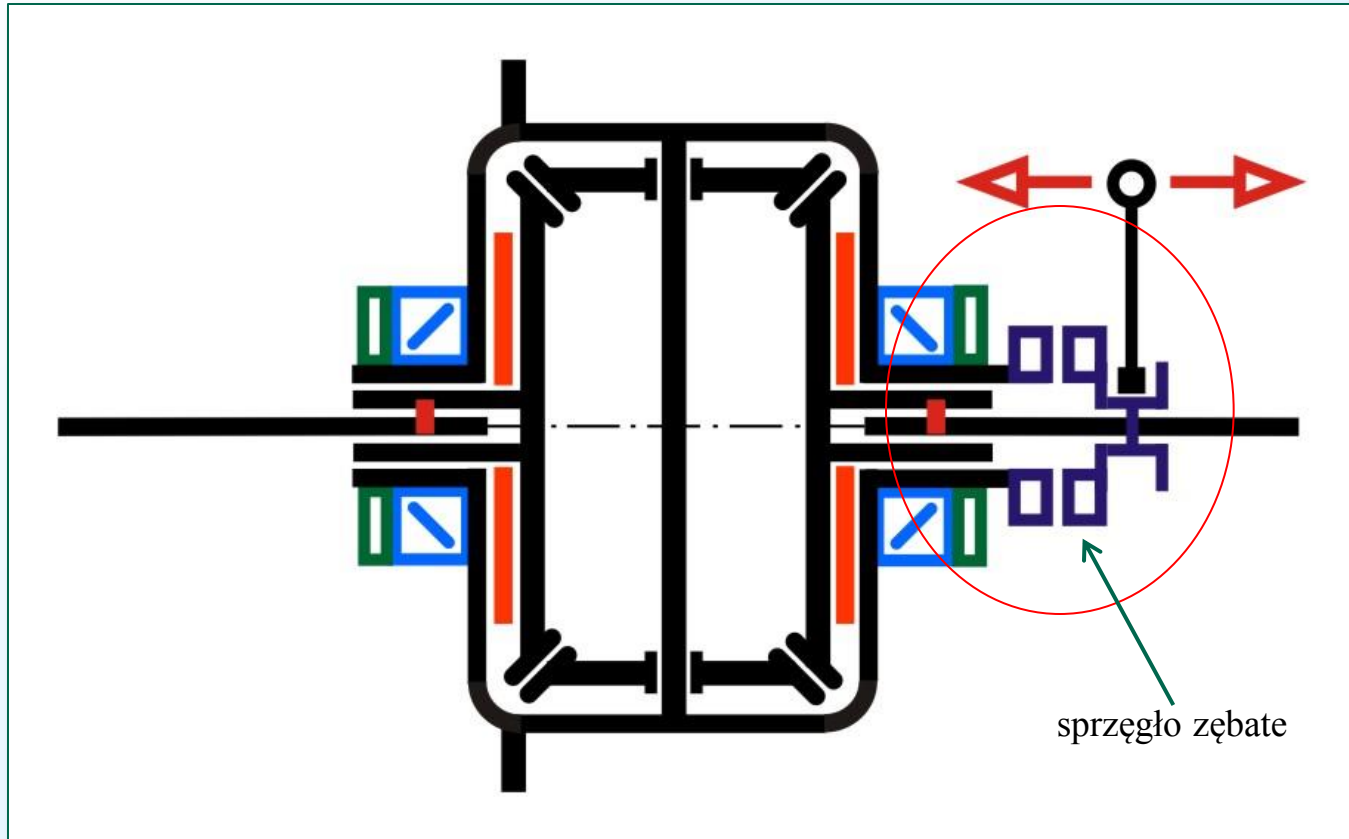
Typ mechanizmu różnicowego	Współczynnik blokowania K
z kołami zębatymi stożkowymi i czołowymi	1,08 – 1,2
z przesuwanymi osiami satelitów i sprzęgłami wielotarczowymi	4
z kołami zębatymi śrubowymi i ślimakowe (np. TorSen)	8 - 15

* K. Studziński – Samochód – teoria, konstrukcja, obliczanie - WKŁ 1980



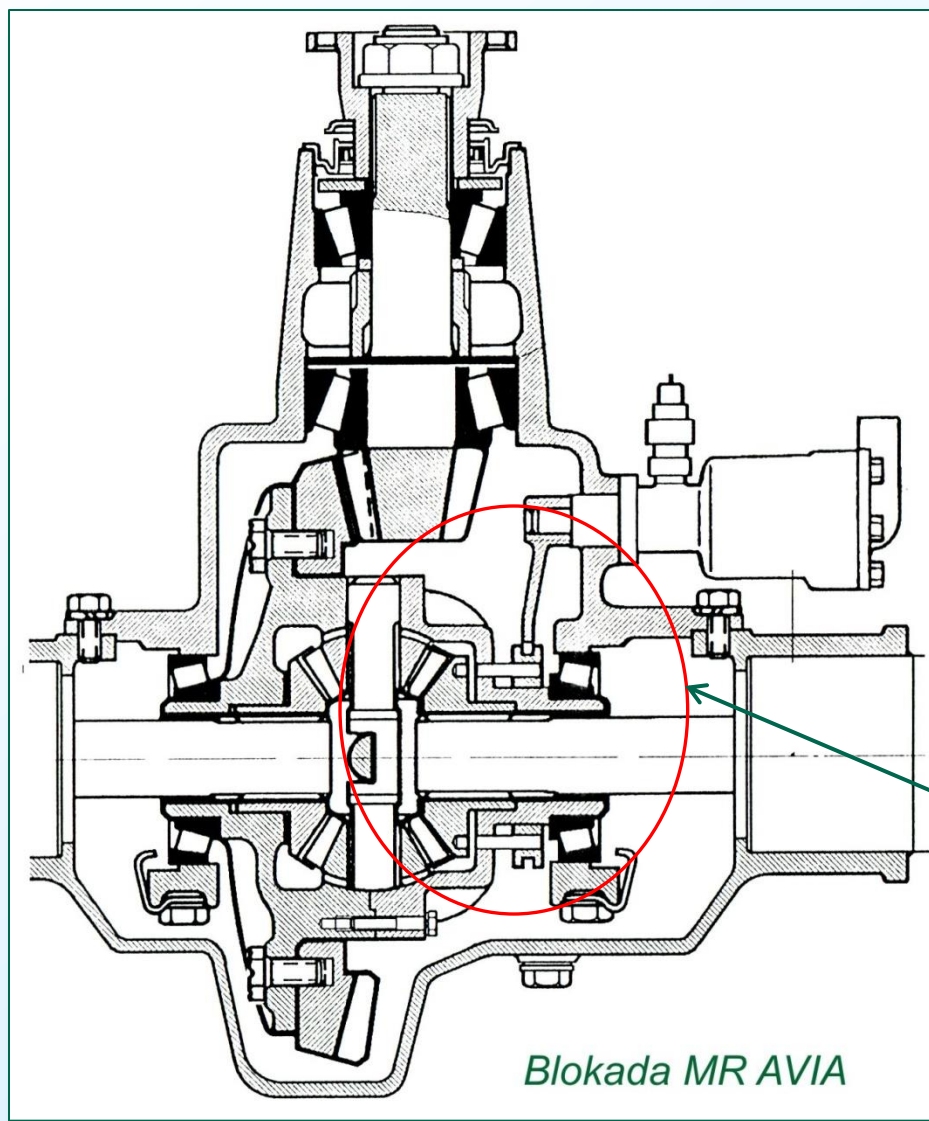
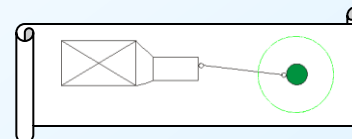


Blokada mechanizmu różnicowego



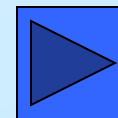
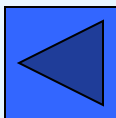


Układ napędowy – mechanizmy różnicowe



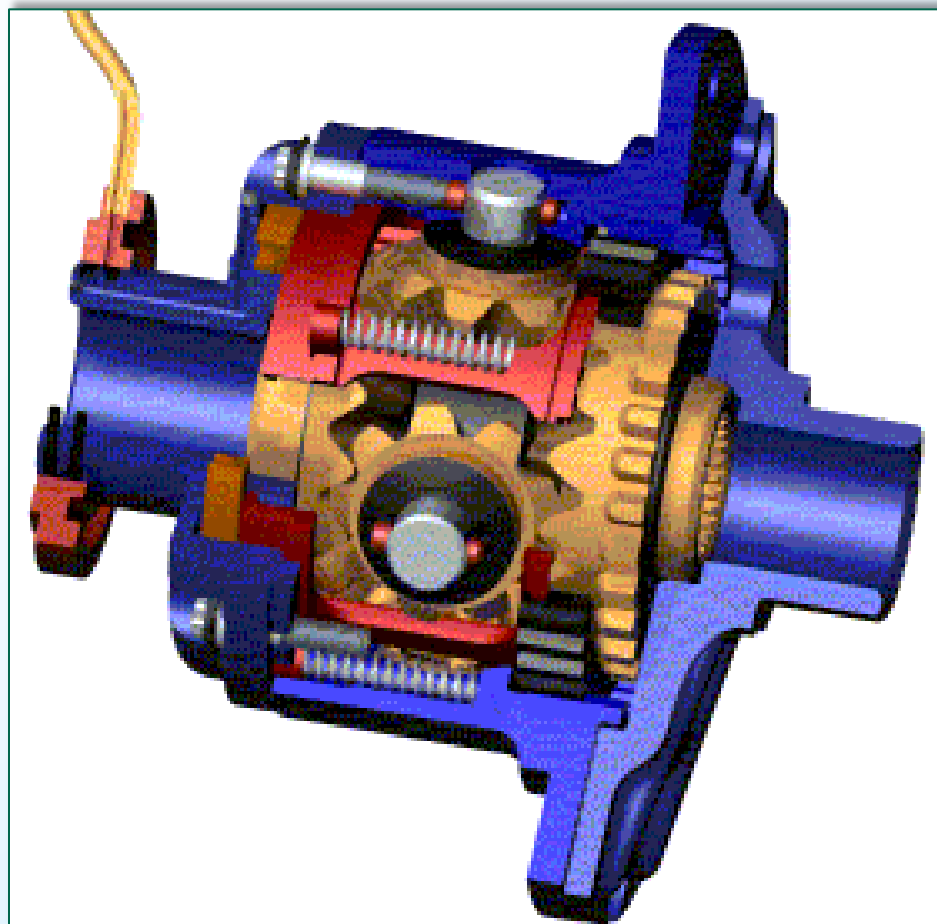
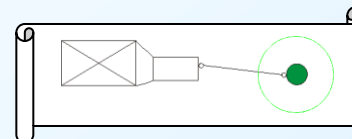
sprzęgło kłowe

Blokada MR AVIA

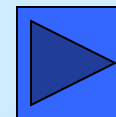
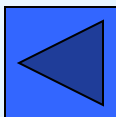


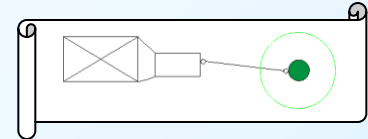


Układ napędowy – mechanizmy różnicowe



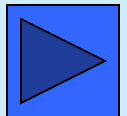
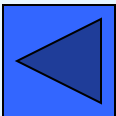
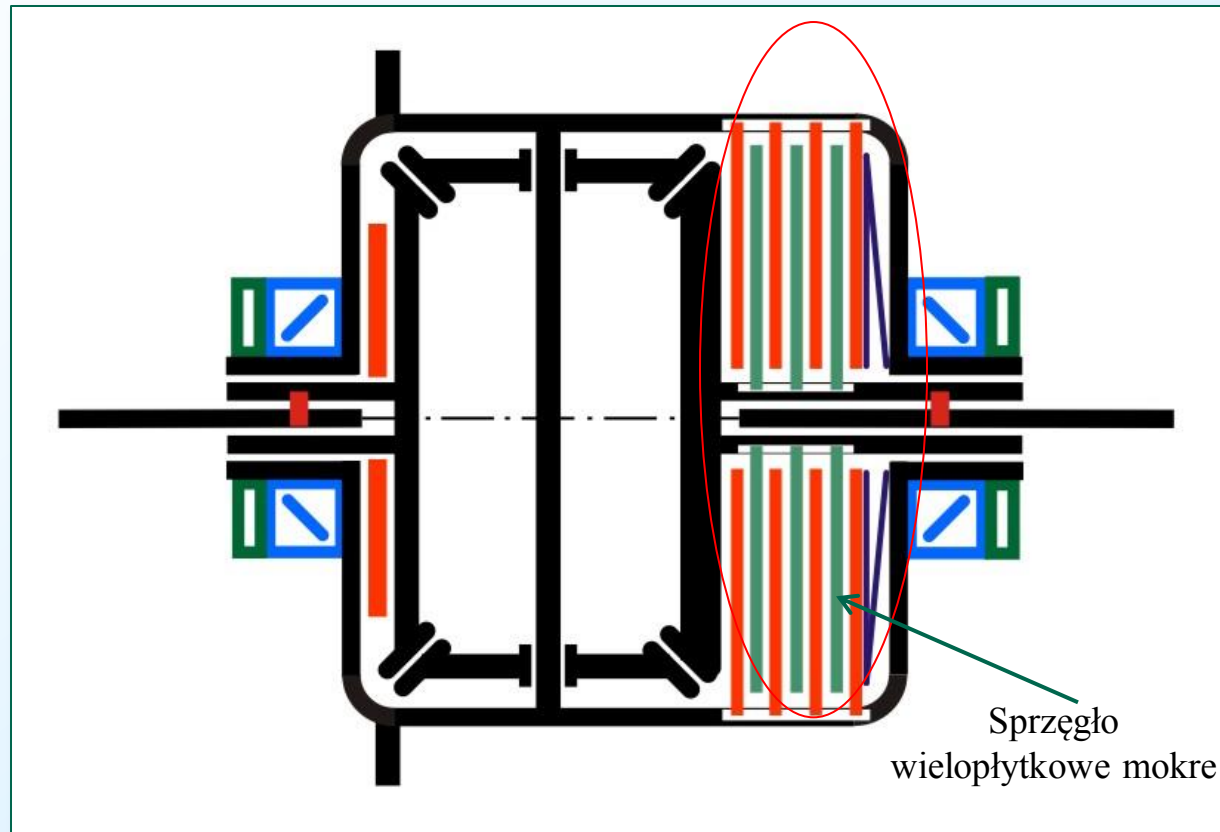
pneumatyczna blokada firmy ARB

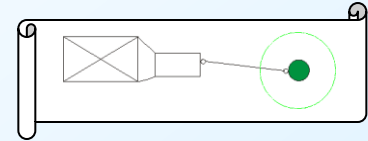




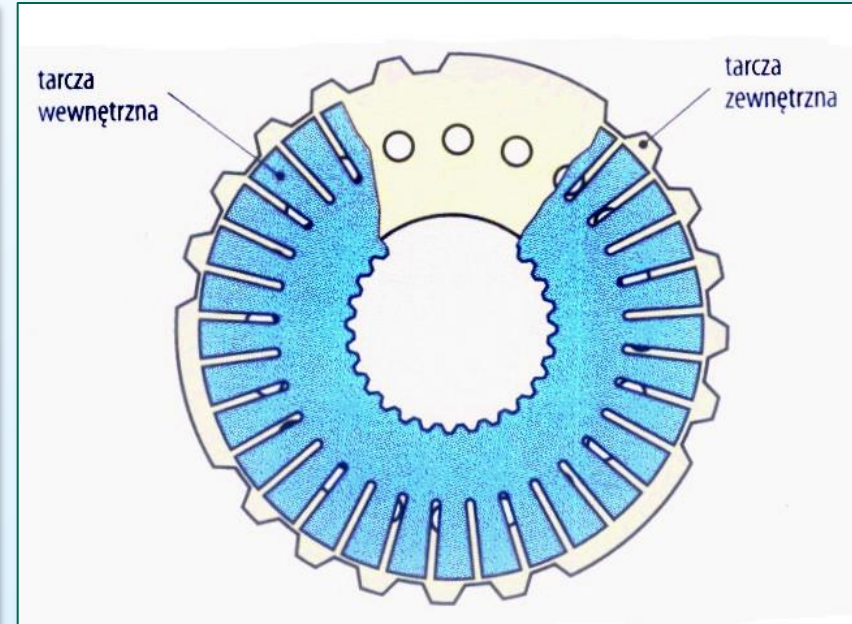
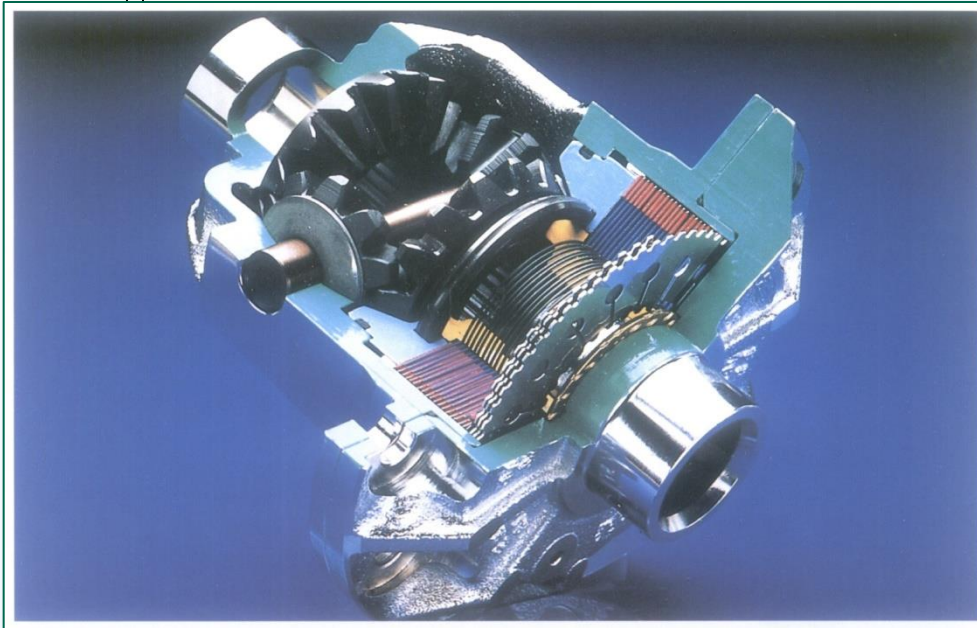
Mechanizm różnicowy o zwiększonym tarciu wewnętrznym ze sprzęgłem wielopłytkowym mokrym

LSD – Limited Slip Differential



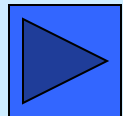
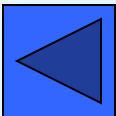


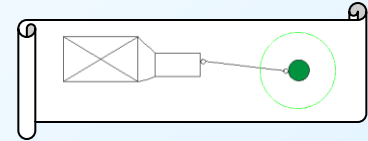
Mechanizm różnicowy o zwiększonym tarciu wewnętrznym ze sprzęgłem lepkościowym



Zastosowano w nim sprzęgło lepkościowe zbudowane z naprzemiennie zamocowanych tarcz stalowych:

- Tarcze związane z kołem koronowym mają promieniowe szczelinowe nacięcia
- Tarcze związane z obudową MR mają szereg otworów na ustalonej średnicy



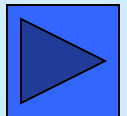
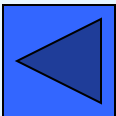


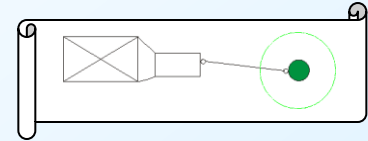
Mechanizm różnicowy o zwiększonym tarciu wewnętrznym ze sprzęgłem lepkościowym (wiskotycznym) **Zasada działania sprzęgła lepkościowego**

Przestrzeń otworów i szczelin promieniowych wypełniona jest częściowo olejem silikonowym. Ma on takie własności, że krzepnie do stanu stałego oraz zwiększa swoją objętość wraz ze wzrostem temperatury. Przy spadku temperatury przechodzi w stan płynny.

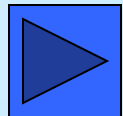
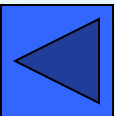
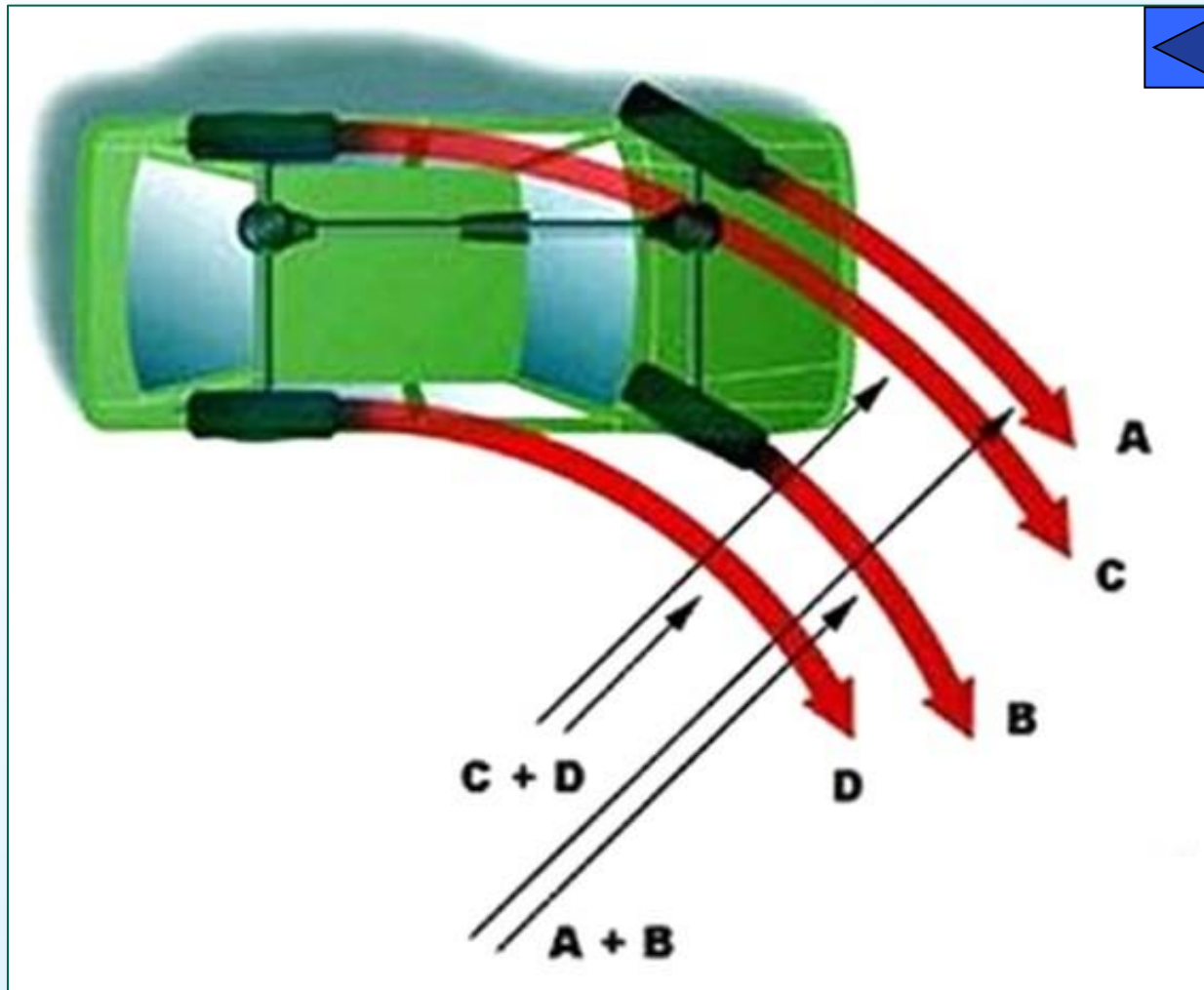
Gdy tarcze nie przemieszczają się względem siebie, blokowanie ich pracy to około 2%, przy wzroście różnicy prędkości tarcz blokowanie może osiągnąć wartość 98%. Olej ma niewielką bezwładność cieplną, tzn. szybko zmienia stan skupienia.

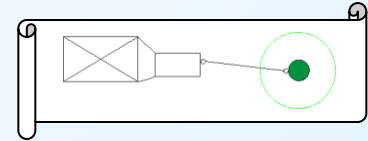
Sprzęgło lepkościowe jest hermetycznie oddzielone od pozostałych mechanizmów mostu napędowego.





Międzyosiowe mechanizmy różnicowe



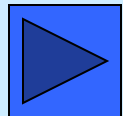
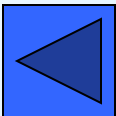


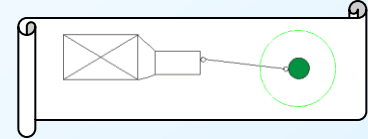
Międzyosiowe mechanizmy różnicowe

W pojazdach z napędem na więcej niż jedną oś stosuje się międzyosiowy mechanizm różnicowy. Rozdziela on równo lub w założonej konstrukcyjnie proporcji moment obrotowy na poszczególne osie pojazdu i umożliwia toczenie się kół mostów napędowych z różnymi prędkościami obrotowymi.

Proporcja rozdziału momentu obrotowego może być stała, lub zmienna w zależności od warunków ruchu pojazdu.

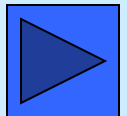
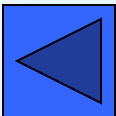
Każda napędzana oś posiada ponadto swój oddzielny mechanizm różnicowy.

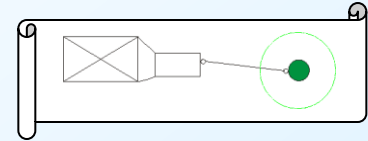




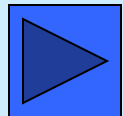
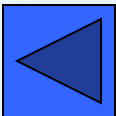
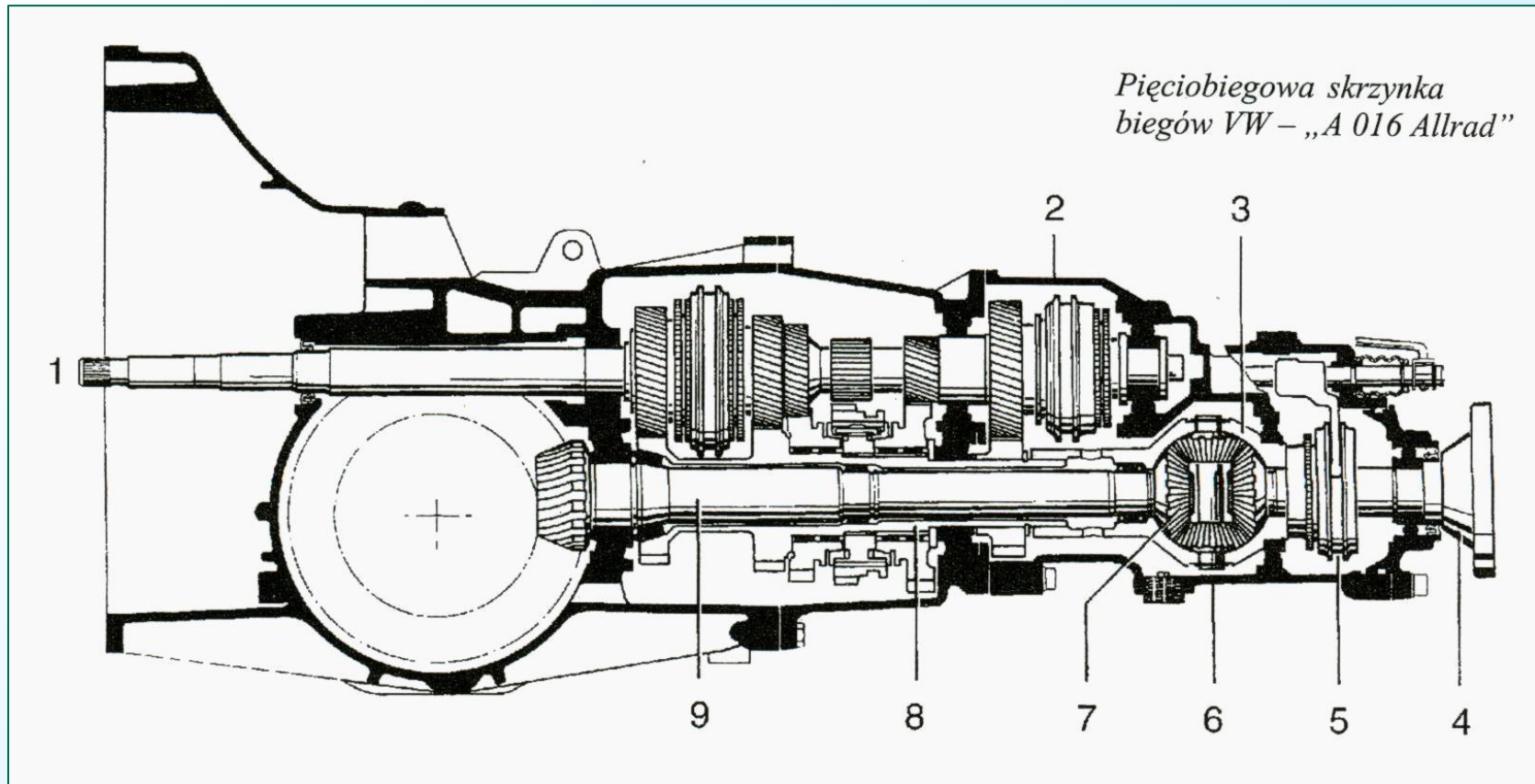
Ze względu na rodzaj zastosowanych kół zębatach, stosuje się jako międzyosiowe mechanizmy różnicowe między innymi przekładnie:

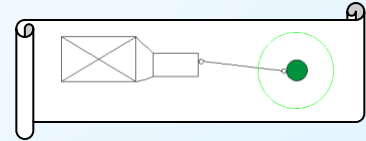
- stożkowe – rozdział momentu 50:50
- walcowe – rozdział momentu 50:50
- ślimakowo-walcowe TORSEN – 50:50
- czołowe – rozdział momentu niesymetryczny
- planetarne – rozdział momentu niesymetryczny
- Sprzęgła wielopłytkowe sterowane elektronicznie HALDEX



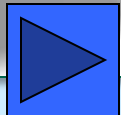
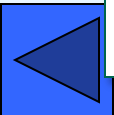
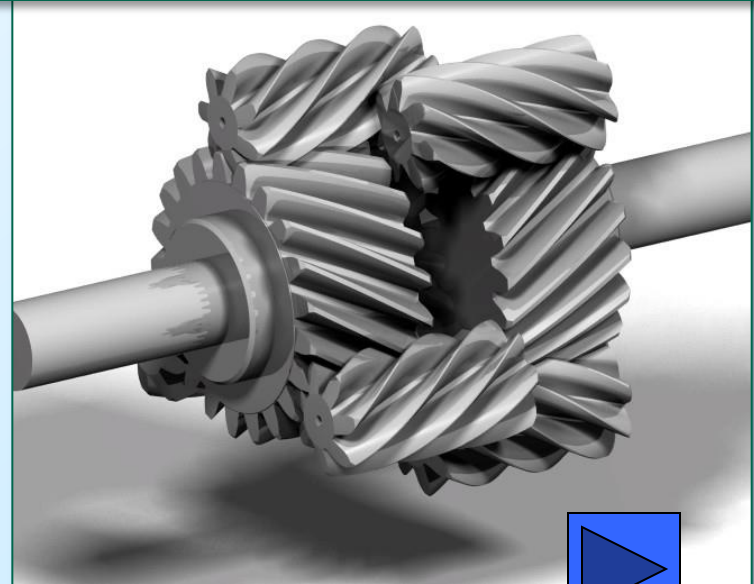
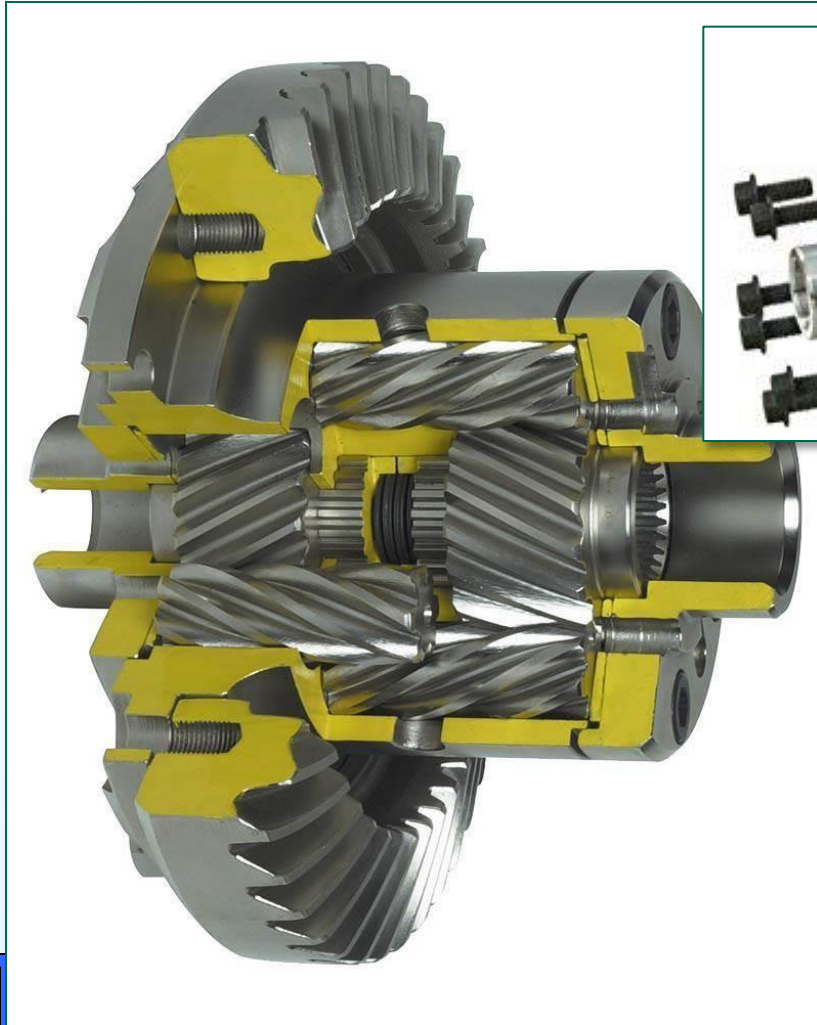


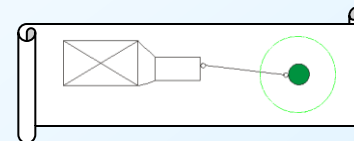
Stożkowy międzyosiowy mechanizm różnicowy





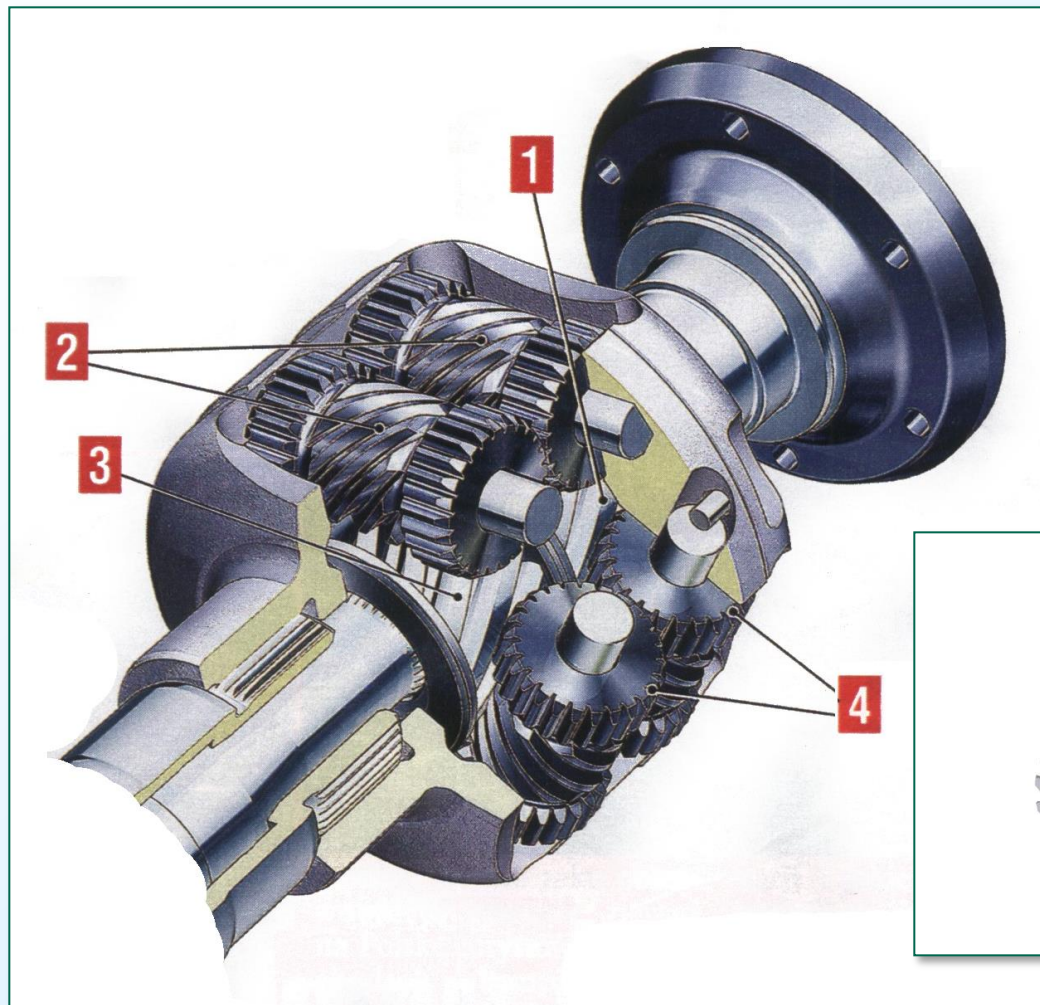
Walcowy międzyosiowy mechanizm różnicowy



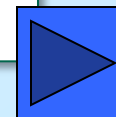
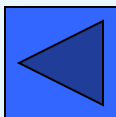


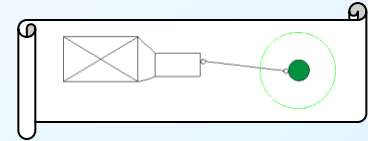
Mechanizm różnicowy ślimakowy TORSEN

TORque SENsing – czujący moment obrotowy



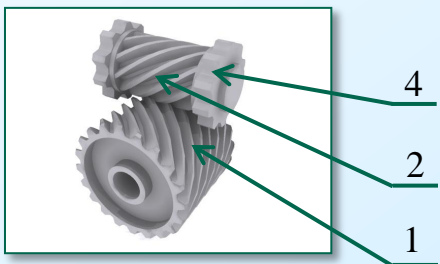
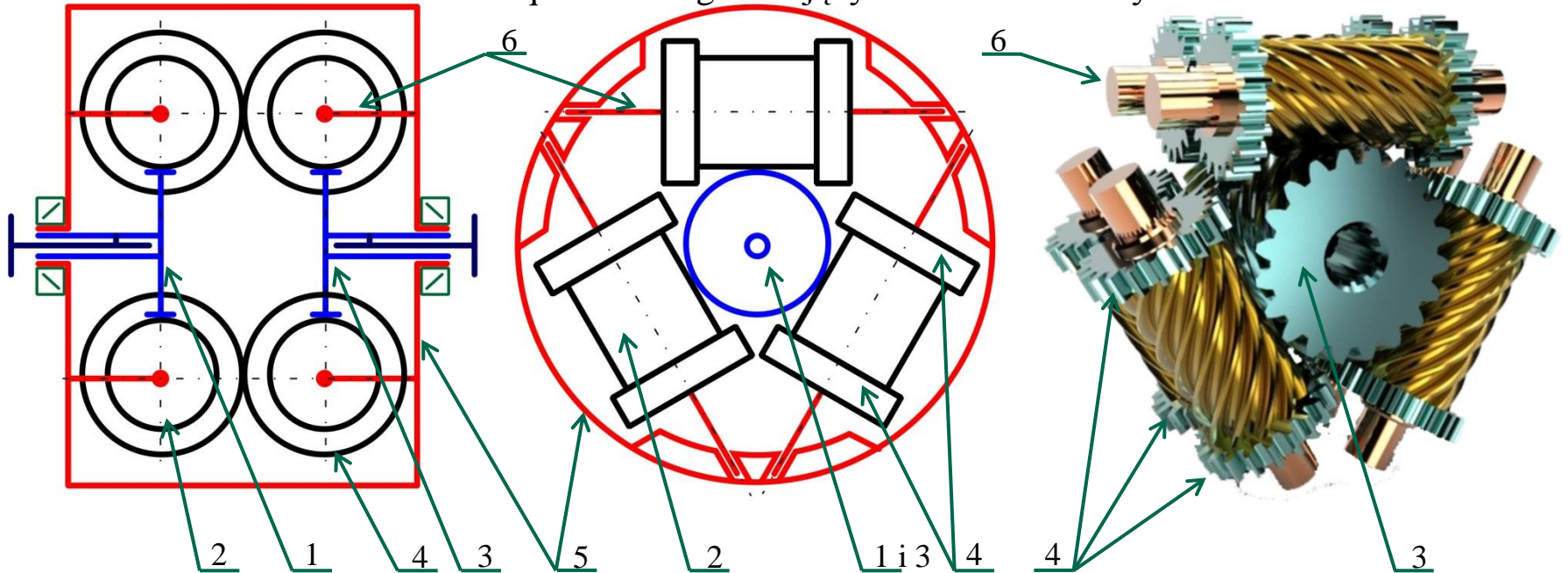
- 1 – ślimacznicą połączoną z półcią napędową lewą
- 2 – koła ślimakowe
- 3 – ślimacznicą połączoną z półcią napędową prawą
- 4 – koła planetarne



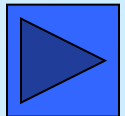
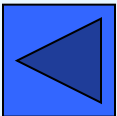


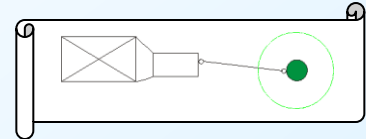
Mechanizm różnicowy ślimakowy TORSEN

TORque SENsing – czujący moment obrotowy



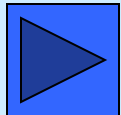
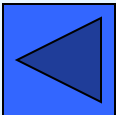
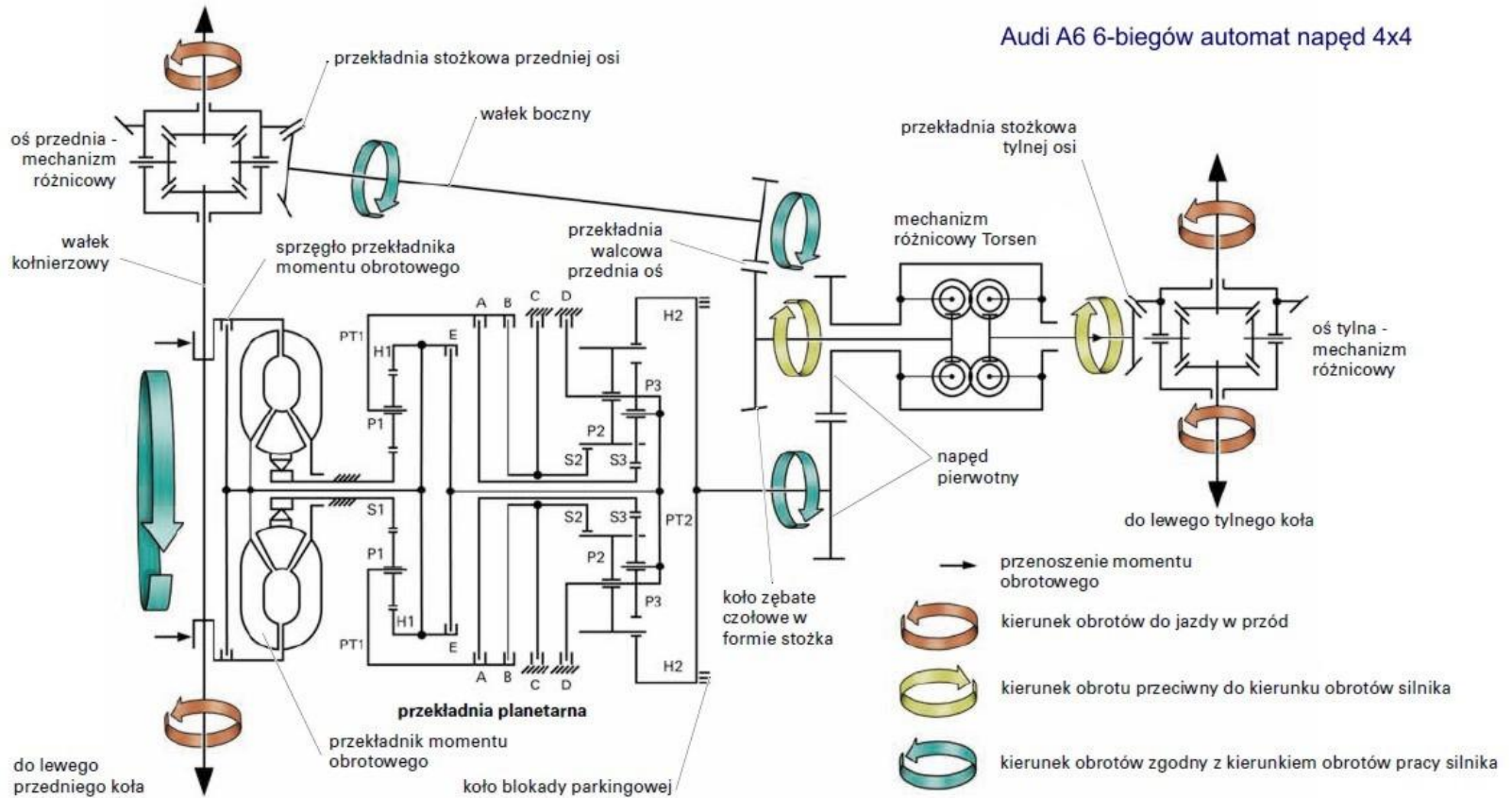
- 1 – ślimacznicą połączoną z półosią napędową lewą
- 2 – koła ślimakowe
- 3 – ślimacznicą połączoną z półosią napędową prawą
- 4 – koła walcowe planetarne
- 5 – obudowa
- 6 – osie kół ślimakowych i planetarnych

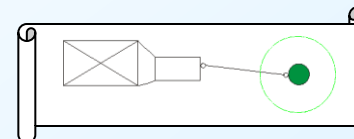




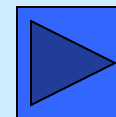
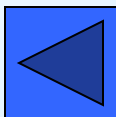
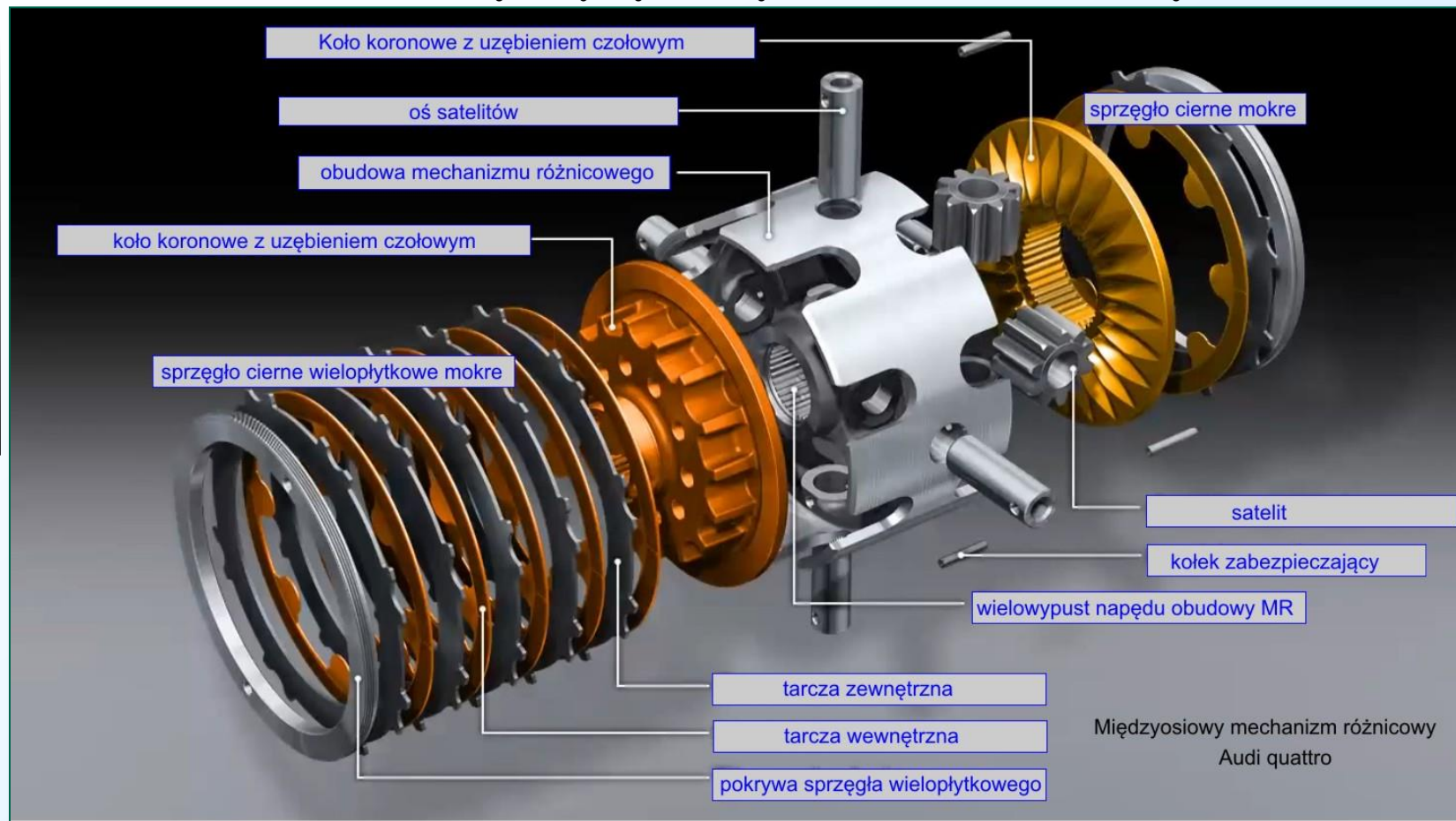
Ślimakowo-walcowy międzyosiowy mechanizm różnicowy TORSEN

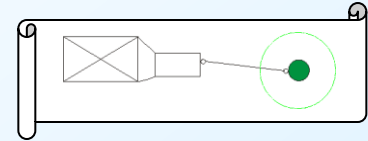
Charakterystyka momentu obrotowego / napęd na cztery koła



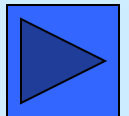
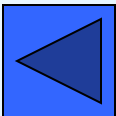
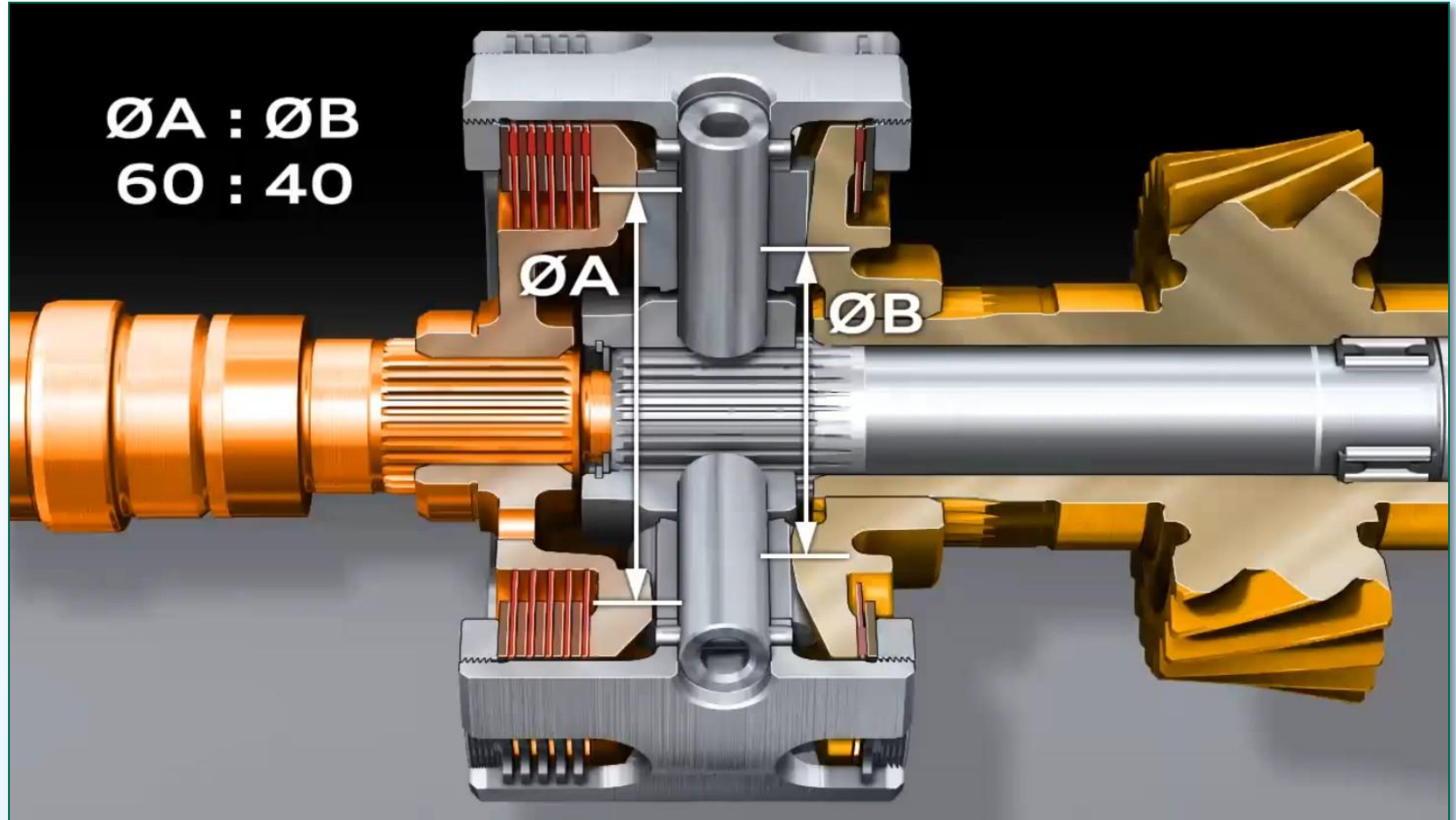


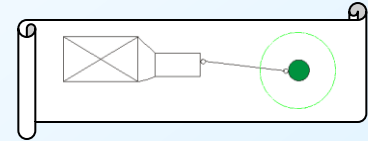
Czołowy międzyosiowy mechanizm różnicowy



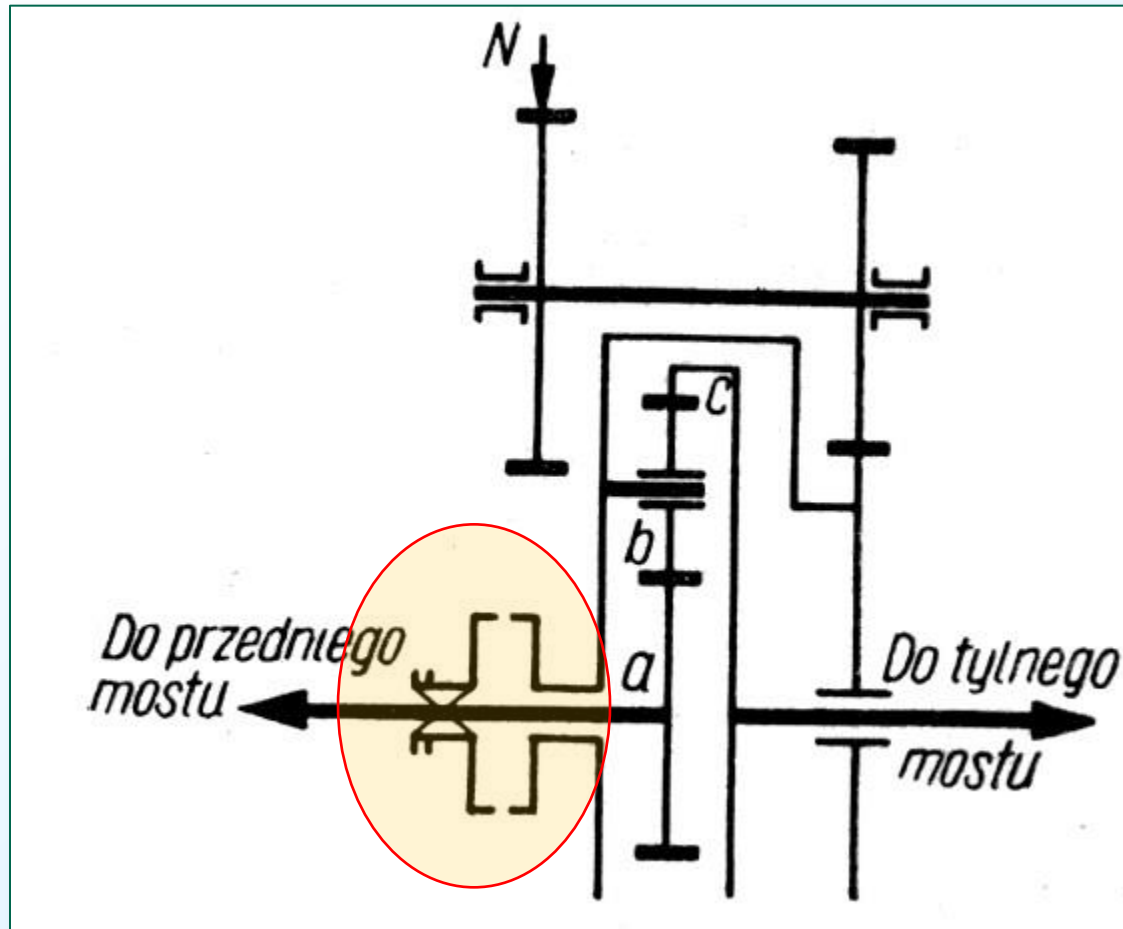


Czołowy międzyosiowy mechanizm różnicowy



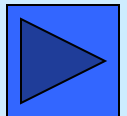
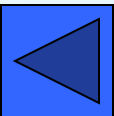


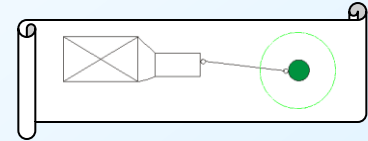
Planetarny międzyosiowy mechanizm różnicowy



Napęd wprowadzony na **jarzmo b**
Koło pierścieniowe c napędza oś tylną (ok. 60% M_o)
Koło słoneczne a napędza oś przednią (ok. 40% M_o)
Proporcja przekazywanego M_o zależy od liczby zębów kół **a** i **c**

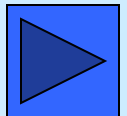
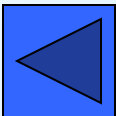
Blokada mechaniczna lub sprzęgło wielopłytkowe blokuje koło słoneczne i jarzmo satelitów.





Sprzęgło HALDEX

Czeka na opracowanie
Przepraszam...





Dziękuję za uwagę

Kopiowanie i wykorzystanie bez zgody autora opracowania zastrzeżone

opracowanie mgr inż. Ireneusz Kulczyk

Zespół Szkół Samochodowych w Bydgoszczy – 2011 – 2012 – 2018 - 2020

