

IV. AZ ERŐÁTVITEL

A motor által szolgáltatott erőt (nyomatékot) el kell juttatni a hajtott kerekekig, sőt közben át is kell alakítani. Az átalakítás vonatkozhat a nyomaték növelésére (fordulatszám-csökkentésére), vagy a forgásirány megváltoztatására. A motor viszonylag mereven van a kocstitesthez erősítve, a hajtott kerekek pedig üzemszerűen nagymértékben elmozdulnak a kocstitesthez képest (rugózás!). A motor nyomatékára nincs mindig szükség, sőt néha kimondottan nem lehet közvetlen összeköttetés a motor és a hajtott kerekek között (pl. a motor beindításakor). Látható, hogy az erőátvitelnek sokféle feladatot kell ellátnia, ezért az mindig több szerkezetből áll.

Az 1. ábra mutatja a legáltalánosabb erőátviteli rendszer felépítését. A motor nyomatékát a T tengelykapcsoló továbbítja a V váltóműbe, majd kardántengely segítségével eljut a H haránthajtóműbe, ahol iránytörést szenved. A haránthajtómű általában rá van építve a D differenciálműre, amelyik a nyomatékot kétfelé osztja. A két féltengely közvetítésével jut a nyomaték a hajtott kerekekig. A hajtott kerék az erőátvitel utolsó láncszeme, az erő ezután átlép az úttestre.

Személyautókon gyakran előfordul, hogy nemcsak a sebességváltót, hanem a differenciálművet is mereven kapcsolják a kocstitesthez, ilyenkor a féltengelyeket kell kardántengelynek kiképezni. Ez főleg akkor fordul elő, ha a motort, a váltóművet és a differenciálművet egy blokkba építik (ormotor és elsőkerék-hajtás vagy farmotor és hátsókerék-hajtás). Ha a motort keresztbe állítjuk, akkor a haránthajtómű természetesen elmarad, de akkor is kell egy hajtómű, amely a differenciálművet hajtja (2. ábrán a DH).

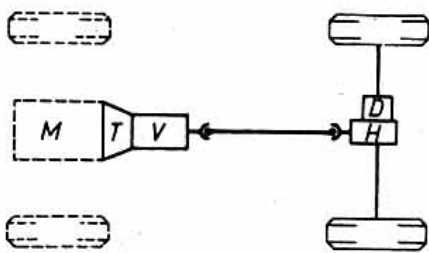
A haszonjárművek gyakran háromtengelyesek, ilyenkor mindkét hátsó tengelyt hajtani kell. A 3. és 4. ábra két megoldást mutat. Az egyikben a középső tengely haránthajtóművén keresztül megy a hajtás a mögötte levő haránthajtóműhöz, a másikban egy előre beépített O osztómű eleve kétfelé osztja a hajtást. (Osztóműként sokszor differenciálművet használnak.)

Néha célszerű az utolsó nyomatéknövelést egészen a kerékig kitolni: a külső hajtómű (K) alkalmazása lehetővé teszi, hogy az erőátvitel igénybevételét csökkentsük.

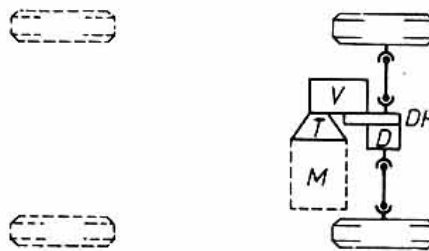
Különleges terepjáró gépkocsikon (amelyek lehetnek két- vagy háromtengelyesek is) a mellső kerekeket is hajtani kell.

A megoldást szintén az osztómű vagy egy újabb differenciálmű adja (5. ábra).

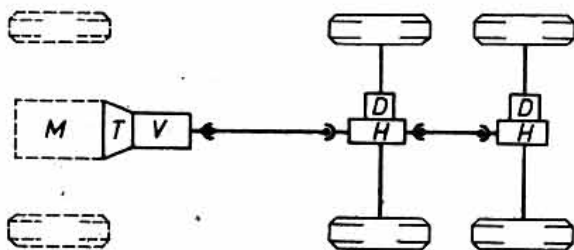
Természetesen az erőátviteli rendszerek ismertetésében teljességre törekedni nem lehet. Minél különlegesebb gépkocsiról van szó, annál különlegesebb lehet az erőátvitel felépítése is. A 6. ábrán látható összerak-



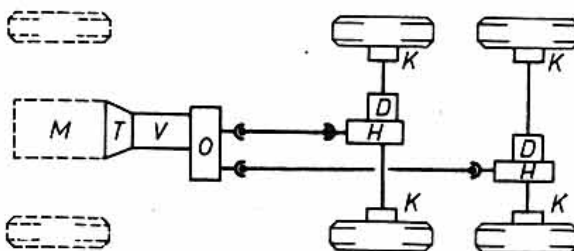
1. ábra



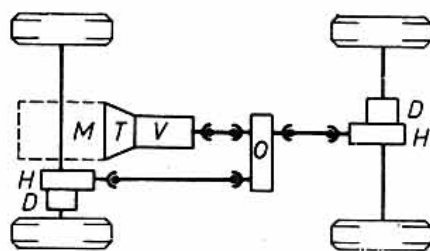
2. ábra



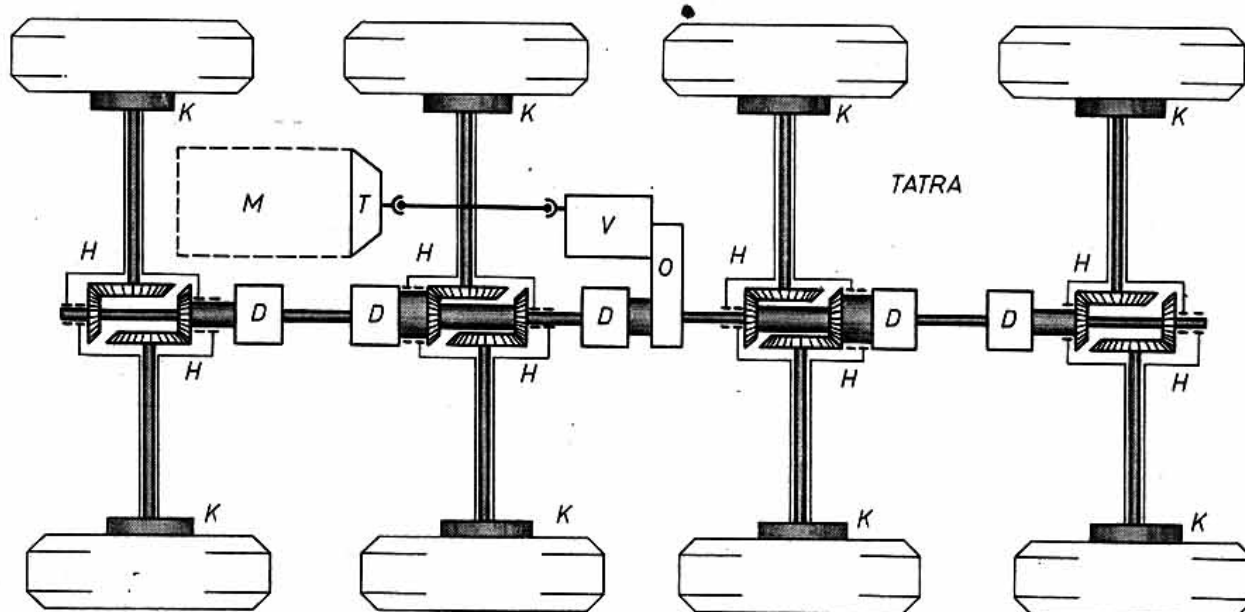
3. ábra



4. ábra



5. ábra



6. ábra

hajtású terepjáró gépkocsiba például a váltóművön és az osztóművön kívül öt differenciálművet, nyolc hátránthajtóművet és ugyanannyi külső hajtóművet építettek be. Van olyan típus, amelyekben a két mellső híd és a két hátsó híd között is differenciálművet alkalmaztak (összesen tehát hetet). Az eddig elmondottakat is számtalan módon lehet tovább variálni, de az egész rendszert alapvetően befolyásolja az is, hogy azt milyen elemekből építjük fel. Az eddigi vázlatok főleg tisztán mechanikus szerkezetekre vonatkoztak. Hidromechanikus sebességváltómű esetén pl. már elmarad a főtengelykapcsoló, hidrosztatikus hajtáshoz esetleg egyetlen tengelyre sincs szükség stb.

Vegyük sorra az erőátvitel egyes szerkezeteit.

A) A tengelykapcsoló

1. A tengelykapcsolók elvi felépítése

A tengelykapcsoló, pontosabban a főtengelykapcsoló feladata bizonyos függetlenség biztosítása a motor és a hajtómű többi része között. A függetlenítés mértéke és szükségessége egyrészt a motor, másrészt a hajtómű tulajdonságaitól függ, ezért gépkocsikban többféle tengelykapcsolót alkalmaznak, sőt előfordul olyan gépkocsi is, amelyből a főtengelykapcsoló hiányzik.

A tengelykapcsolónak legnagyobb szerepe dugattyús belső égésű motor és tolókerekes váltómű esetén van.

Induláskor, az első sebességfokozat bekapcsolása után a tengelykapcsoló csúsztatása mellett történik az erőátadás mindaddig, amíg a váltómű bemenő tengelyének fordulatszáma el nem éri a motor tengelyének fordulatszámát. Minden sebességfokozat váltásához a tengelykapcsolót oldani kell, majd a váltás végrehajtása után ismét csúsztatással kell a két tengely fordulatszámában általában meglevő különbséget áthidalni. A csúsztatás ideje fokozatváltáskor természetesen lényegesen rövidebb, mint indításkor, különösen amikor alacsonyabb fokozatról kapcsolunk magasabb fokozatba. A tengelykapcsolót oldani kell teljes fékezéskor is, nehogy a motor megálljon. A tengelykapcsoló biztonsági szerepet is betölt; mert túl nagy nyomaték fellépésekor egyszerűen megcsúszik, s így a szerkezeteket megóvjá a rongálódástól (dugattyúbeszorulás, fogaskeréktörés stb.). Végül szükség esetén állandó csúsztatással lehetőséget ad egészen kis sebességgel való haladásra is.

Hidrodinamikus váltómű esetén a főtengelykapcsoló szerepe csökken, sőt gyakran teljesen megszűnik, illetve átveszi ezt a hidrodinamikus nyomatékváltó és a bolygóművekhez tartozó fékek.

A tengelykapcsoló fejlődése a kúpos tengelykapcsolótól indult el. A súrlódó felületeket bőrrel, később azbeszt alapú betéttel vonták be. A kapcsolótárcsa túlságosan nagy inerciája miatt később soklamellás olajos kapcsolókat kezdtek gyártani. Különösen télen jelentkezett e típusok legnagyobb hibája, a nem tiszta oldás. A sűrű olaj miatt a lemezek állandóan súrlódtak. Ezért áttértek a száraz soklamellás kapcsolóra, amelyet szintén súrlódó betéttel láttak el. Ez megint csak a forgó tömegeket növelte meg, azonkívül megoldhatatlan volt a lamellák hűtése. Ezután tértek rá a legegyszerűbb megoldásra, az egytárcsás száraz tengelykapcsolóra, amelyet ma is széles körben alkalmaznak.

Viszonylag korán, már a század elején megjelentek az ún. hidrodinamikus tengelykapcsolók, de ezek igazán elterjedni nem tudtak.

A súrlódásos tengelykapcsolók legnagyobb hibája, hogy a kapcsolást a gépkocsivezetőnek kell végeznie. Ez pedig jelentős hátrány, ha meggondoljuk, hogy városi forgalomban általában percenként, nagy forgalmú városban félpercenként (!) válik szükségessé a tengelykapcsoló használata.

Már a húszas években próbálkoztak a kapcsolók működtetésének megkönnyítésével, elsősorban szervóberendezések kidolgozásával. Ez még nem jelentette a kapcsolás automatizálását, mert a vezetőnek végeredményben ugyanazokat a mozdulatokat kellett végeznie, mint korábban, csak kisebb erőfeszítéssel.

A második világháború előtt Amerikában már széles körben alkalmaztak automatikát, amely a gépkocsivezető valamilyen más irányú, egyébként is szükséges tevékenységétől (gázpedál-visszaengedéstől, a váltókar megérintésétől) függően működtette a tengelykapcsolót. A háború után ezeket az automatikusan működő tengelykapcsolókat Amerikában szinte teljesen kiszorították az automatikus (hidromechanikus) váltóművek, viszont rohamosan kezdtek terjedni Európában. Egy évtizeddel ezelőtt az európai gépkocsiknak mintegy 30%-a automatikus tengelykapcsolóval volt ellátva, igaz, nagy részüket a vevő külön kívánságára szerelték be. Az utóbbi időben Európában is „kiment a divatból” az automatikus tengelykapcsoló, helyesebben, itt is kiszorították őket az automatikus váltóművek.

A tengelykapcsolókat többféle szempont szerint lehet osztályozni. Az erőátvitelnél alkalmazott elv alapján beszélhetünk:

1. mechanikus (súrlódásos) és
2. hidraulikus tengelykapcsolókról.

A mechanikus tengelykapcsolóknál további osztályozási lehetőségek:

— a súrlódó felület alakja szerint (7. ábra):

- a) dobfelület,
- b) kúpfelület,
- c) tárcsafelület;

— a súrlódó felület száma szerint (8. ábra):

- a) egytárcsás,
- b) kéttárcsás,
- c) többtárcsás vagy soktárcsás, ill. lamellás;

— a súrlódó felület fajtája szerint:

- a) fém-fém, olajban,
- b) súrlódó betét-fém,
- c) fém-vaspor-fém,

— az összeszorító erő szerint:

- a) rugóerő,
- b) centrifugális erő,
- c) elektromágneses erő;

— a működtetés módja szerint:

- a) mechanikus,
- b) hidraulikus,
- c) elektromos;

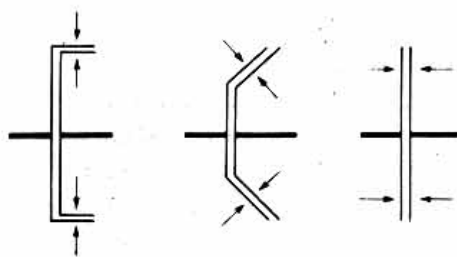
— a vezérlés módja szerint:

- a) pedállal, emberi erővel,
- b) rásegítéssel (szervóval),
- c) automatikusan.

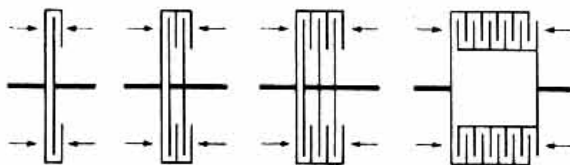
A gyakorlatban sokszor a fenti csoportosítások különböző kombinációját is megtalálhatjuk.

A súrlódásos tengelykapcsolók legrégebbi típusa a kúpos tengelykapcsoló (9. ábra). A súrlódó felületeket központi rugó nyomja össze golyóscsapágyon keresztül. A tengelykapcsoló oldása kétkarú emelővel történik. A külső palástra súrlódó betét van erősítve. Az átvihető nyomatékot a következő tényezők korlátozzák:

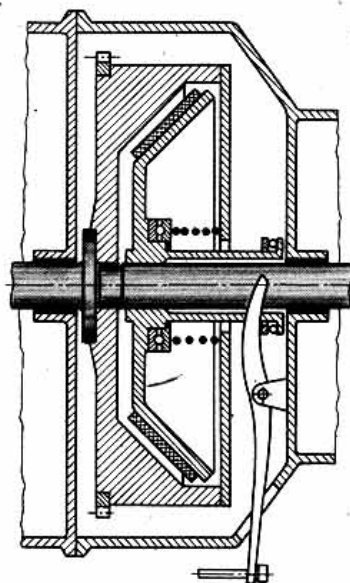
- a) a kiemeléshez szükséges pedálerő nem lehet több 15 kp-nál, a pedálút 100—150 mm-nél;
 - b) a felületeket annyira el kell távolítani egymástól, hogy ne érintkezessenek egymással;
 - c) a kúp ne legyen önzáró;
 - d) az átmérő ne legyen nagyobb a lendítőkeréknél.
- A 10. ábrán egytárcsás száraz tengelykapcsoló lát-



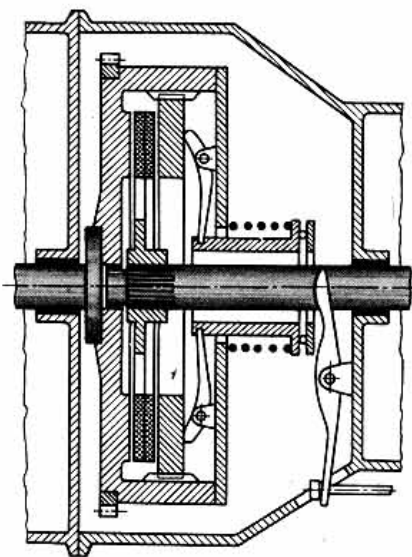
7. ábra



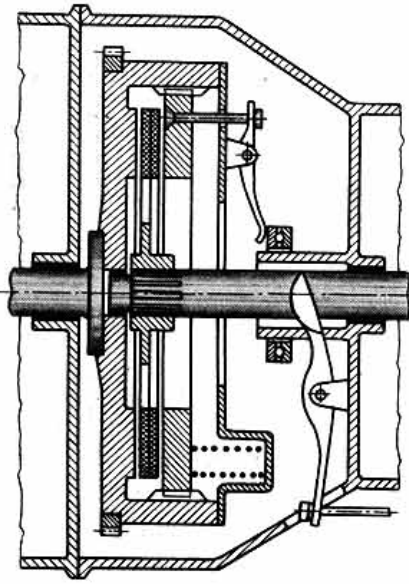
8. ábra



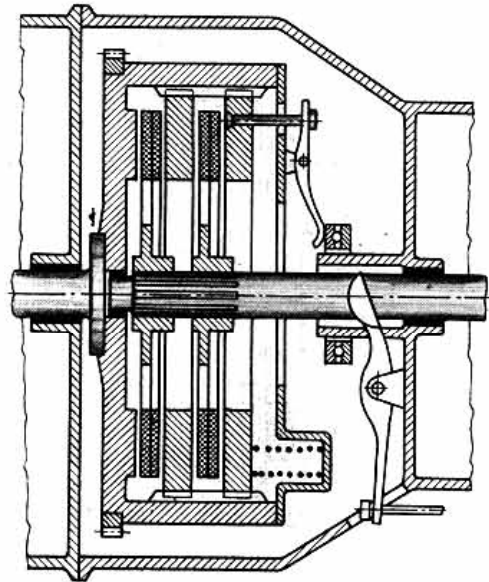
9. ábra



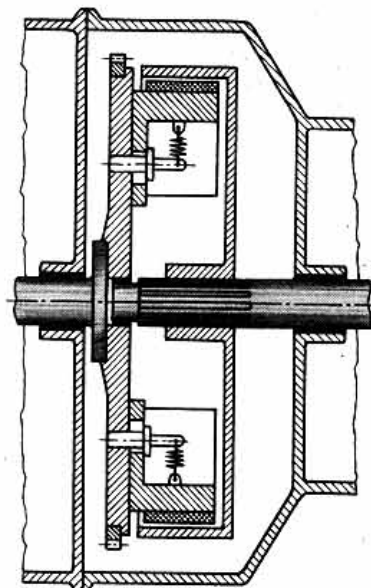
10. ábra



11. ábra



12. ábra



13. ábra

ható. Itt a központi rugó kétkarú emelők (általában 3 darab) segítségével nyomja össze a felületeket. Az átvihető nyomaték kiszámításakor nem vehetünk figyelembe kúphatást, viszont két felületen ébred súrlódónyomaték.

A központi rugó helyett gyakrabban használnak több kis rugót, a kerület mentén egyenletesen elosztva (11. ábra).

A rugók közvetlenül a nyomólapot nyomják, s a tengelykapcsoló-fedélre támaszkodnak. Oldáskor a nyomólapot a rugók ellenében húzzuk vissza.

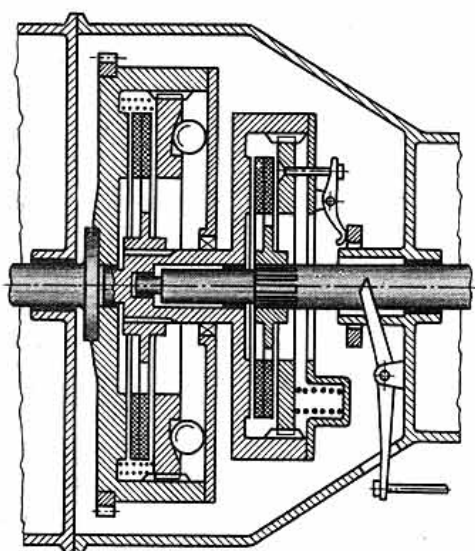
Nagy nyomaték átvitele esetén a súrlódó felületek számát növeljük. Két tárcsa beépítésével az átvihető nyomatékot megkétszerezzük (12. ábra).

A súrlódó felületeket rugó helyett a forgásnál felépő centrifugális erővel is összeszoríthatjuk. A 13. ábrán dobfékhez hasonló centrifugális tengelykapcsoló látható. A két pofa a centrifugális erő hatására — két gyenge rugó ellenére — a tengelytől távolodva neki-feszült a másik tengelyen levő dob belső felületének. Az átvihető nyomaték a fordulatszám négyzetétől függ. A centrifugális tengelykapcsolónak ez a legegyszerűbb fajtája önmagában nem alkalmazható gépjárműben, mert a fokozatváltás idejére nem kapcsolható ki. Fokozatváltó nélküli járműben (pl. kisebb Go-kartban) előnyösen használható, de nagyobb járműben is alkalmazzák hagyományos tengelykapcsolóval egybeépítve. A pofákat visszahúzó rugót úgy kell beszabályozni, hogy alapjárat fordulatánál a tengelykapcsoló még nyitva legyen.

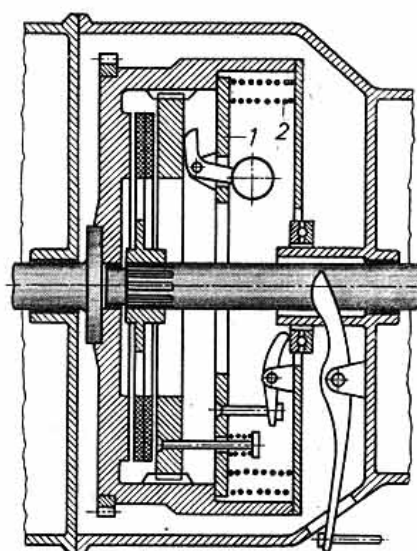
A 14. ábra szintén centrifugális kapcsolót ábrázol. A rajzon már a segéd-tengelykapcsoló is látható, amit fokozatváltáskor működtetünk. *(Miért kisebb ez, mint a másik?)*

A két tengelykapcsoló alkalmazását elkerülhetjük, ha a centrifugális kapcsolót kissé átalakítjuk. Az átalakítás célja az, hogy a centrifugális erőt, illetve annak a nyomótárcsára jutó részét maximáljuk. A 15. ábra szerint például a röpsúlyra ható centrifugális erő nem közvetlenül az 1 nyomótárcsára hat, hanem a 3 rugókra. A fordulatszám növekedésével a rugók támasztékaként szolgáló 2 lap balra elmozdul. A súrlódó felületeket összeszorító erő tehát tulajdonképpen nem a centrifugális erő, hanem a rugóerő. Bizonyos fordulatszám felett a h hézag eltűnik, s ezzel befejeződik a 3 rugók összenyomása. Bármekkora is ezután a centrifugális erő, az 1 nyomótárcsa — a 3 rugók ellenében — a szokásos módon könnyen kiemelhető.

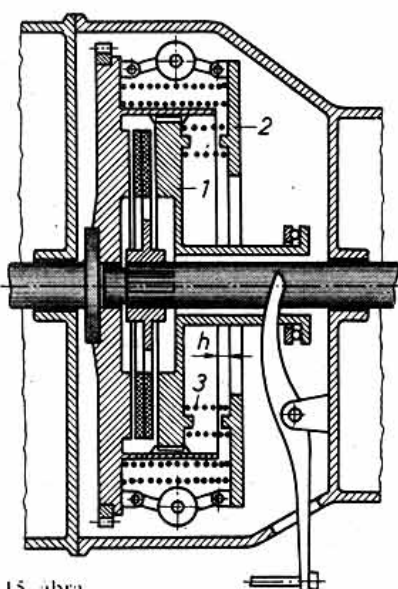
A 16. ábrán látható centrifugális kapcsolóban szintén rugókat nyom össze a kilendülő röpsúly. A röpsúly a h út megtétele után itt is felütközik, az összeszorító erő tehát behatárolt, a kiemelés bármilyen fordulat



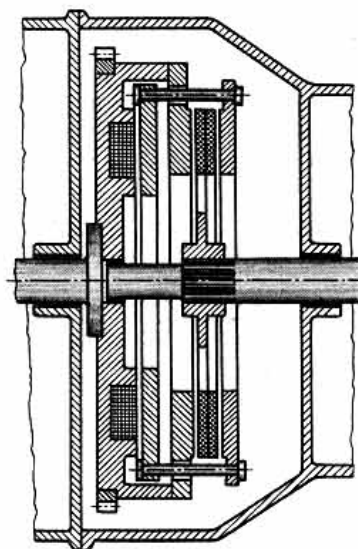
14. ábra



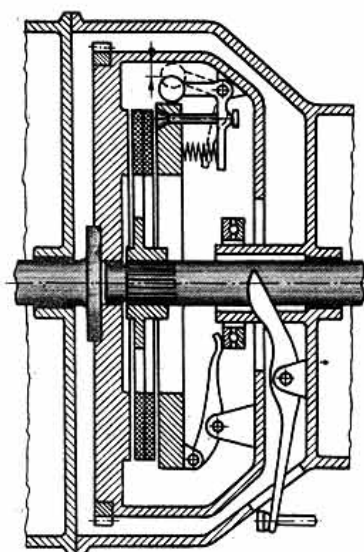
17. ábra



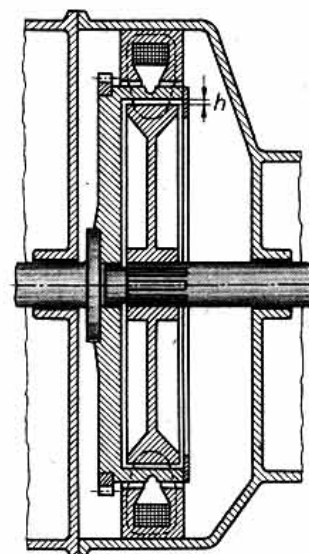
15. ábra



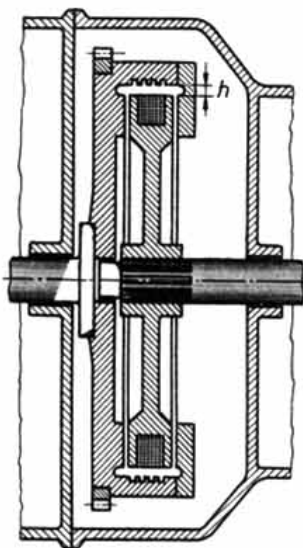
18. ábra



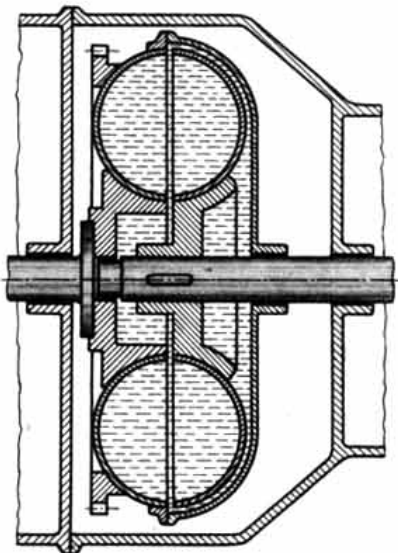
16. ábra



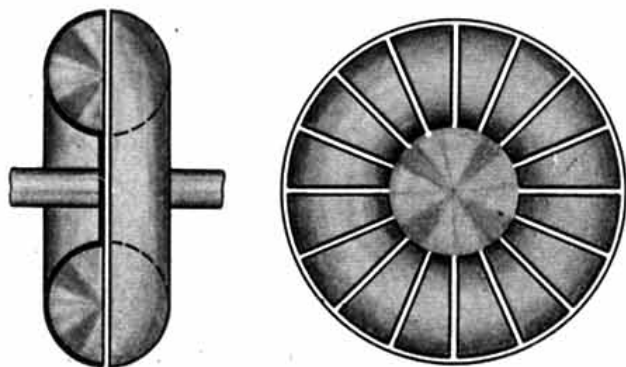
19. ábra



20. ábra



21. ábra



22. ábra

latszámánál a hagyományos módon végrehajtható. Egyébként érdekesen van megoldva a nyomólap vízszahúzása alapjárat fordulatszámánál. A röpsúly alsó karja és a nyomótárcsa között nemcsak rugó található, hanem a rugó fölött egy szeg is látható, amely a röpsúly karján levő furaton van átdugva. Mivel a szeg a röpsúly forgásközéppontjához közelebb van, mint a rugó, ezért a rugóút hosszabb, mint a szeg fejének az elmozdulása (a szeg a nyomótárcsába van beerősítve). Jegyezzük meg, hogy a szeg van közelebb a röpsúly forgásközéppontjához, s a rugó távolabb. Emiatt a rugó a röpsúlyt és a nyomótárcsát mindig a rajzon látható alaphelyzetbe hozza vissza, ha megszűnik a centrifugális erő (Szerkessze meg!)

A 17. ábrán látható megoldásban a centrifugális erő reakcióját vesszük fel a 2 rugókkal. Bizonyos fordulatszám fölött az 1 tárcsa elmozdul jobbra, majd a röpsúly felülközik az 1 tárcsa nyílásának felső szélébe. Ezután hiába nő tovább a fordulatszám, a centrifugális erő növekedése hatástalan marad. A súrlódó felületeket összeszorító erő nagysága tulajdonképpen a 2 rugók erejének felel meg.

A nyomórugókat elvileg helyettesíthetjük elektromágnessel is (18. ábra), aminek a vezérlése nagyon egyszerű. Bár ennek viszonylag kicsi az áramfogyasztása, mégis kedvezőbb adottságai vannak az elektromágneses tengelykapcsolónak, ha a hagyományos súrlódó felület helyett ún. vasporos hézagot alkalmazunk. A vaspor rendes körülmények között csak igen kis mértékben akadályozza a két felület egymáshoz viszonyított elmozdulását. Ha azonban a vasport erős mágneses térbe helyezzük, az szilárdan összeáll, s a két felület relatív mozgását jelentős mértékben gátolja, ill. megakadályozza. A vasporos tengelykapcsoló két fő típusát a 19. és 20. ábrán mutatjuk be. Az egyik álló, a másikon forgó elektromágnessel láthatunk. A h hézagot töltjük ki vasporral. Az áramhozzávetetés a forgó tekercsbe csúszógyűrűvel történik. Áramfogyasztás kb. 50 watt. A vaspor tulajdonképpen 0,5–12 mikrométeres vaskarbon szemcse, grafitpor és valamilyen száraz dörzsanyag (pl. üvegpor) keveréke. A vaspor mennyisége 250–400 gramm (kb. 60–100 cm³). A hézag 1–1,5 mm szokott lenni.

A mechanikus tengelykapcsolónak a következő követelményeket kell kielégítenie:

- sima bekapcsolás (rángatás és rezgések nélkül);
- tökéletes és gyors kikapcsolás;
- zárt állapotban rendes körülmények között ne legyen csúszás;
- az előírt nyomaték túllépése esetén csússzon meg;
- a kapcsolás ne legyen fárasztó;

- dinamikus erőhatásokat és lengéseket ne vigyen át;
- a váltómű tengelyével együtt forgó alkatrészeknek minimális legyen az inerciájuk;
- az összeszorító erő a kopástól független legyen;
- tengelyirányú erő a csapágycsapatokat csak kikapcsolt helyzetben terhelje.

Természetesen ezeken kívül a tengelykapcsolónak is meg kell felelnie azoknak az általános követelményeknek, amelyeket a gépjármű minden szerkezeti egysége elé állítunk:

- üzembiztos működés;
- egyszerű és jól gyártható szerkezet;
- kis karbantartási igény (könnyű és tartós be- szabályozhatóság, kenésigénytelenség, az alkatrészek könnyű cserélhetősége stb.).

Átérve a hidrodinamikus tengelykapcsolóra, annak felépítését a 21. ábra mutatja. A 22. ábrán külön bemutatjuk a munkakereket. A bal oldalon a szivattyúkerék metszetben látható, mellette a turbinakerék oldalnézetben. Jobb oldalon csak a turbinakerék látható. Itt jól kivehetők a lapátok alkotta cellák.

A tengelykapcsoló a következőképpen működik. A 23. ábrán egyetlen cellát rajzoltunk fel oldal- és felülnézetben. A cellát nagyon laposnak vettük, azaz a cella két oldalfalát (a két lapátot) nagyon közel rajzoltuk egymáshoz. A cellában három pontot tüntettünk fel, mindegyiket a gyűrűfal mentén. Vizsgáljuk meg, milyen sebességük van azoknak a folyadékrészecskének, amelyek éppen ezekben a pontokban találhatók. Mindháromról tudjuk, hogy a lapátokkal kénytelenek együtt forogni, tehát van tangenciális sebességük, amely természetesen megegyezik a szivattyúkeréknek az adott ponthoz tartozó kerületi sebességével.

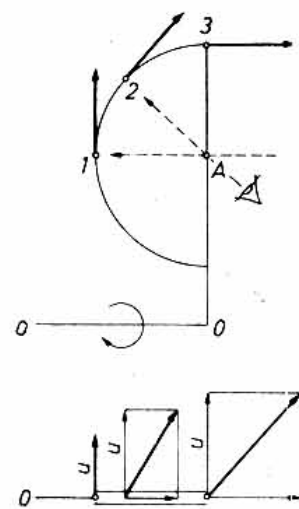
A tangenciális sebesség miatt a folyadékrészecskékre centrifugális erő hat. Az 1. pontban levő részecske ezért radiálisan elmozdul, s maga előtt tolja az ott levő részecskéket. A 2. pontban levő részecske szintén radiálisan akar a centrifugális erő miatt (valamint a mögötte levő részecskék tolóereje miatt is) elmozdulni, azonban csak a gyűrű fala mentén tud ferdén haladni. A folyadék összenyomhatatlansága miatt a lapát menti sebessége abszolút értékben ugyanakkora, mint az 1. pontban levőé, azaz oldalnézetben a két vektor hossza egyforma. A 3. pontban levő részecskére hiába hat a centrifugális erő, sugárirányban egyáltalán nem tud haladni, bár a lapátok menti sebessége ennek is ugyanakkora, mint az előző kettőé, iránya azonban teljesen axiálisra fordult. Ez az a sebesség, amivel a folyadék eltávozik a szivattyúkeréktől, illetve amivel belép a turbinalapátok közé. Ha az itt fel nem rajzolt turbinakerék is ugyanolyan gyorsan forogna, mint a szivattyú-

tyúkerék, vagyis a szivattyúlapátból éppen átlépő folyadékrészecske tangenciális sebessége megegyezne a turbinalapátok kerületi sebességével, akkor ez a folyadékrészecske úgy tudna két turbinalapát közé belépni (feltéve, hogy az eddig üres volt), hogy a lapátoknak neki sem ütközne. Általában azonban a turbinakerék lassabban forog, ezért a folyadékrészecske kénytelen nekiütközni az előtte lassabban haladó turbinalapátnak, s ily módon impulzuserőt fejt ki rá. Annál nagyobb lesz ez az impulzuserő, minél lassabban forog a turbinalapát. Az impulzus átadása után a folyadékrészecske felveszi a turbinalapát kerületi sebességét, de nem tud a lapáthoz ragadni, mert az utána nyomuló részecske hátulról tolja. Mivel itt is kénytelen a gyűrűfelületet követni, hamarosan bekerül a belső sugárra, sőt, ott el is hagyja a turbinakeréket, s visszalép a szivattyúlapátok közé. (Az átlépés most sem mehet ütközés nélkül, de ezen a rajzon ez nem látható.)

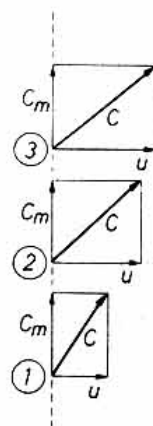
A 24. ábrán a sebességeket jelző vektorok úgy vannak felrajzolva, ahogy azt valaki az A pontból szemlélve láthatja, sorra végigtekintve a három pontot.

Azért, hogy a folyadék átlépését s így az impulzus kialakulását is jobban megérthessük, a 25. ábrán négy kritikus ponthoz tartozó pillanatnyi sebességeket rajzoltunk fel. Ez a négy pont a következő: 1. a szivattyúlapát belépő élénél a belépés pillanata előtt; 2. a szivattyúlapát kilépő élénél a kilépés pillanatában; 3. a turbinalapát belépő élénél a belépés pillanata előtt; 4. a turbinalapát kilépő élénél a kilépés pillanatában.

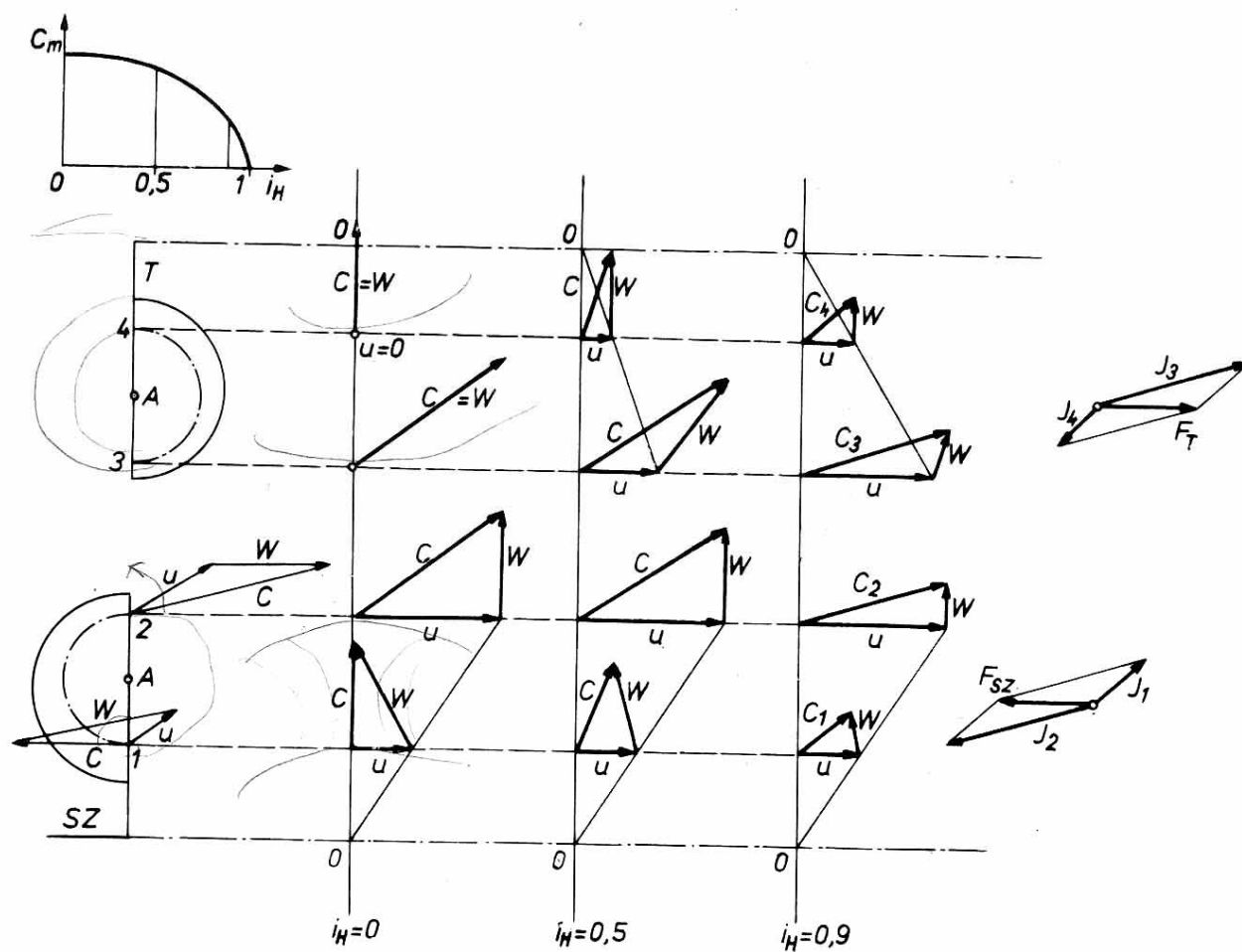
A szivattyúlapátra perspektivikusan is berajzoltuk a sebességvektorokat $i_H=0$ esetre. A jobb ábrázolhatóság végett itt is az A pontból való szemlélődést alkalmazzuk, s így a cirkulációs kört jelző eredményvonal



23. ábra



24. ábra



25. ábra

helyett a 0—0 egyenesekre rajzoljuk fel a sebesség-háromszögeket.

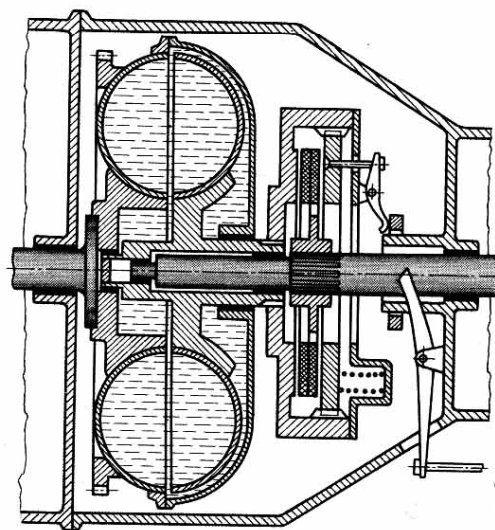
A sebességvektoroknál használt betűk jelentése:

u — a lapát kerületi sebessége az adott rádiuszon;
 c — a folyadékreszecske valóságos (abszolút) sebessége az adott pontban;

w — a folyadéknak a lapáthoz viszonyított relatív sebessége.

A sebességháromszögek három esetre vannak meg-rajzolva: először álló turbinakerék ($i_H=0$), másodszor a szivattyúkerék fordulatszámának felével forgó turbinakerék ($i_H=0,5$) esetére, s végül $i_H=0,9$ -nél azaz, amikor a turbina már majdnem olyan gyorsan forog, mint a szivattyú. (Milyenek a sebességháromszögek motorféküzemben?)

Látható, hogy a háromszögek magassága, azaz a



26. ábra

c_m meridián (szállítási) sebesség fokozatosan csökken. A csökkenést a bal felső sarokban felrajzolt görbe jellemzi. A csökkenés azért következik be, mert minél jobban megközelíti a turbina fordulata a szivattyút, annál nehezebben tud a folyadék a turbinakerékben az R_2 -ről R_1 sugárra visszajutni a turbinakerékben fellépő (s a cirkuláció ellen ható) centrifugális erőter miatt.

A tengelykapcsolón átmenő nyomaték nem változik, azaz nyomatékmódosítás nem történik, mert a szivattyú- és a turbinakeréken mindig egyforma nyomaték ébred. A 25. ábra jobb szélén felrajzoltuk az impulzus-erő vektorait is $i_H=0,9$ esetre. A belépő folyadék impulzusereje mindkét lapátnál egyenesen arányos a belépő abszolút sebességgel, a kilépő folyadéké pedig nagyságban arányos, de irányban ellentétes a kilépő abszolút sebességgel. A lapátkerekre ható kerületi erő (F_{sz} , ill. F_T) a be- és a kilépő folyadék impulzuserejének az összegével egyenlő. Az ábráról is látható, hogy az F_{sz} és az F_T nagysága egyforma.

A hidraulikus tengelykapcsoló, ha a szivattyúkerék forog, mindig visz át nyomatékot. Ez pl. sebességváltáskor kellemetlen lehet, ezért célszerű egy hagyományos, mechanikus tengelykapcsolót is vele egybeépíteni (26. ábra).