

Gyarmati József¹ 

Lánctalpas jármű kormányzása és ennek 3D modellezése²

Tracked Vehicle Steering and its 3D Modeling

A cikk a lánctalpas járművek kormányzásának lehetséges módozatait mutatja be. Ismerteti, mi az eltérés a kerekes járművekhez képest, és ebből kiindulva azt is, hogy milyen lehetséges szerkezeti megoldásokkal lehetséges a kormányzás. A kormányműveket két csoportra bontva (szimmetrikus, aszimmetrikus) írja le, és felvázolja a mindkét csoportra jellemző kialakítások előnyeit és hátrányait. Rajzokon keresztül ismerteti működésüket, valamint közli a különböző kormányzási eljárások matematikai feltételeit. A működés célszerű bemutatásához 3D modellt használ.

Kulcsszavak: lánctalpas harcjármű, kormányzás, 3D modellezés

The article presents the possible ways of steering tracked vehicles. It describes the difference compared to wheeled vehicles and, based on this, presents the possible structural solutions for steering. It describes steering systems divided into two groups (symmetrical, asymmetric). It presents the advantages and disadvantages of designs found in both groups. Through drawings, it describes their operation and communicates the mathematical conditions of the various governance procedures. A 3D model was used for the expedient presentation of the operation.

Keywords: tracked vehicle, steering, 3D modelling

¹ Egyetemi docens, Nemzeti Közsolgálati Egyetem Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar Haditechnikai Tanszék, e-mail: gyarmati.jozsef@uni-nke.hu

² A TKP2021-NVA-16 számú projekt az Innovációs és Technológiai Minisztérium Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapból nyújtott támogatásával, a Tématerületi Kiválósági Program 2021 TKP2021-NVA pályázati program finanszírozásában valósult meg.

Bevezetés

A lánctalpas járművek kormányzására többféle műszaki megoldást fejlesztettek ki, amelyeket Hegedűs Ernővel közösen írt cikkemben részletesen ismertetek.³ Összefoglalva az ott leírtakat, a lánctalp megjelenésekor nem volt teljesen egyértelmű, hogy a kormányzást milyen módon valósítsák meg. Egyes szerkezeti kialakítások nagyban hasonlítottak a kerekes járművek irányításához, ugyanis ezeknél a kormánymű a hajtáslánctól függetlenül a láncot fordította el. Kisméretű lánctalpas járműveknél még napjainkban is találkozhatunk ezzel a megoldással. Erre szolgál példaképpen a kerekek helyére szerelhető, viszonylag kisméretű lánctalp, amelyet quadoknál használnak. Ez lényegében Ackermann-kormányzás, hiszen magának a járműnek a kormánykialakítása is ilyen. Kormányzáskor viszont jelentős nagyságú oldalirányú erők lépnek fel, ezért csak kisméretű járműveknél használható. Történtek próbálkozások magának a láncnak az elhajlítására is, ám ezek jelentősen megnövelték a lánctagok koptató igénybevételét, és csak nagyon nagy ívű kanyar kivitelezésére voltak alkalmasak. A lánctagokkal szerelt quadokon kívül lényegében egyetlen megoldás maradt a lánctalpas járművek kormányzására: a láncok oldalanként eltérő sebességgel való meghajtása. Napjainkban ez terjedt el. Katonai szempontból különösen nagy előnye az, hogy nagy tömegű (> 70 tonna) járműveken is alkalmazható.

A lánctalpas járművek kormányzása ennek megfelelően lényegesen összetettebb, hiszen kanyarodáskor nagy oldalirányú erők lépnek fel. A másik jelentős különbség, hogy a kormány szerkezetet össze kell építeni az erőátvitellel. Kerekes jármű esetében a meghajtott kereket kell elfordítani, úgy, hogy kanyarodáskor a keréktárcsákra húzott merőlegesek egy pontban metszik egymást. Ezzel a megoldással a kerekes jármű úgy tud kanyarodni, hogy a közös forgáspont miatt valamennyi kerék oldalirányú csúszás nélkül gördül. Meg kell jegyezni, hogy ez pontosan csak két tengely esetében valósítható meg. Már három tengely esetében is, ha csak egy tengely van kormányozva, a hátsó ikertengelyeken lévő kerekeken lesz oldalirányú megcsúszás. Ennek megfelelően fellépnek oldalirányú erők, amelyek viszont a tengelyek közelsége miatt nem jelentősek.

Lánctalp esetén, ha a kormányzás a lánctalpak egymáshoz viszonyított sebességének a megváltoztatásával van megoldva, jelentős lesz az oldalirányú erő, amely mindkét láncon, vagyis a belső és a külső íven futó láncon is fellép. Ennek katonai szempontból vitathatatlan előnye, hogy jelentős tömegű járműveknél alkalmas a járószerkezet kialakítására. A láncok felfekvési felülete ugyanis lényegesen nagyobb, mint a kerekes járművéké, a talajnyomás 60–100 kPa között van, ezért rendkívül jó terepjáró képességet biztosít a nagy tömegű harcjárművek számára. Ahogy azt már említettem, a kormánymű lényegében a hajtáslánc részét képezi. A motor meghajtja a sebességváltóművet, amelynek már nem egy, hanem a lánctalpak számának megfelelően két hajtott tengelye van. A kihajtást kell úgy megvalósítani, hogy ezt a két tengelyt eltérő fordulatszámmal lehessen meghajtani. Egyes megoldásoknál két sebességváltóművet alkalmaznak, amelyeket egy haránthajtóművön keresztül a motor közvetlenül hajt meg. A láncok sebességének változtatását pedig az oldalanként elhelyezett sebességváltóművek eltérő kapcsolásával lehet megoldani.

³ GYARMATI–HEGEDŰS 2023: 117–132.

A kormányműnek fontos ismertetőjegye még, hogy milyen hatásokkal képes működni. A hatások itt úgy értendő, hogy a kisebb kerületi sebességű, vagyis a kanyaríven belül lévő láncok teljesítményvesztését hogyan képesek visszaforgatni a külső íven nagyobb kerületi sebességgel forgó lánc irányában. Azokat a megoldásokat, amelyek képesek erre, regeneratív kormányzásnak nevezik. Ilyen tulajdonságú kormányművel rendelkezik például a Leopard 2 valamennyi változata, illetve az orosz harckocsik közül a legújabb típus, a T-14.

A kormányzás egy másik nagyon fontos ismérve a folytonosság. Kerekes járművek esetében ez a fogalom ismeretlen, hiszen a kerekeket bármely szögben el lehet fordítani, vagyis a kerék a minimális és a maximális kormányzási szög között bármilyen szögértéket felvehet. Lánctalpas járműveknél azonban más a helyzet, ugyanis egyes típusaik csak diszkrét kanyarodási szögekkel rendelkeznek. A kanyarodás ezeknél a járműveknél kizárólag úgy valósítható meg, ha a lánctalpsebességek csak meghatározott arányban különböznek egymástól. Ilyen megoldás a korábbi orosz típusoknál előszeretettel alkalmazott oldaltengely-kapcsolós változat. Korszerűbb eljárásoknál a kanyarodás szöge a kerekes járművekhez hasonlóan bármely értéket felvehet. Ezekkel a harckocsikkal lényegesen finomabb manővereket lehet végrehajtani, aminek főleg kis sebességnél van jelentősége, például egy vasúti kocsira vagy trélerre történő felálláskor vagy a szűk helyeken, városi környezetben, illetve erősen átszegdelt terepszakaszokon való manőverezésnél.

Fontos tulajdonsága a járműnek a legkisebb kanyarodási ív, amely szintén kormányműfüggő. A legkisebb ív az, amikor a harckocsi helyben képes megfordulni, vagyis az egyik lánctalp előre, a másik pedig ugyanolyan sebességgel hátrafelé forog. Más, kevésbé korszerű típusoknál a legkisebb ívet úgy kell elképzelni, hogy az egyik lánctalp teljesen be van fékezve, és az álló lánctalp középpontja körül forogtatja a járművet a másik meghajtott lánc.

Összefoglalva a lánctalpas járművek jellegzetességeit és a kerekes járművektől való eltéréseit, a kormányzásukról és a különböző kialakítású kormányművekről a következőket lehet megállapítani:

- A lánctalpas járművek kormányzását alapvetően az eltérő sebességgel meghajtott (vagy fékezett) láncmeghajtó kerékkel és ebből adódóan az eltérő kerületi sebességű láncokkal valósítják meg.
- A lánctalpas jármű kormányzásakor jelentős oldalirányú erők lépnek fel, amelyek növelik a veszteségeket. Ezek nagyságát és a kormányzás minőségét jelentős mértékben befolyásolja a kormánymű szerkezeti kialakítása. Kanyarodáskor a jármű sebessége csökkenhet, még úgy is, ha a motor teljesítménye változatlan marad.
- A kormánymű szerkezeti kialakítása hatással van a legkisebb kanyarodási kör sugarára. Egyes kormánysszerkezetek lehetővé teszik a helyben való megfordulást, míg mások csak a „sarkon” fordulást tudják biztosítani.
- A lánctalpas járművek kormánysszerkezete a kerekes járművekéhez eltérően az erőátviteli lánc részét képezi. Egyes típusoknál ez azt is jelenti, hogy a szerkezet a sebességváltóművel egy közös blokkba van építve.

Kormányművek csoportosítása

A lánctalpas járművek kormány szerkezeteit két csoportra lehet osztani: szimmetrikus és aszimmetrikus kormány műre. A Hegedűssel közösen írt cikkemből, valamint Wolfgang Merhof és Ernst-Michael Hackbarth könyvéből⁴ tudjuk, hogy az i_L kormányzási viszony kifejezhető a belső és a külső íven futó lánctalpak kerületi sebességéből és a láncmehajtó kerék fordulatszámából:

$$i_L = \frac{v_a + v_i}{v_a - v_i} = \frac{n_a + n_i}{n_a - n_i}$$

A haladási sebesség a külső és a belső íven futó láncok kerületi sebességeinek számtani átlagából határozható meg:

$$v_m = \frac{v_a - v_i}{2},$$

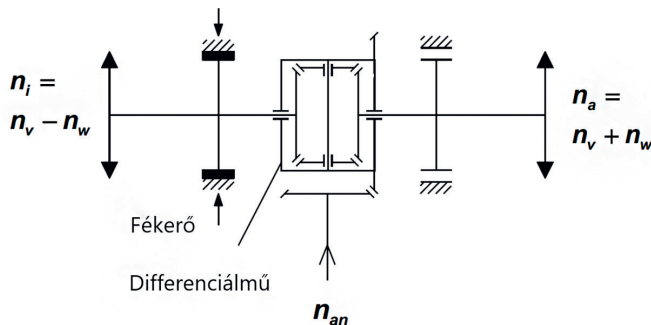
ahol v_a a külső, v_i pedig a belső íven futó lánc kerületi sebessége.

Ahhoz, hogy a lánctalpas jármű kanyarodjon, a külső íven futó kerületi sebességet, illetve a láncmehajtókerék (n_a) fordulatszámát növelni, míg a belső íven futótét (n_i) csökkenteni kell, vagyis:

$$\begin{aligned} n_a &= n_v + n_{wa} ; n_i = n_v - n_{wi}, \\ v_a &= v_m + v_{wa} ; v_i = v_m - v_{wi}. \end{aligned}$$

Abban az esetben, ha $n_{wa} = n_{wi}$, szimmetrikus kormányzásról beszélünk. Ekkor a külső íven futó lánc kerületi sebessége olyan mértékben növekszik, mint amennyire a belső íven futó lánc fordulatszáma csökken. Ha az $n_{wa} \neq n_{wi}$, akkor aszimmetrikus kormányzásról van szó. A szimmetrikus kormányzás egy egyszerű megvalósítását mutatja az 1. ábra. A kormány mű két féltengelyt hajt meg, amelyek külön-külön fékezhetők. A szimmetria feltételének a teljesítéséről a differenciálmű gondoskodik. A kiegyenlítőkerék ugyanis elfordul a saját tengelye körül az egyik féltengely féke működtetésének a hatására, és a két rózsakereket ugyanolyan mértékben gyorsítja, illetve lassítja.

Szimmetrikus kormány művek



1. ábra: Lánctalpas jármű differenciálműves kormány műve, szimmetrikus kormányzás

Forrás: a szerző szerkesztése

⁴ GYARMATI–HEGEDŰS 2023: 117–132; MERHOF–HACKBARTH 2015: 138.

Az 1. ábrán látható megoldás csak elvi vázlatnak tekinthető. A kialakítása miatt a kormányzás és a fékezés elég nagy nehézségeket okozna, ezért jelenleg nem használt konstrukciónak minősül, esetleg kis tömegű lánctalpas jármű kormányzására alkalmas. A differenciálműves kormánymű egyenesben haladásának a feltétele a bal és a jobb oldali lánctalpak tapadása alapján határozható meg. A bal és a jobb oldali féltengelyek M_i és M_a nyomatéka a láncon F_{ki} és F_{ka} erőket hoz létre. Az adhéziós tényezőt az ismert módon határozzuk meg:

$$\mu = \frac{F_{kmax}}{mg}.$$

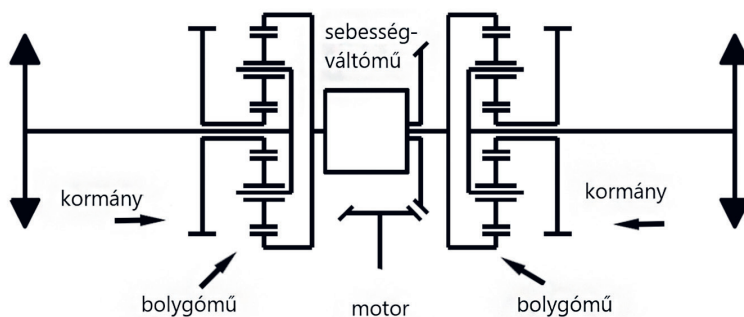
A csúszásmentes gördülés feltétele $\mu mg \leq F_k$. Az összefüggés a két lánctalpra:

$$\begin{aligned} \mu_i \frac{mg}{2} &\geq F_{ki} = \frac{M_i}{r'_i}, \\ \mu_a \frac{mg}{2} &\geq F_{ka} = \frac{M_a}{r'_a}. \end{aligned}$$

Az adhéziós feltételnek tehát mind a bal, mind pedig a jobb oldalon teljesülnie kell. A lánctalpas jármű két lánctalpa eltérő adhéziós tényezővel rendelkező talajon fut. Példaképpen lehet említeni, ha a lánctalpas járműnek oldalról kell felállnia egy vasúti kocsira – ilyenkor a tapadás az egyik oldalon olyan mértékben lecsökkenhet, hogy a lánctalp kipörög. Hasonló a helyzet, amikor egy gépjármű egyik hajtott kereke olaj- vagy jégfolton áll. Kanyarodáskor viszont ugyanezen elv mentén a differenciálműves kormány szerkezet jól használható. A belső íven futó féltengelyt kell fékezni, ekkor a differenciálmű kiegyenlítő kereke a kisebb ellenállású oldal, vagyis a külső íven futó és nem fékezett féltengelyéhez tartozó rózsakereket fogja gyorsítani. A differenciálmű kialakítása miatt a belső íven futó láncmehajtó kerék fordulatszáma olyan mértékben csökken, mint amilyen mértékben a külső íven futó láncmehajtó kerék fordulatszáma nő, vagyis a szimmetrikus kormányzás feltétele az alábbi összefüggés szerint teljesül:

$$n_{wa} = n_{wi} = n_w = \frac{n_a - n_i}{2}.$$

Az 1. ábrán látható megoldás menet közben instabillá válhat. A láncok különböző beállításai, feszsége, valamint az oldalanként eltérő talaj a lánctalpak között jelentős ellenállás-különbséget okozhatnak. Ebben az esetben a jármű menet közben a nagyobb ellenállású oldal irányába fog elfordulni, ezért ezt a kormányzási megoldást mindenképpen valamilyen stabilizálóval kell megtámogatni. Ez a tulajdonság különösen súlyos következményekkel járhat fékezéskor, ha a kormánykart egyenletesen meghúzza kell fékezni. Ez a folyamat megfelelő vezetési gyakorlatot követel meg a kezelőtől az oldalirányú kifordulás elkerülése érdekében, mivel még egy fékkar esetén is a két féltengelyre jutó fékerő a fékbetétek vagy -szalagok eltérő állapota miatt jelentősen különbözhet, így a jármű fékezés közben elfordulhat.



2. ábra: Lánctalpas jármű bolygóműves kormányműve, szimmetrikus kormányzás

Forrás: a szerző szerkesztése

A 2. ábrán egy korszerű szimmetrikus kormánymű kihajtásának kinematikai vázlata látható. Ilyen kihajtással rendelkezik többek között a Leopard 2 típusú harckocsi. A motor a sebességváltóművet hajtja meg, amelynek két hajtott tengelye van. Ezek a tengelyek hajtják meg a bal és a jobb oldalon található, ún. összegző bolygóművek gyűrűkerékét. Egyeses menetben a bolygóművek egy egyszerű bolygóműnek felelnek meg, ahol a fékezett a napkerék, a hajtó a gyűrűkerék és a hajtott a napkerék. Az áttétel ebben az esetben az

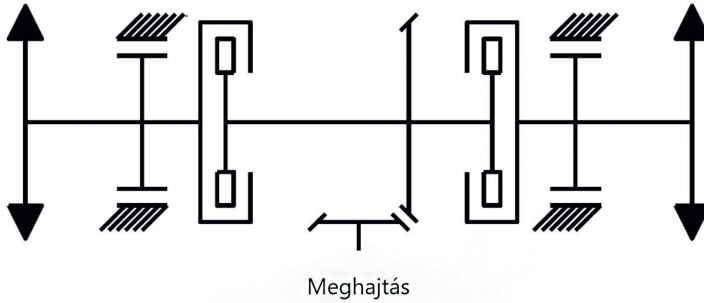
$$i = \frac{Z_n + Z_{gy}}{Z_{gy}}$$

összefüggés szerint számítható.⁵ A kormányzást megvalósító napkerekeket a kormánymű fékezi. Kanyarodáskor a két napkereket azonos fordulatszámúval, de ellentétes irányban hajtja meg a kormánymű. A bolygómű ebben az esetben kettős behajtású rendszerré válik. Az ilyen rendszereknél, ahol a hajtó a napkerék és a gyűrűkerék, a hajtott kerületi sebességét a két hajtó számtani átlaga segítségével lehet kiszámolni. A kormányzás szerkezeti kialakítása miatt az egyenes haladás nulla fordulatszámú napkerékéhez képest kormányzáskor ezek a napkerekek azonos fordulatszámúval, de ellentétes irányban fordulnak el. Ennek eredményeképpen a külső oldalon futó láncmeghajtókerékhez tartozó bolygókerék kerületi sebessége pontosan olyan mértékben fog nőni az egyenes menetben tapasztalhatóhoz képest, mint amilyen mértékben a belső íven fordulóé csökken. Az 1. ábrán látható szimmetria és az ahhoz tartozó elvek így teljesülnek. A napkerekeket a kormánymű meghajthatja mechanikus és hidromechanikus úton, a hidraulikus meghajtás pedig történhet hidrosztatikus, illetve hidrosztatikus és hidrodinamikus módon. Ezt a megoldást alkalmazták a Leopard 2 harckocsi esetében.

A 2. ábrán látható megoldásnál kiküszöbölték az 1. ábra differenciálműves megoldásának hátrányait. A fékezett napkerekek miatt a lánctalpas járműnek egyenes menetben megvan a menetstabilitása, nem befolyásolja őt a lánctalpak eltérő ellenállása. A kanyar ívét folytonosan tudja változtatni, fékezés közben nem áll fel a hirtelen elfordulás veszélye. Kanyarodáskor a kanyar ívét stabilan tartja, és mellette megtartotta a differenciálműves kialakítás előnyeit, vagyis a szimmetrikus kormányzást, illetve a helyben megfordulás lehetőségét.

⁵ GYARMATI 2012: 45.

Aszimmetrikus kormányművek



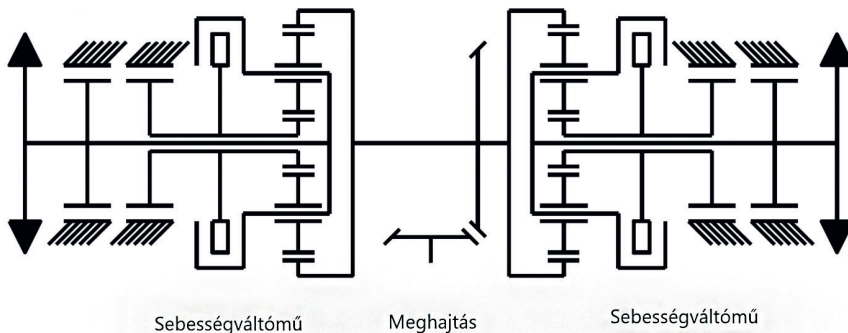
3. ábra: Lánctalpas jármű oldaltengely-kapcsolós kormányműve, aszimmetrikus kormányzás
Forrás: a szerző szerkesztése

Az aszimmetrikus kormányzásnál az $n_{wa} = n_{wi}$ feltétel nem áll fenn. A kormányzás a belső íven forduló láncmeghajtókerék fordulatszámának a csökkentésével érhető el:

$$n_{wa} = n_v ; n_{wi} = n_v - n_{wi}$$

Az egyenlet szerint a külső íven forduló lánc kerületi sebessége változatlan marad, míg a belső íven fordulóé csökken. A 3. ábrán látható oldaltengely-kapcsolós megoldás az aszimmetrikus kormányzás egyik legegyszerűbb formája. A felépítése oldalanként egy-egy tengelykapcsoló és a kormányzáshoz szükséges fékek. A kanyarodáskor e fékeket kell meghúzni.

A sebességváltómű főtengelye haránthajtás segítségével hajt meg egy tengelyt, amelynek tengelyvégei általában bordás tengelyagy kialakítással kapcsolódnak a tengelykapcsoló-tárcsákhoz. A teljesítményt a tengelykapcsolók zárt állásában továbbítja a láncmeghajtó kerekek felé. Kanyarodáskor a kanyar irányában lévő féket kell meghúzni, ezzel csökkentve a belső ív láncmeghajtó kerekének a fordulatszámát. A belső ívet meghajtó tengely fordulatszáma ezáltal csökken, amit az ugyanezen az oldalon lévő tengelykapcsoló megcsúsúzása tesz lehetővé. A megoldás előnye az egyszerűség, előszeretettel alkalmazták a haditechnikában kis és akár közepes tömegű harckocsik kormány szerkezetének a kialakításához is.



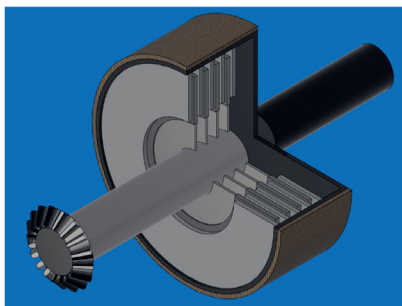
4. ábra: Oldalváltóműves kormány szerkezet, aszimmetrikus kormányzás
Forrás: a szerző szerkesztése

Az aszimmetrikus kormányzás egy összetettebb megoldását mutatja a 4. ábra. A kormánymű itt úgy lett kialakítva, hogy oldalanként egy-egy bolygóműves sebességváltóművet építettek be. A bolygóművek segítségével oldalanként két sebességi fokozat állítható elő, valamint lehetőség van mindkét láncmehajtó kerék fékezésére. A harckocsi tehát alkalmas a sarkon fordulásra. A motor egy sebességváltóművön keresztül hajtja meg a haránthajtóművet (kúpkerékpár). A rajzon látható bolygóműves sebességváltóművek már a kormánymű részeként foghatók fel. A főtengely a bolygóművek gyűrűkerekeit hajtja meg. A fokozatok kapcsolásához két-két fék, illetve egy-egy tengelykapcsoló áll rendelkezésre, a tengelykapcsoló a bolygókeréktartóhoz van kötve. A belül elhelyezkedő fék segítségével a napkerék, a külső fékkel pedig közvetlenül a láncmehajtókerék tengelye fékezhető.

A fékek és a tengelykapcsolók behúzatlan állapotában a sebességváltóművek üres állásban vannak, ekkor a bolygómű szabadságfoka kettő. Ahhoz, hogy teljesítménytovábbításra alkalmassá váljon, a szabadságfokok számát csökkenteni kell. Ezt kétféleképpen lehet megtenni. Ha a hajtó a gyűrűkerék, a hajtott pedig a bolygókeréktartó, amennyiben a napkereket fékezzük, a bolygókeréktartó továbbítja a teljesítményt a láncmehajtó kerék felé. A napkerék a belül elhelyezkedő fék segítségével rögzíthető. Az áttétel ebben az esetben lassító, ez lesz az első sebességi fokozat. A szabadságfok az egyszerű bolygómű esetében még az úgynevezett „rövidzár” segítségével csökkenthető. Ekkor a bolygómű merev testként viselkedik, vagyis az áttétele egy lesz. A rövidzár a fékek oldott állapota mellett a tengelykapcsoló bekapcsolásával érhető el. A tengelykapcsoló ugyanis összeköti a napkereket a bolygókeréktartóval, ez lesz a második fokozat. A lánc teljes fékezése a kívül elhelyezkedő fékek segítségével történik. A jármű lassítása, illetve megállítása pedig mindkét kívül elhelyezkedő fék működtetése révén érhető el.

A kormány szerkezet 3D modellezése

Az 5. ábrán egy oldaltengely-kapcsolós kormánykialakítás látható. A hajtóoldal az ábra bal oldalán látható kúpkerék, amelynek tengelyéhez általában egy bordás tengelyagyon keresztül kapcsolódnak a tengelykapcsoló-tárcsák. A hajtott tengely a tengelykapcsolóházhoz kapcsolódó tengely. A ház külső palástján helyezkedik el a fékdob, amelyet a legkorábbi változatoknál egyszerű fékszalaggal fékeztek. Az 5. ábra is ilyen megoldást mutat, de itt is alkalmazható egy lemezes tengelykapcsoló. A korszerű automata sebességváltóművek esetében is ilyen eljárásokat választanak, vagyis egyes szerkezeti elemek fékezésére a leggyakoribb megoldás a lemezes tengelykapcsoló, olajban futó acéltárcsákkal. A dob belső palástja szintén bordás kialakítású, ide kapcsolódnak a külső bordázatú tengelykapcsoló-tárcsák. A tengelykapcsoló a tárcsák tengelyirányú elmozdításával zár. Ez történhet mechanikus vagy hidraulikus módon, de az említett esetekben főleg a mechanikus megoldást alkalmazzák, annak egyszerű kivitele miatt.



5. ábra: Oldaltengely-kapcsolós (aszimmetrikus) kormánymű egybeépített lemezes tengelykapcsolója és fékezhető dobja
 Forrás: a szerző szerkesztése

Bár az 5. ábra egy egyszerű szerkezetet mutat be, jól látható, hogy a 3D modellezés segítségével milyen módon lehet ábrázolni az egyes szerkezetek valós kialakítási formáját. A cikk nem tér ki a géptervezés folyamatára, bár annyi megjegyezhető, hogy az elmúlt 30 évben a vektorgrafikus eljárások, ezen belül pedig a szilárdtest-modellezés a géptervezés meghatározó eszközévé vált. Jelen cikk a lánctalpas eszközök kormányzási módjainak bemutatása mellett csak egy példát kívánt szolgáltatni, amely megmutatja, hogy az egyszerű kinematikai vázlatos prezentáláshoz képest milyen sokat nyújt a 3D grafika. Az 5. ábra az oldaltengely-kapcsolós megoldás kinematikai vázlatát mutatja, de csak a szükséges fődarabok alkatrészeinek kinematikai vázlata ez. Információt ad a szerkezet működéséről, viszont annak lehetséges szerkezeti kialakításáról nem. A szerkezetet akár síkmetszetben is be lehetne mutatni, egy megfelelő gyakorlattal rendelkező szakember ezt is értelmezni tudja. A 3D grafika viszont a megfelelő axonometriával a valóshoz közeli képet képes festeni a kérdéses szerkezetről. Nem esik szó a cikkben arról, hogy hány szilárd test modellezésére alkalmas szoftver érhető el, de már csak az ingyenesen hozzáférhető verziók száma is magas. Az egyes forgalmazók általában külön kezelik az oktatási verziókat, amelyek sok esetben ingyenesek, bár bizonyos modulok – például végelelem-analízis – nem működnek bennük.

Összefoglalás

A cikk tömör összefoglalást ad a lánctalpas járművek, ezen belül a harcjárművek kormányzásának lehetőségeiről és a meghatározó szerkezeti kialakításokról. A téma olyan szerkezetek és a szerkezeti kialakítások olyan sokfélék lehetnek, hogy ebben a terjedelemben csak rövid összegzésre volt lehetőség. Bemutattam a kormány szerkezet kialakításának két fő csoportját, az aszimmetrikus és a szimmetrikus kormányműveket. A leírás és a szerkezeti kialakítás alapján jól láthatóvá váltak a két lehetséges elv közötti hasonlóságok és különbségek. A szerkezeti analízis, valamint a Hegedűssel közös cikkem alapján ismerttettem a lánctalpas kormányzás alapösszefüggéseit.⁶ A témával számos más irodalom is foglalkozik, de sajnos köztük csak

⁶ GYARMATI–HEGEDŰS 2023: 117–132.

nagyon kevés a magyar nyelvű. De nagyon fontos a nemzetközi kitekintés, amelyhez Merhof és Hackbarth, Peter, valamint Backstein művét használtam fel cikkem megírásakor.⁷ A magyar nyelvű szakirodalom jelentős részben nem katonai alkalmazását tárgyalja például Váradi János és Varga Frigyes, valamint jómagam is.⁸ Ez nagyrészt betudható annak is, hogy a Magyar Honvédség hosszú időn keresztül csak nagyon kevés lánctalpas eszközt használt, ugyanis a nemzetközi irányvonalaknak megfelelően az 1990-es évek közepétől a fókusz a kerekes harcjárművekre helyeződött át. Így a lánctalpas járművek szerkezeti kialakításáról kevés hazai forrás áll rendelkezésre, és azok is inkább az eszközre vonatkozó általános leírások, amelyek nem tárgyalják például az új, korszerű harcjárművek szerkezeti kialakításának sajátosságait.

A Magyar Honvédség által korábban használt orosz gyártású lánctalpas eszközök szerkezeti jelentős mértékben eltérnek a nyugati technológiáktól, ugyanis a legújabb orosz haditechnika harkocsijaitól, például a T-14-es és T-15-ös járművektől. De ezen eszközökről pontos leírások, illetve üzemeltetési adatok még nem állnak rendelkezésre. Annyit lehet látni, hogy egyes források, például a Zentay Péterrel közösen jegyzett cikkem szerint az új orosz harcjárművek nem a korábbi (T-72, T-80, T-90) harckocsik korszerűsített változatai, hanem egy teljesen új generációt képviselő eszközök, ami a szerkezeti kialakítás teljes megváltoztatásában is megnyilvánul.⁹ Nagyon jó példa erre a kormányzás. A cikkben részletesen ismertettem a szimmetrikus és az aszimmetrikus kormány szerkezet közötti eltéréseket. Az aszimmetrikus egy rendkívül egyszerű formáját jelentheti például az oldaltengely-kapcsolós változata, amelynek továbbfejlesztett változata az oldalváltós. A fejlesztés ellenére még ez is megtartotta az asszimmetrikus kormányzás alapvető hátrányait, vagyis kanyarodás során a nagy teljesítményvesztést, valamint a kormányzás diszkrét jellegét. Esetében ugyanis a kanyarodási ív csak meghatározott értékeket vehet fel, ami rontja a harckocsi manőverező-képességét, főleg kis sebesség és szűk hely esetén. A kezelés nehézségének ellensúlyozására az egyszerűbb szerkezeti kialakítás és az ebből adódó alacsonyabb beszerzési költség szolgál. A fenntartási költségekről ezt már nem lehet egyértelműen kijelenteni, mert az több tényező, például a karbantartási rendszer függvénye is.

Láthatóvá vált, hogy a szimmetrikus kormányzás lényegében egy technológiai ugrás. Ezt a nyugati harckocsigyártás már mintegy 50 éve megtette, tehát a mostani harckocsikban, például a Leopard 2 különböző változataiban használt Renk HSWL 354 hajtómű egy jól kiforrott konstrukciónak tekinthető.¹⁰ A hajtómű magában foglalja a hidromechanikus sebességváltóművet, amely egy négyfokozatú bolygóműves sebességváltóból és egy hidrodinamikus nyomatékváltóból áll, valamint a haránthajtást, mivel a motor főtengelye merőleges a sebességváltómű tengelyére. A haránthajtás két, egymással szemben szerelt kúpkerékkel rendelkezik, ami lehetővé teszi a hátramenetet. A hajtóműhöz tartoznak továbbá az oldalként szerelt összegző bolygóművek, amelyek már a láncmeghajtókerekeket hajtják. Az összegző bolygóművek kettős behajtású rendszerek, amelyek gyűrűkerekét a sebességváltómű, napkerekét pedig a kormánytengely hajtja meg (nulltengely). A kormánytengely hajtása hidraulikus. Elsőként

⁷ MERHOF–HACKBARTH 2015; PETER 2003; BACKSTEIN 1982.

⁸ VÁRADI–VARGA 1972; GYARMATI 2012.

⁹ ZENTAY–GYARMATI 2019: 28.

¹⁰ KURCZ–VÉG–HEGEDŰS 2020: 2.

egy hidromotor, amely ha nagyobb teljesítményre van szükség, két hidrodinamikus tengelykapcsolójával fokozott teljesítményt nyújt. A hajtómű szerkezeti elemeinek a felsorolásából már jól látszik, hogy a szimmetrikus hajtás egy jóval összetettebb szerkezet, ebből adódóan sokkal nagyobb bekerülési költséggel is jár. A magasabb fenntartási költség viszont még nem vonatkozik automatikusan csak erre az elemre annak összetettsége miatt.

Irodalomjegyzék

- BACKSTEIN, G. et al. (1982): *Handbook on Weaponry*. Düsseldorf: Rheinmetall. Online: <https://djuvonline/file/rQq0pm7zLLs8>
- GYARMATI József (2012): *Járművek szerkezete*. Budapest: Nemzeti Közszerológiai Egyetem.
- GYARMATI József – HEGEDŰS Ernő (2023): Lánctalpas harcjárművek kormányzása. *Műszaki Katonai Közlöny*, 33(1), 117–132. Online: <https://doi.org/10.32562/mkk.2023.1.9>
- KURCZ KRISTÓF – VÉG RÓBERT – HEGEDŰS ERNŐ (2020): A Leopard 2 harckocsisalád és a Magyar Honvédség 2A4 és 2A7+ típusváltozatai I. rész. *Haditechnika*, 54(5), 2–7. Online: <https://doi.org/10.23713/HT.54.5.01>
- MERHOF, Wolfgang – HACKBARTH, Ernst-Michael (2015): *Fahrmechanik der Kettenfahrzeuge*. München: Universität der Bundeswehr. Online: <https://athene-forschung.unibw.de/doc/111331/111331.pdf>
- PETER, H. (2003): *Armament Engineering*. Victoria: Trafford.
- VÁRADI János – VARGA Frigyes (1972): *Traktorok, autók*. Budapest: Mezőgazdasági.
- ZENTAY Péter – GYARMATI József (2019): „Vitézek” a Vörös téren – Harckocsik és harckocsi támogatók II. rész. *Haditechnika*, 53(4), 27–31. Online: <https://doi.org/10.23713/HT.53.4.05>