

СИЛОВИ ПРЕДАВАНИЯ ЗА ЕЛЕКТРОКАРИ С ПРИДРУЖАВАЩ ВОДАЧ И ТРИОПОРНИ ЕЛЕКТРАКАРИ УНИВЕРСАЛНИ ВИСОКОПОВДИГАЧИ

Петър Петров

*Доцент д-р инж., Висше транспортно училище „Т.Каблешков”, ул. Гео Милев 158, 1574 София
БЪЛГАРИЯ*

Резюме: Двигателната и управляема колона за електрокар с придружаващ водач (ДУКЕП В) е предназначена за вграждане в електрокар с придружаващ водач като силов агрегат, състоящ се от тягов електродвигател (ТЕД), редуктор, двигателно колело, спирачка и окачване към рамата на кара. Тя служи да преобразува електрическата енергия на тяговата акумулаторна батерия в теглителна сила, да реализира спирачна сила и да променя посоката на действие на теглителната и спирачната сила спрямо масовия център на електрокара или спрямо резултатната на съпротивителните сили, породени от движението му. Изисквания към ДУКЕПВ: да имат минимален диаметър на описания цилиндър, в който колоната може да се впише при завъртане около вертикалната си ос на ъгъл $2\pi \text{ rad}$; минимални габаритни размери; минимално тегло; висок КПД; ниско ниво на шум; ниска себестойност.

Мотор-редукторите имат схема-двигателно колело, редуктор, двигател, спирачен механизъм. В този вид силово предаване се вграждат електродвигатели или хидродвигатели. В случая ще бъде показан мотор-редуктор с електродвигател. Мотор-редукторите като силово предаване се налагат тогава, когато към машината са поставени следните условия: да бъде с две двигателни колела и трябва да има възможност центроидата на радиуса на завой да навлиза между двигателните колела.

Ключови думи: Електрокари; Силово предаване; Двигателна и управляема колона; Мотор-редуктор.

ДВИГАТЕЛНА И УПРАВЛЯЕМА КОЛОНА ЗА ЕЛЕКТРОКАР С ПРИДРУЖАВАЩ ВОДАЧ (ДУКЕПВ)

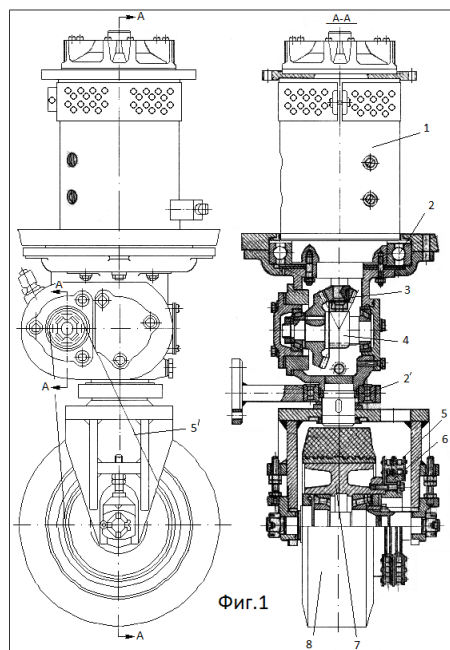
Класификация на ДУКЕПВ:

- Според разположението на оста на ТЕД:
хоризонтално-успоредно на двигателното колело и вертикалноперпендикулярно на двигателното колело.

- Според вида на задействането на вградената спирачка: с механично задействане; с хидравлично задействане; с електромагнитно задействане.

- Според броя на предавките в редуктора биват : с двусъпален редуктор или с трисъпален редуктор.

- Според вида на употребените механизми в предавките на редуктора: зъбни предавки с цилиндрични или конични **зъбни колела (ЗК)** за всички степени; комбинация от зъбни предавки и ремъчна или верижна предавка.



Произведените ДУКЕПВ от бившето „Балканкар“ ЕОД представляваха конструкция с вертикален постоянен ток **тягов елек-тродвигател (ТЕД)** 1, двустъпален зъбен редуктор и трето стъпало верижна зъбна предавка 5. Първото стъпало на зъбния редуктор е конична зъбна предавка 3, а второ стъпало представлява цилиндрична зъбна предавка 4. Верижната зъбна предавка 5 е открита, като вторичното верижно зъбно колело 6 е свързано с болтова връзка към главината 7 на двигателното колело 8. Тази ДУКЕПВ е лагерирана към рамата на електрокара с два самонасочващи радиални сачмени лагера 2 и 2', които осигуряват въртенето ѝ около вертикалната ос на ТЕД при въртене на колоната при влизане на електрокара в завой.

Недостатъци на тази конструкция са:

- Открита верижна зъбна предавка трябва да се маже. Мазането ѝ довежда до: възможност за зацапване на пода на работното помещение; бързо зацапване с прах на самата предавка; бързо износване на предавката; нама-ляване на КПД; често регулиране на междуцентровото разстояние.

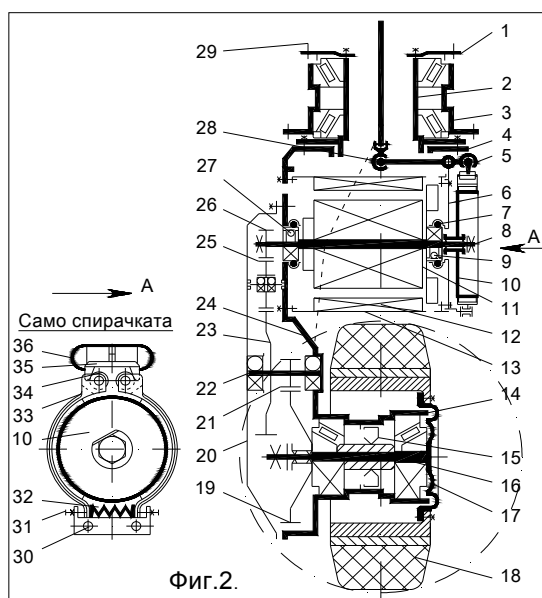
- Конусната зъбна предавка изисква регулиране, има по-нисък КПД от зъбна предавка с цилиндрични зъбни колела и генерира по-висок шум.

- Наличието на две опори към рамата налага употреба на самонагаждащи се лагери.

- Така синтезираната конструкция на ДУКЕ-ПВ има голяма габаритна височина.

Целта на новата конструктивна разработка беше да се създаде нова конструкция ДУКЕ-ПВ с която да се избегнат посочените недостатъци на съществуващата конструкция.

На фиг.2. е дадена схема ДУКЕПВ с хоризонтално разположен ТЕД, с вградена спирачка с механично задействане и с двустъпален редуктор от зъбни предавки с цилиндрични **зъбни колела (ЗК)**. Корпусът 13 на статора 12 на ТЕД е закрепен с болтова връзка към тялото 24 на двигателната колона. Валът 8 на ротора 11 носи вентилатора, спирачната шайба 10 на спирачката и цилиндричното ЗК 27 и е лагериран чрез лагера 9 към задния щит на електродвигателя 6. Валът 8 е директно лагериран към тялото 24 чрез лагера 27. За преден щит на електродвигателя служи тялото 24. Капакът 20 се закрепва с болтове и пасвани щифтове към тялото 24. Капакът 20 и тялото 24 образуват картерно пространство, в което са поместени ЗК на първата и втората степен на редуктора. ЗК 25 е паразитно, лагерирано е на ос в тялото 24 и капак 20 и е зацепено със ЗК 26 и 23. ЗК 23 се носи от лагерирания в тялото 24 и капак 20 вал 22. Валът 22 носи и ЗК 21, зацепено със ЗК 19. Към тялото 24 е оформен ръкавът 14, в който е лагериран вал 16, носещ ЗК 19. Валът 16 е оформен заедно с фланеца 17 и чрез болтова връзка носи джантата с гумата 18. В тялото 24 е оформена конзолата 4, към която чрез болтове се присъединява ръкавът 2. Към ръкава 2 е лагерирана главината 3, която се закрепва към рамата на машината чрез болтове. Фланецът 1 е свързан с ръкава 2 чрез болтове. Фланецът 1 чрез болтовете 29 получава команда от уредба управление и я предава на гумата 18 чрез ръкав 2, тяло



24, ръкав 14, вал 16 и фланец 17. Челюст-тите 33 носят „феродовите“ накладки и рол-ките 34. Челюстите 33 са шарнирно закрепени към задния щит на ТЕД 6 чрез осите 30 и се притискат към спирачната шайба 10 чрез вилката 35. Вилката 35 се предвижва вертикално от лостовата система 28 на спирачната командна система. Лостовата система 28 е шарнирно свързана към щита 6 с осите 5. Фибата 36 притиска вилката 35 към лостовата система 28. Пружината 32 раздалечава челюстите 33 с накладките от спирачната шайба 10, а болтовете 31 ограничават ъгловия ход на спирачните челюсти 33 след отнемане на командата за спиране. Уплътняването на пространството, оформено от капака 20 и тялото 24 се постига чрез гарнитура, а на ръкава 14 и вала 16 чрез семеринговото уплътнение 15. Уплътняването на ТЕД се постига чрез “О”-пръстениците 7 и двойно капсолованите лагери 9 и 27. Ниският шум се постига: конструктивно-чрез цилиндрични ЗК с наклонени зъби със степен на точност по-висока от 7^{-ма} и гладкост Ra 3,2 ÷ 1,6 ;технологично-чрез въвеждане на ед-новременна обработка на отворите на картер-ните детайли до постигане на изискванията за съсност и биене. Фланецът 1, ръкавът 2, главината 3, капака 20 и ръкава 14 с тялото 24 се отливат от сив чугун. По-високи технологични изисквания се поставят при отливането на ръкава 14 с тялото 24, за да не се образуват шупли в прехода от ръкава 14 към стената на тялото 24. Контрол по нивото на изпълнение е въвеждането на рентгенов контрол на отливките. Зъбните колела 19,23,25,26 и валът 16 с фланеца 17 се изработват от лигирани стомани и по технология възприети във фирмата съответно за зъбни колела и полувалове.

Преводното число и КПД на редуктора на двигателната колона се определят с изразите

$$(1) \quad i_T = i_1 \cdot i_2;$$

$$(2) \quad i_1 = \frac{Z_{19}}{Z_{21}};$$

$$(3) \quad i_2 = \frac{Z_{23}}{Z_{26}};$$

$$(4) \quad i_T = \frac{Z_{19} \cdot Z_{23}}{Z_{21} \cdot Z_{26}}; \quad (5) \quad \eta_T = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3; \text{ където: } Z_{19}, Z_{21}, Z_{23} \text{ и } Z_{26} \text{ – са броят на зъбите на ЗК с}$$

номера 19, 21, 23 и 26, а η_1, η_2 и η_3 са КПД на предавките съответно между ЗК с номера 26 и 25, 25 и 23, 23 и 19. Максимално КПД на редуктора може да достигне $\eta_{T \max} = 0,92$.

По документацията на така синтезирана и конструирана ДУКЕПВ бяха изработени 10 броя и вградени в новосъздадени ръчноводи-ми електрокари нископовдигачи. Резултатите от изпитването покриха поставените изисквания на техническото задание при поставянето на задачата. Документацията на ДУКЕПВ беше предадена на завода за усвояване на пробна серия и редовно производство.

ДВУДВИГАТЕЛНО СИЛОВО ПРЕДАВАНЕ ЗА ЕЛЕКТРОКАРИ

Двудвигателно силово предаване означава карът да има две двигателни колела, всяко от които задвижвано със собствен двигател-електродвигател или хидродвигател. В случая ще бъде показано силово предаване с електродвигател. Двудвигателно силово предаване се налага тогава, когато към машината са поставени следните условия: да бъде с две двигателни колела; трябва да има възможност центроидата на радиуса на завой да навлиза в между двигателните колела.

Двата двигателя са свързани с електрическа диференциална връзка, която намалява разхода енергия от циркулиращата мощност в случай, че изминатите пътища на двете двигателни колела са различни.

Класификация на двудвигателното силово предаване:

1. Двете двигателни колела могат да бъдат управляеми или неуправяеми.
2. Вградения двигател може да бъде електродвигател или хидродвигател.
3. В зависимост от взаимното разположение на осите на двигателя и двигателното колело са възможни следните комбинации съсно разположение (мотор-колело) и несъ-осно успоредно или перпендикулярно разпо-ложени оси (мотор-редуктор).
4. В зависимост от вида на редуктора: редуктор със зъбни предавки; редуктор с вериж-на зъбна предавка.
5. Според начина на монтаж към рамата на кара: директен монтаж; монтаж посредством междинна греда, т.е. като двигателен мост.
6. Според вида на вградената спирачка биват с колелна спирачка или с трансмисионна спирачка.

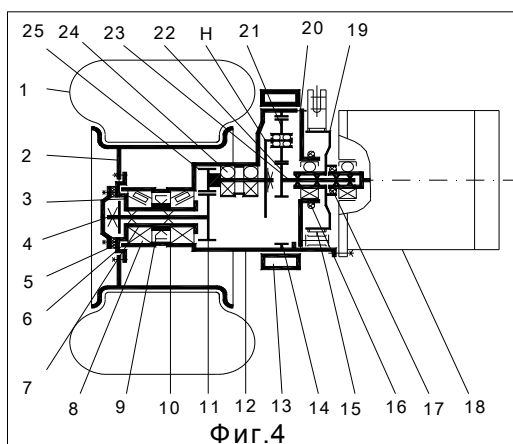
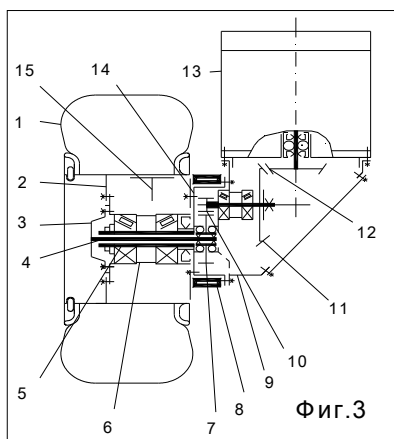
При директен монтаж към рамата на кара трябва да се има предвид, че такова решение може да се прилага в следните случаи: при триопорна схема на машината; при четириопорна схема, при която другите две колела са компановани като мост, гредата на която е закрепена шарнирно (балансирано) към рамата или при четириопорна схема, като рамата на кара е с висока еластичност, което позволява нейните еластични деформации да поемат пътните неравности до определено ниво.

В схемата на управление на двигателите трябва да има възможност за автоматично прекъсване на подаването на енергия към вътрешното колело, когато центърът на радиуса на завой е в околността на вътрешното колело, с което се създава тикаща сила от колелото на външния силов агрегат и карът да продължи транспортния си процес. Заедно с това е необходимо решение, което автоматично да гарантира нормална работа на празен ход на електродвигателя след отлепване на едно двигателно колело от пътя, както и реверсиране на електродвигателя на вътрешното колело, когато радиусът на завой влезе между двигателните колела на кара.

Когато двете двигателни колела на двудвигателното силово предаване са неуправяеми, то се реализира от два мотор-редуктора с огледално изпълнение спрямо надлъжната равнина на симетрия на кара. Преводното число може да се реализира с двустъпален или тристъпален редуктор. Редукторите се изпълняват със зъбни колела с прави, наклонени зъби, с планетарни предавателни механизми или със зъбни предавки с конични зъбни колела.

Изисквания към мотор-редукторите: минимален габаритен размер по дължина; висок КПД; ниско ниво на шума; ниска цена.

Изискването за минимална габаритна дължина се налага от условието, че при триопорните електрокари в рамките на габаритната ширина на електрокара се разполагат двата мотор-редуктора по дължина и един или два наклонящи повдигателната уредба хидравлични цилиндъра.



Висок КПД може да се получи, като се използват подходящи планетарни зъбни предавки. Зъбните предавки с цилиндрични зъби колела имат по-висок КПД, от предавките с конични ЗК. Верижни предавки не се прилагат. От голямо значение за КПД е мазането на предавките. Тъй като тази конструкция е компактна, то в нея обемите за масло са силно намалени, поради което се налага употреба на масла с високи показатели към вискозитет, товароноси-мост и топлопроводимост.

На фиг. 3 е дадена схема на произвеждания мотор-редуктор с перпендикулярно разположение на осите на двигателното колело 1 и ТЕД 13. Редукторът е двустъпален, първата степен е с конични зъбни колела 12 и 11, а втората степен е с цилиндрични зъбни колела с наклонени зъби 7 и 10. Колелната спирачка 15 действа директно на джантата 2. За компактност спирачен барабан като детайл не съществува, неговата роля се изпълнява от джантата-барабан 2. Главината 6 е лагерирана към ръкава 5, който е част от картера 14. ТЕД 13 със шпилки е закрепен към картера 9, който е закрепен към картера 14 с болтове. Рамата на кара 8 се закрепва към картера 14. Валът 4 е напълно разтоварен. Той свързва ЦЗК 7 с главината 6, чрез фланеца 3 и болтова връзка.

Недостатъци на тази конструкция са:

- Конусна зъбна предавка е по-шумна, има по-нисък КПД и изисква регулиране на зъбното зацепване при производство и ремонт;
- Спирачка нагрява джантата и гумата.

За избягване на тези недостатъци беше поставена задача да се създаде нова конструкция мотор-редуктори. На фиг.4 е дадена схема на мотор-редуктор с електродвигател с успоредно разположение на осите на двигателното колело 1 и електродвигателя 18. Тук редукторът е двустепенен, като първата му степен е планетарен ред с неподвижно коронно зъбно колело 14, слънчево ЗК 22, задвижвано от вала на електродвигателя чрез вала 23 и планетни ЗК 21 с оси, носени от водилото Н. Водилото Н е лагерирано в стената на картера 12 и задвижва цилиндричното ЗК с наклонени зъби 25 от втората степен на редуктора, което е зацепено за ЗК 11. Главината 3 носи двигателното колело 1 с джантата 2 и е лагерирана към ръкава 10, на картера 12 чрез ръкава 7 на конусно ролковите лагери 8 и се задвижва от ЗК 11 чрез вала 4. Спирачката е барабанна, трансмисионна, с външни челюсти 15, шарнирно окачени на оси, носени от стената 20 на картера 12. Барабанът 19 се задвижва от вала 23 с шлицево съединение. Картерите се уплътняват от уплътненията 5,16 и 17, лабиринтното уплътнение 6 и семеринга 9. Спирачната шайба 19, стената 20, водилото Н, джантата 2, главината 3 с ръкава 7, ръкавът 10 с картера 12 се отливат от сив чугун, а ЗК се изработват от лигирани стомани или стомана 45 и по фирмена технология.

Преводното число i на редуктора представя произведение от преводните числа на двете негови степени, на планетарната предавка 22,21,14 и водилото Н с преводно число i_1 и на цилиндричната зъбна предавка 25,11 с преводно число i_2 :

$$(6) i_0 = i_1 \cdot i_2;$$

$$(7) \quad i_1 = 1 + \frac{Z_{14}}{Z_{22}};$$

$$(8) \quad i_2 = \frac{Z_{25}}{Z_{11}};$$

$$(9) \quad i_0 = \left(1 + \frac{Z_{14}}{Z_{22}}\right) \cdot \frac{Z_{25}}{Z_{11}} = (1+k) \cdot \frac{Z_{25}}{Z_{11}};$$

$$(10) \quad k = \frac{Z_{14}}{Z_{22}}$$

$$(11) \quad i_1 = 1 + k.$$

КПД се определя от израза:

$$(12) \quad \eta = \eta_1 \cdot \eta_2.$$

$$(13) \quad \eta_1 = \frac{1+k \cdot \eta_1^*}{1+k}$$

$$(14) \quad \eta = \frac{1+k \cdot \eta_1^*}{1+k} \cdot \eta_2; \text{ Тук е прието, че КПД планетарния ред при спяло водило } \eta_1^* \text{ . Може}$$

да се приеме, че $\eta_1 = 0,97$.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Георгиев. Г. „Проектиране, конструиране и изчисляване на кара” -София-Техника-1980г
[2] Оракалиев Д. и к-в „Електрокари” София-ТЕХНИКА-1971 г.

POWER TRANSMISSION FOR ELECTRIC TRUCKS WITH ACCOMPANYING DRIVER AND THREE-SUPPORT UNIVERSAL ELECTRIC FORKLIFT

Petar Petrov

Assoc. Prof., PhD., Todor Kableshkov University of Transport, 158 Geo Milev Street., 1574 Sofia BULGARIA

Keywords: *Electric Trucks, Power transmission, the engine and manageable column; motor-reducers*

Abstract: *The engine and steering column for electric car with accompanying driver (ESCECSG) is used for building in electric car with accompanying driver as a power aggregate consisting of electric traction motor (ETM), reducer, power wheels, breaks and suspension to the electric car frame. The column is used to convert the electric power from the traction battery in to traction power, to realize breaking force and to change the direction of action of the traction and braking force to the center of gravity of the electric car or to the resultant resistance caused by its movement. The ESCECSG requirements are: to have minimal diameter of the described cylinder in which the column may be entered in rotation around its vertical axis at angle $2 \cdot \pi$ rad ; minimum external dimensions; minimum weight; high efficiency; low level of noise; low cost.*

Motor-reducers have the following scheme: traction wheel, reducer, engine, breaking mechanism. In this type of power transmission are built electric or hydraulic motors. In this case will be shown motor - reducer with electric motor. Motor-reducers such as power transmission are required when the machine has the following conditions: to have two power wheels and have to must be able centroidal radius bend to enter between the driving wheels.