

STAȚIE DE ÎNCĂRCARE ȘI SCHIMBARE A ACUMULATORILOR VEHICULELOR AUTONOME

CHARGING AND REPLACEMENT STATION OF AUTONOMOUS VEHICLE BATTERIES

GÂRBAȘ Emanuel, GHEORGHE Marius Ionuț, MARCU Anamaria Liliana,
SAPADIN Iasmin, ȘOPALCĂ Andrei

Facultatea: FIIR, Specializarea: IAAC, Anul de studii: I

Conducător științific: Prof.dr.ing. Tom SAVU

ABSTRACT: The paper deals with the analysis of the subassembly for holding the battery pack, with the possibility of easy detachment, in order to move the battery pack to charge. Based on several possibilities of making battery housings, the main concepts of this system were generated and analyzed, according to the advantages and disadvantages.

KEY WORDS: charging station, battery, concepts, advantages, disadvantages.

1. Introducere

Lucrarea de față descrie stadiul actual al disertației cu tema “Stație de încărcare și schimbare a acumulatorilor vehiculelor autonome”, prezentând în principal modul de alegere a unui concept optim al sistemului de schimbare și manipulare a acumulatorilor din cadrul ansamblului stație de încărcare pentru vehiculele autonome.

Disertația are drept obiectiv proiectarea și realizarea unui prototip funcțional pentru o stație de încărcare a acumulatorilor unei flote de vehicule terestre autonome industriale.

Motivul existenței unei asemenea situații este acela de a reduce timpii petrecuți de vehicule pentru încărcarea acumulatorilor, stația urmând să extragă acumulatorii descarcați de pe vehicule și să-i înlocuiască, într-un timp scurt, cu unii gata încărcăți.

Folosirea stațiilor de încărcare ce urmează a fi proiectate în urma alegerii conceptului prezintă următoarele avantaje:

- economisește timp: se câștigă timp față de un încărcător clasic deoarece timpul de așteptare până la încărcarea vehiculului va fi înlocuit de timpul de schimbare al acumulatorilor care este de ordinul minutelor, sporind astfel creșterea productivității;
- se economisește spațiu: în cazul folosirii unor AGV-uri cu stații de încărcare clasice este nevoie de câte o stație pentru fiecare vehicul, astfel nu se mai ia în calcul nevoia de spațiu de depozitare intermediar;
- se va permite adaptarea ușoară a sistemului la cerințele de modificare întrucât piața actuală a fost studiată în detaliu;
- va fi exclusă deteriorarea vehiculului autonom deoarece prin simpla schimbare a acumulatorului, vehiculul autonom nu va mai fi supus unei încărcări rapide ducând astfel la o mărire a ciclurilor de încărcare;

Clienții, piața vizată sunt în principal producătorii de vehicule autonome industriale, iar pentru a satisface nevoia acestor clienți se studiază piața și se identifică cerințele acestora. Studiarea cuprinde următoarele întrebări generale, precum mediul în care este folosit vehiculul autonom sau ce așteptări există de la o stație de încărcare: numărul de vehicule din flota; durata medie de utilizare la o încărcare; gradul de utilizare al flotei; durata medie a încărcării unui acumulator; spațiul disponibil.

Pornindu-se de la nevoia de a avea acumulatorul mereu încărcat pe vehiculul autonom, s-a constatat că pe piață, la momentul actual, există doar stații cu încărcare clasică și nu stații care presupun schimbarea cu un alt acumulator deja încărcat de stația de încărcare și de asemenea încărcarea simultană a mai multor acumulatori.

2. Stadiul actual

Un studiu actual arată că vehiculele autonome cu utilizari industriale reprezintă un avantaj în cadrul manipulării materiei prime a producției. Astfel dezvoltarea acestui sistem de încărcare poate aduce un plus în cadrul producției la nivel industrial ținând cont că, indiferent de domeniul de aplicație tendința este de dezvoltare și automatizare a proceselor, tocmai prin introducerea produselor specifice.

Având la bază stadiul evoluției ultimelor stații de încărcare de pe piață, se constată că producătorii vehiculelor autonome nu au luat în calcul nevoia de a schimba un acumulator descărcat cu unul încărcat, având în vedere faptul că vehiculelor autonome le-au fost dezvoltate și funcții cât mai diverse și au primit prin integrarea inteligenței artificiale un grad tot mai înalt de adaptivitate [1].

În continuare s-a luat decizia de a studia produsul pe componentele principale:

- subansamblul de manipulare a pachetului de acumulatori în interiorul stației de încărcare;
- subansamblul de prindere a pachetului de acumulatori, cu posibilitatea de desprindere facilă, în vederea deplasării spre încărcare.

În prima fază a proiectării conceptuale a produsului, s-au realizat schițe cu modalitățile de schimbare a acumulatorilor din stația de încărcare urmând ca acestea să fie realizate 3D, fără a fi luate în calcul detalii precum metode de fixare sau conectare a componentelor. Pentru realizarea conceptelor de subansambluri de manipulare a pachetului de acumulatori în interiorul stației de încărcare, s-a pornit de la următoarele schițe, conform figurii 1, în care au fost studiate mișcările de prindere a acumulatorilor pe vehicul:

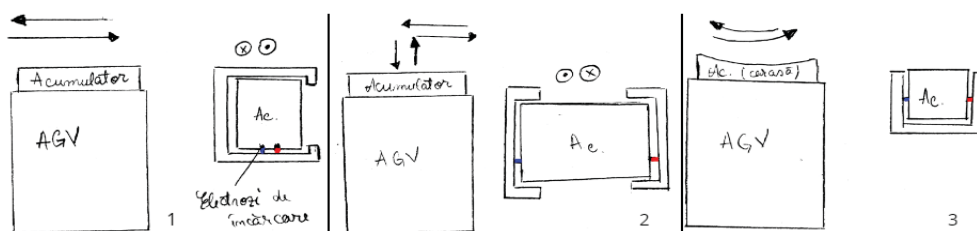


Fig. 1. Mișcări de prindere studiate

În conceptul C1 din figura 2, vehiculul lasă acumulatorul la un post disponibil în stația de încărcare și își continuă deplasarea către alt acumulator din stația de încărcare.

- Avantajele conceptului C1 sunt următoarele:

-Permite realizarea unor stații de diferite forme, mărimi și număr de posturi de încărcare;
-Acumulatorii pot avea diferite forme și mărimi;
-Se pot încarca acumulatori de puteri diferite în același timp;
-Permite încărcarea mai multor vehicule echipate cu acumulatori simultan.

- Dezavantaje conceptului C1

-Vehiculele au nevoie de acumulatori suplimentari permanenți montați pe vehicul;
-Sistem complex de prindere/desprindere a carcasi acumulatorilor;
-Masa acumulatorilor trebuie să fie redusă.

În C2 din figura 3, vehiculul se poziționează în stația de încărcare care are mecanism tip ‘carusel’ cu o singură mișcare de rotație.

- Avantajele conceptului C2

-Schimbare rapidă a acumulatorilor;
-Poate schimba un flux mare de vehicule cu acumulatori descărcați;

- Dezavantaje:

-Acumulatorii trebuie să fie de aceeași forma constructivă;
-Nu se pot încărca mai multe tipuri de acumulatori.

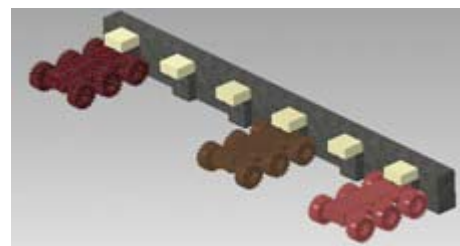


Fig. 2. Schiță conceptuală C1



Fig. 3. Schiță conceptuală C2

În C3 din figura 4, vehiculul se poziționează în stația de încărcare unde acumulatorul este scos printr-o mișcare de translație transportându-l în poziția de încărcare de unde ia alt acumulator încărcat.

- Avantaje:

- Schimbarea rapidă a acumulatorilor;
- Permite încărcarea mai multor tipuri de acumulatori, care au aceleași caracteristici constructive;

- Dezavantaje:

- Poate încărca acumulatori cu o singură formă constructivă;
- Brațul este greu de manevrat.



Fig. 4. Schița conceptuală C3

3. Generarea conceptelor pentru subansamblul de prindere a pachetului de acumulatori

Pentru generarea conceptelor de subansambluri de prindere a pachetului de acumulatori, s-a decis să se lucreze cu un singur tip de acumulator, urmând ca în proiectarea detaliată, conceptele generate să fie adaptabile și altor tipuri de acumulatori.

Pornind de la analiza mai multor tipuri de acumulatori, s-a ales pentru dezvoltarea prototipului acumulatorul de tip NiMH datorită formei pe care o are și a eficienței dezvoltată pe toată durata de viață a acestuia. Specificațiile acumulatorului luate în calcul sunt: Tensiunea nominală 6V; reacția chimică: NiMH; capacitatea: 2 Ah; descărcarea continuă: 2.8 A; descărcarea burst: 5.6 A; conector: Tamiya; tipul celulei: Sub-C (5 Cells) [2].

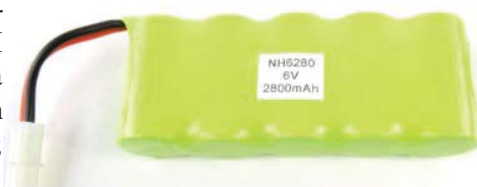


Fig. 5. Acumulator NiMH

Dimensiunile acestuia sunt: 22,86H x 44,96W x

109,22L mm; Masa: 29,9 g; Lungimea cablului: max. 76,2 mm;

Conceptele au fost generate astfel încât să respecte următoarele cerințe:

- prinderea pachetului de acumulatori pe vehicul să fie stabilă și simplă;
- desprinderea pachetului de acumulatori să necesite o forță redusă;
- la prindere, să se realizeze simultan și contactul electric.

Deoarece cerința referitoare la realizarea contactului electric nu are soluții care să varieze de la un concept la altul, s-a abordat întâi această problemă și s-au ales contacte electrice standardizate care urmează a fi utilizate în toate conceptele de mai jos.

Pentru generarea conceptelor s-au luat în considerare elemente standardizate precum contactele dintre acumulator și stație, respectiv acumulator vehicul. În figura 6 se regăsește contactul, având simbol BHC-2/3 și rezistând unui voltaj nominal de 9V. Contactul respectă certificarea ISO 14001 referitoare la sistemul de management al mediului. Materialul din care este făcut acesta este Oțel, iar ca și acoperire Nichelul. Prețul este de 0,5 RON/bucată [3].

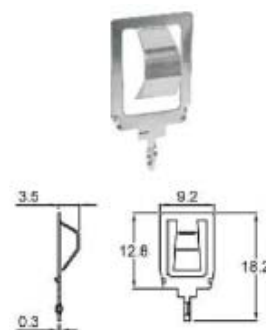


Fig. 6. Contact

În continuare, după ce au fost stabilite cerințele ce se vor a fi atinse și a fost ales și acumulatorul de tip NiMH, sunt prezentate cele patru tipuri de concepte ale mecanismului de schimbare a stației de încărcare, urmând să se decidă conceptul optim, conform analizei din punct de vedere al avantajelor și al dezavantajelor.

Concept 1

Conceptul 1 este prezentat în figura 7. Acesta este alcătuit din mai multe componente după cum urmează, fiecare cu câte un rol bine definit.

Carcasa acumulatorilor este prezentată în figura 8. Aceasta va fi realizată dintr-un material cum ar fi materialul plastic, pentru ca masa totală a acesteia să fie scăzută.

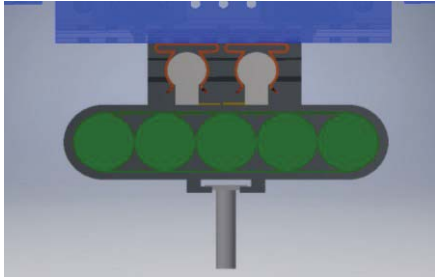


Fig. 7. Concept 1

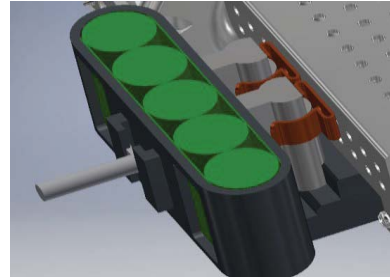


Fig. 8. Carcasă acumulator

Pe carcasă se assemblează doi cilindri frezați la capete pentru a face posibilă asamblarea. Acești cilindri au rolul de a se fixa pe clemele elastice din figura 8, prinse pe vehiculul autonom.

Contactul între carcasa acumulatorilor și suportul acumulatorilor, vezi figura 9, se realizează prin cele două contacte aflate pe carcasa acumulatorilor și cele două contacte aflate pe suportul acumulatorilor.

Prinderea și acționarea carcasei se va face cu ajutorul unui braț care va face trei mișcări, o translație pentru a intra în canalul din figura 10, o rotație la 90° pentru a se poziționa în dreptul unui canal în forma literei “T” și translația înapoi la stația de încărcare.

Pentru a se evita alunecarea carcasei pe axa Z, din cauza forței gravitaționale, a fost conceput un suport cu rol de a elimina alunecarea și de a realiza contactul electric dintre vehicul și acumulatori.

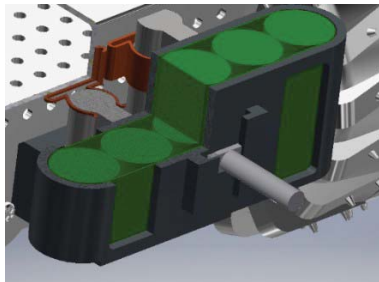


Fig. 9. Contactul electric

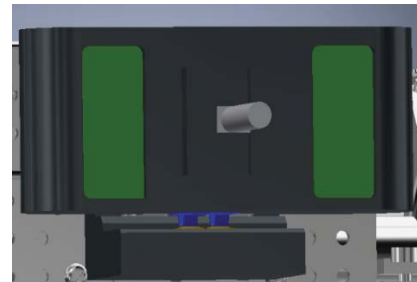


Fig. 10. Schimbare acumulator

Concept 2

Conceptul 2 este prezentat în figura 11. Acest concept este alcătuit dintr-un acumulator aflat în carcasa acumulatorilor (1) care este ghidat pe patru flancuri ale suportului (2) fixat pe vehiculul autonom. În acest suport se realizează conexiunea electrică și fixarea elastică reprezentată în zona (4) cu ajutorul clemelor de contact (vezi figura 12). Brațul de extracție (3) [4] realizează o mișcare de translație pentru a prinde acumulatorul și prin aceeași mișcare desprinde acumulatorul din suport urmând ca acesta să se deplaseze prin translație sau rotație pentru a poziționa acumulatorul la încărcat și a putea poziționa un nou acumulator încărcat în suport.

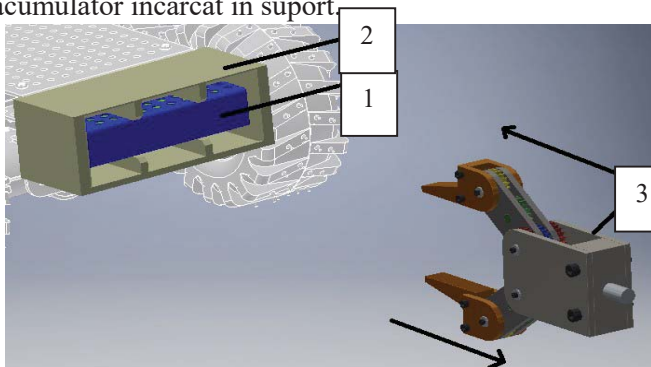


Fig. 11. Concept 2

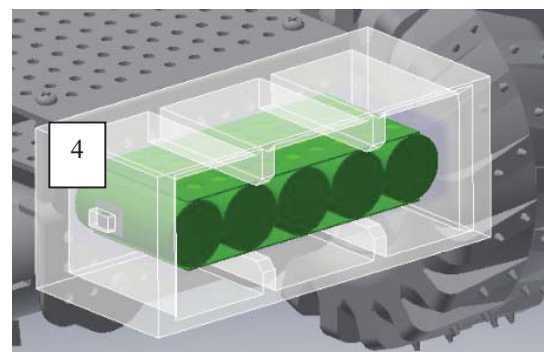


Fig. 12. Cleme de contact

Concept 3

Carcasa acumulatorilor împreună cu structura sa mecanică formată dintr-o roată dințată și două cremaliere se poate observa în figura 13 [5]. Aceasta conține setul de acumulatori reieșit din capitolul precedent. În fața carcasei se regăsește un mâner sub forma literei “T” care are rolul de a bloca/debloca carcasa acumulatorului în suportul acesteia de pe vehiculul autonom.

Atunci când mânerul se rotește, conform figurii 14, cei doi pini se retrag în interiorul carcasei, aceasta blocându-se, putând realiza o mișcare de translație înainte-înapoi.

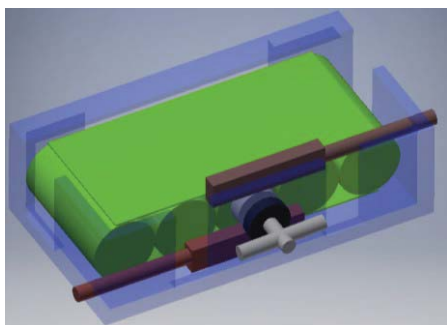


Fig. 13. Carcasa acumulatorului

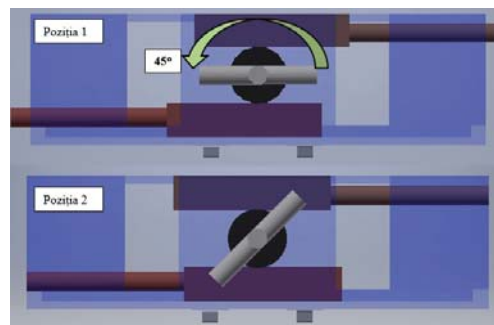


Fig. 14. Poziții de deblocare a carcasei

Stația de încărcare va cuprinde o structură mecanică formată dintr-un mecanism de încărcare/scoatere, mecanism de mutare și unul necesar încărcării propriu-zise.

Mecanismul de încărcare/scoatere este prezentat în figura 15. Mânerul sub forma literei “C” va prinde mânerul carcasei acumulatorului și îl va roti la 45° pentru a debloca carcasa, urmând ca motorul să deplaseze pachetul cu o mișcare de translație de-a lungul șurubului de conducere în stația de încărcare, pe axa Oy (figura 16).

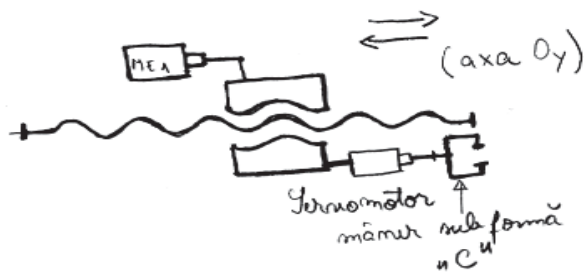


Fig. 15. Mecanism de încărcare/scoatere

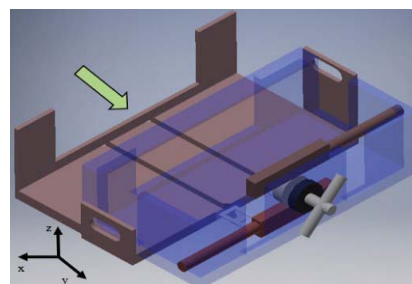


Fig. 16. Scoaterea carcasei

Mecanismul de mutare a carcasei cu acumulatori în interiorul stației de încărcare de la un post la altul, reprezentat în figura 17, constă într-un motor electric, un șurub conducător și suporturile cu sloturile de încărcare. Motorul 2 va antrena șurubul 2, făcându-l să se rotească și astfel suportul cu slotul de încărcare va efectua o mișcare de translație de-a lungul axei Ox.

Pentru a putea fi declanșat acest proces, mecanismul va fi dotat cu un traductor, pentru a ști când se realizează andocarea și implicit când să înceapă procesul.



Fig. 17. Mecanism de mutare a carcaselor cu acumulatori

Concept 4

Carcasa acumulatorilor este realizată dintr-un material plastic și este reprezentată în figura 18. Această carcasă conține setul de acumulatori stabilit în capitolul precedent. La exteriorul carcasei în partea inferioară se regasesc doua contacte elastice reprezentând anodul și catodul pachetului de acumulatori.

Pe lateralele carcasei, conform figurii 19, se regăesc mecanismele de orientare și fixare ale acesteia pe brațul de schimbare al acumulatorilor. Când brațul intră în contact cu carcasa acumulatorilor, pe suprafața înclinată, o ridică aproximativ 1 mm de pe suportul amplasat pe autovehicul, reprezentat în figura 20, fapt ce conduce la reducerea frecării dintre carcasă și suport.

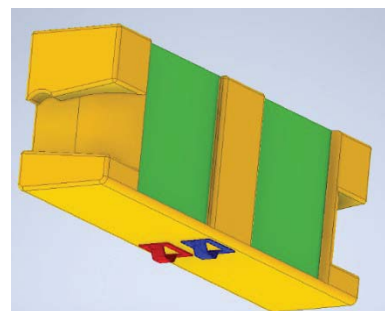


Fig. 18. Carcasa acumulatorului

Autovehiculul își continuă deplasarea, translătând carcasa pe brațul de schimbare, până când cele două suprafețe cilindrice intra în contact preluând și ultimul grad de libertate, fapt ce duce la fixarea carcasei pe brațul de schimbare.

Stația de încărcare va cuprinde o structură mecanică formată dintr-un mecanism de încărcare/schimbare și unul necesar încărcării propriu-zise.

Mecanismul de încărcare/schimbare din figura 21 este responsabil de încărcarea și schimbarea carcasei cu acumulatori de la și către vehiculul autonom. Această schimbare se realizează printr-o mișcare de translație a brațului acumulatorului din poziția actualului acumulator descărcat aflat pe vehicul în poziția celui mai apropiat acumulator încărcat. Încărcarea acumulatorilor se face pe brațul de schimbare al acestor acumulatori.



Fig. 19. Poziții de prindere a carcasei

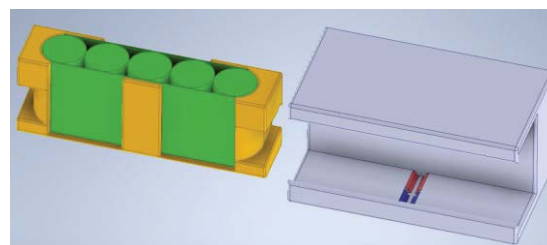


Fig. 20. Contactul între carcasă și suportul carcasei

Contactul între carcasa acumulatorilor și suportul acumulatorilor se realizează prin cele două contacte aflate pe carcasa acumulatorilor, vezi figura 18, și cele două contracte aflate pe suportul acumulatorilor. În momentul în care se realizează contactul, datorită formei contactelor de pe suport și a elasticității contactelor de pe carcasă se realizează fixarea acumulatorilor în suport.

Mecanismul de schimbare și încărcare al acumulatorilor este reprezentat în figura 22.

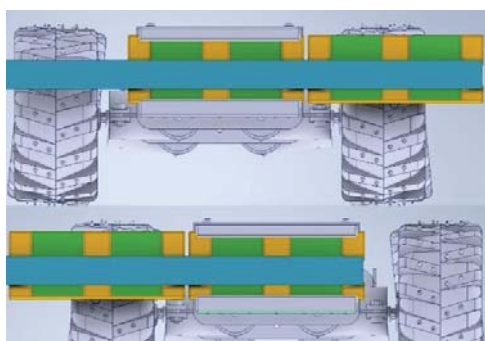


Fig. 21. Mișcările de schimbare

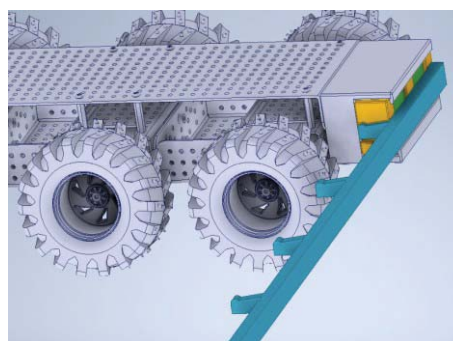


Fig. 22. Conceptul 4

4. Avantaje și dezavantaje ale subansamblul de prindere a pachetului de acumulatori

Obiectivul de concepere și analiză a mecanismului de schimbare al celor patru stații de încărcare pentru vehiculele autonome care operează în medii industriale a fost atins, putând ca pentru fiecare dintre concepte să se stabilească avantajele și dezavantajele cu privire la: complexitatea soluțiilor, posibilitatea de realizare sau fiabilitatea sistemului.

În vederea conceptul 1 s-au identificat următoarele avantaje și dezavantaje, conform tabelului 1:

Tabelul 1. Avantaje-dezavantaje concept 1

Avantaje	Dezavantaje
<ol style="list-style-type: none"> 1. Prindere elastică simplă pe vehicul; 2. Încărcarea acumulatorilor se realizează independent de mecanismul de schimbare; 3. Mecanismul se poate adapta la mai multe tipodimensiuni de acumulatori; 4. Risc redus de defecțiuni; 5. Risc redus de supraîncălzire a acumulatorului. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Necesită două mișcări de prindere/desprindere și poziționare în stație; 2. Contactul electric poate fi deficitar; 3. Posibilitatea deformării carcasei și a brațului de prindere prin poziția necorespunzătoare a brațului; 4. Stația de încărcare funcționează doar cu carcasa de acumulatori special proiectată pentru aceasta.

Pentru conceptul 2 s-au regăsit următoarele:

Tabelul 2. Avantaje-dezavantaje concept 2

Avantaje	Dezavantaje
<ol style="list-style-type: none"> 1. Prindere elastică simplă pe vehicul; 2. Încărcarea acumulatorilor se realizează independent de mecanismul de schimbare; 3. Mecanismul se poate adapta la mai multe tipodimensiuni de acumulatori; 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Posibilitatea încălzirii acumulatorilor în condiții de exploatare severă; 2. Posibilitatea desprinderii acumulatorului în timpul schimbării; 3. Acumulatorul se poate gripa în suportul de pe carcasă; 4. Risc ridicat de defectiune a brațului.

Pentru conceptul 3 s-au regăsit următoarele:

Tabelul 3. Avantaje-dezavantaje concept 3

Avantaje	Dezavantaje
<ol style="list-style-type: none"> 1. Fixarea acumulatorului în carcasă se realizează printr-un mecanism mecanic; 2. Încărcarea acumulatorilor se realizează independent de mecanismul de schimbare; 3. Mecanismul se poate adapta la mai multe tipodimensiuni de acumulatori; 4. Piese sunt interschimbabile, ceea ce duce la reparații ușoare în urma unor defecțiuni. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Necesită două mișcări de prindere/desprindere și poziționare în stație; 2. Posibilitatea gripării mecanismului roată dințată-cremalieră; 3. Posibilitatea gripării mecanismului răspunzător de mânerul "C" și "T"; 4. Suprafața mare de contact între carcasa acumulatorilor și suportul de pe vehicul, care duce la forțe de frecare mari.

Pentru conceptul 4 s-au regăsit următoarele:

Tabelul 4. Avantaje-dezavantaje concept 4

Avantaje	Dezavantaje
<ol style="list-style-type: none"> 1. Prinderea acumulatorului în brațul de schimbare se realizează din deplasarea vehiculului; 2. Schimbarea acumulatorului se realizează dintr-o singură mișcare a stației (translație); 3. Încărcarea se poate face în brațul de schimbare cât și într-un loc separat; 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Cu cât crește numărul de acumulatori cu atât crește și dimensiunea stației de încărcare; 2. Stația de încărcare are nevoie de un spațiu de lucru aproximativ cu de două ori lungimea sa; 3. Stația de încărcare este realizată pentru o singură tipodimensiune de acumulatori;

<p>4. Soluția se poate adapta pentru un număr mare de acumulatori;</p> <p>5. Posibilitatea de realizare a carcasei și a suportului de acumulator este mare datorită procedeele de realizare a componentelor;</p> <p>6. Fiabilitatea sistemului este crescută datorită interschimbabilității componentelor;</p> <p>7. Riscul redus de defecțiuni;</p>	<p>4. Stația de încărcare funcționează doar cu carcasa de acumulatori special proiectată pentru aceasta;</p> <p>5. Fixarea acumulatorilor este realizată prin cleme elastice și forța gravitațională</p>
--	--

5. Analiza conceptelor

Stația de încărcare și schimbare a acumulatorilor vehiculelor autonome are următoarele componente principale: subansamblul de manipulare a pachetului de acumulatori în interiorul stației de încărcare; subansamblul de prindere a pachetului de acumulatori, cu posibilitatea de desprindere facilă, în vederea deplasării spre încărcare; încărcarea acumulatorilor din interiorul stației de încărcare și încărcarea vehiculelor staționate în stația de încărcare.

În urma analizei conceptelor s-a ajuns la concluzia ca nu exista suficiente informații nefiind studiate detaliile legate de componentele care realizează încărcarea și nu se poate stabili momentan un concept optim, ceea ce duce la continuarea studierii și proiectării 3D a fiecărui concept până la dobândirea suficientor informații pentru a decide care este conceptul optim.

6. Concluzii

În lucrarea de față au fost studiate posibilitățile conceperii unor mecanisme de schimbare și conectare a acumulatorilor de pe vehiculele autonome în stația de încărcare, luându-se în calcul stațiile existente pe piața pentru vehicule autonome.

A fost realizată o analiză de marketing unde au fost analizate posibilitățile conceperii unui nou produs pe piața stațiilor de încărcare pentru acumulatorii vehiculelor autonome, prin studierea produselor existente și a dorintelor potențialilor clienți, bineînțeles după ce s-a stabilit domeniul în care se activează. În urma analizei, au fost stabilite criteriile ce se vor a fi atinse pentru a satisface cerințele, tocmai pentru a sporii creșterea în acest sector industrial comparând cu produsele existente deja.

În funcție de aceste criterii, s-a început proiectarea conceptuală pornind de la interior spre exterior, începând cu analiza acumulatorilor și posibilitățile de a realiza de contactul electric între acumulator și vehicul și continuând cu posibilitățile de prindere a carcasei și mișcările acesteia spre stația de încărcare.

După ce au fost realizate patru concepte pentru prinderea și mișcările acumulatorului au fost analizate avantajele și dezavantajele acestora în vederea trierii lor și alegerea conceptului optim. Datorită informațiilor insuficiente ale stației de încărcare nu s-a putut opta asupra unui concept optim și s-a decis continuarea proiectării detaliate a tuturor conceptelor.

Cercetările viitoare: În viitor se vor extinde cercetările asupra conceptelor mecanismelor de încărcare a acumulatorilor din interiorul stației de încărcare și mecanismelor de încărcare a vehiculelor autonome staționate în stația de încărcare pentru a obține informații care vor ajuta la alegerea conceptului optim și finalizarea disertației prin prototiparea stației.

7. Bibliografie

- [1] Luca, R., Contribuții privind sistemele de navigație a vehiculelor autonome, Teză de doctorat, Sibiu (2011);
- [2] <https://www.robotshop.com/en/6v-2800mah-nimh-battery.html>, accesat la data 01/2020;
- [3] <https://www.tme.eu/Document/fb95b59fbd01ed654993837a4168d7a9/BatteryContact.pdf>, accesat la data 05/2020;
- [4] <https://grabcad.com/library/gears-gripper-mechanism-1>, accesat la data 05/2020.
- [5] Juan, Wu. Automatic Battery Swap System for Home Robots, China, (2012)