

# ROBOT MOBIL PENTRU SERVICII PROIECTAREA CONSTRUCTIVĂ ȘI FUNCȚIONALĂ

Fineas MORARIU<sup>1</sup>, Prof.dr.ing. Sever-Gabriel RACZ<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universitatea „Lucian Blaga” din Sibiu, Sibiu, România

**REZUMAT.** Lucrarea de față își propune să trateze aspectele definitorii ale proiectării constructiv-funcționale a unui robot autonom de tuns gazonul. Realizarea acestuia trebuie să respecte anumite cerințele impuse, cum ar fi posibilitatea reglării înălțimii de tăiere sau optimizarea sistemului de comandă și control, astfel încât robotul să dispună de energia necesară tunderii suprafeței dorite. Flexibilitatea sistemului și autonomia robotului trebuie să fie ridicate, pentru ca acesta să se poată adapta la diferite configurații ale mediului de lucru. Sistemul de locomoție, motoarele de tracțiune și roțile trebuie să fie adecvate pentru a corespunde suprafețelor accidentate și înclinate.

**Cuvinte cheie:** robot autonom de tuns gazonul, proiectare constructiv-funcțională, sistem de comandă și control, sistem de locomoție.

**ABSTRACT.** This paper addresses the defining aspects of constructively and functionally designing an autonomous electric lawn mower. This needs to be done according to some specific requirements, such as the possibility of adjusting the depth of cut or the optimizing of the command and control system, so that the robot is powered with the right amount of energy for mowing the entire wanted area of grass; the robot needs to be flexible enough and autonomous in order to be able to adapt to different configurations according to the working environment. The locomotion system, the traction engines and the wheels need to be adequate in order to correspond to bumpy or sloping areas.

**Keywords:** autonomous lawn mower, constructive and functional design, command and control system, robot locomotion.

## 1. STADIUL ACTUAL AL CUNOAȘTERII

Roboții mobili pentru servicii au devenit o necesitate pentru societatea secolului al XXI-lea. Există un raport de directă proporționalitate între dezvoltarea accelerată a tehnologiei și diversificarea sistemelor mecatronice, caracterizate de performanțe tehnice îndeplinite de gradul de complexitate a construcției [1]. Ținând cont de acest aspect, în momentul de față se pot identifica diferite modele de roboți de tuns gazonul, ale căror caracteristici tehnice generale se diferențiază prin: suprafața de gazon acoperită, înălțimea de tăiere minimă și maximă, autonomia bateriei, sisteme de siguranță și de protecție.

Unii dintre cei mai importanți producători de pe piața mondială au dezvoltat roboți echipați cu sisteme care vin în ajutorul utilizatorului, precum seria de mașini de tuns gazonul Husqvarna Automower care, conform paginii de prezentare [2], transformă operația de tundere într-un proces comod, lipsit de efort și sigur. Acest considerent se datorează înglobării în construcția robotului a diferiților senzori, cum ar fi senzorii de temperatură și de umiditate, care îl ajută să gestioneze

cu ușurință schimbările vremii. Silențiozitatea sistemelor de locomoție și de tăiere reprezintă un avantaj, întrucât robotul nu este restricționat de un program diurn de lucru. Prin intermediul aplicației pentru smartphone, utilizatorul are acces și control asupra orelor de funcționare și a zonelor de tundere.

Suprafața de tundere (uneori dificil de parcurs din cauza pantelor și a obstacolelor), care poate să ajungă – în cazul modelelor premium – și la 5000 mp, este parcursă în decurs de câteva zile cu ajutorul unui tipar aleatoriu de deplasare. Acesta, în comparație cu cel al mașinilor tradiționale de tuns iarba, este benefic sănătății gazonului datorită eliminării dungilor rezultate în urma tunderii. Mai mult, nu este necesară colectarea ierbii, deoarece înălțimea firului tăiat este de câțiva milimetri, iar, prin intermediul cuțitelor care o mărunțesc, ea va forma un strat protector și va fertiliza solul gazonului. Robotul are protecție anti-furt, fiind dotat cu alarmă și, totodată, fiind localizat prin GPS. Autonomia acestuia variază atât în funcție de model, cât și de aspectul general al terenului.

Delimitarea spațiului de lucru se face în cazul seriei Automower cu ajutorul unui cablu de delimitare. Acesta este așezat perimetral la nivelul solului

și face posibilă, împreună cu sistemul GPS și cel prin unde radio, ghidarea robotului către stația de încărcare (în cazul în care bateria este descărcată).

Spre deosebire de robotul dezvoltat de către Husqvarna, cel introdus pe piață de compania Bosch [3] (dotat, de asemenea, cu senzori prin intermediul cărora evită obstacolele din calea lui și se deplasează către încărcător în mod autonom) se diferențiază prin sistemul inteligent de navigare care măsoară grădina și calculează ruta potrivită pentru o tundere ordonată pe rânduri paralele.

În această serie de comparații, se impune aducerea în discuție și a robotului autonom de tuns gazonul fabricat de Viking [4]. Acesta se caracterizează prin performanțe remarcabile în ceea ce privește suprafața de lucru și timpul efectiv de funcționare. Dacă umezeala depășește o anumită valoare maximă, robotul se oprește din a tunde iarba și se deplasează în mod autonom către stația de andocare. O funcție aparte este posibilitatea de încărcare rapidă, în situația în care robotul consideră că este necesară continuarea procesului de tăiere. În caz contrar, încărcarea se realizează în modul econom.

O altă funcție importantă prevede ca la fiecare oprire a cuțitului de tăiere să se inverseze sensul de rotație, fapt care determină o uzură egală a tăișului. Este dotat cu un sistem inteligent antifurt și cu roți cu profil de tracțiune care să îl poată face utilizabil în zone cu vegetație deasă și pe terenuri accidentate cu înclinații de până la 35%. Roțile dispun și de funcția de autocurățare.

## 2. PROIECTAREA CONSTRUCTIVĂ ȘI FUNCȚIONALĂ A ROBOTULUI DE TUNS GAZONUL

Lucrarea de față își propune studiul proiectării unui robot mobil autonom pentru servicii, acționat de un sistem de locomoție diferențial care să dispună de posibilitatea reglării înălțimii de tăiere a ierbii și care să fie dotat cu un sistem senzorial corespunzător, astfel încât acesta să fie capabil să își atingă scopul într-un mod cât mai eficient (fig. 2.1).

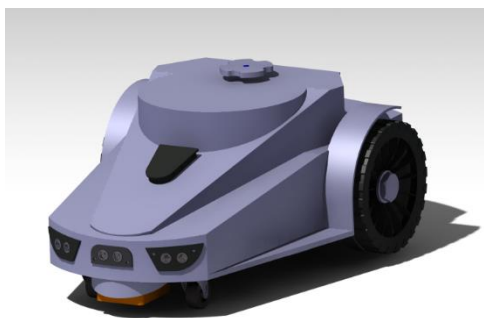


Fig. 2.1. Ansamblul robotului de tuns gazonul.

Rezultatele studiului și cercetării în domeniul de specialitate au dus la proiectarea unui ansamblu format din două componente: hardware și software. Acestea au fost dezvoltate pentru a satisface cerințele inițiale care descriu felul în care se delimitează spațiul de lucru, autonomia robotului, suprafața activă, tipul cuțitului de tăiere, dar și alte aspecte legate de exploatarea în condiții de siguranță, protecția muncii, depozitare și întreținere. Toate acestea au condus către un produs care se dorește a fi unul calitativ, fiabil și ușor de folosit.

După o analiză a tipurilor de sisteme de locomoție, s-a decis alegerea sistemului de locomoție diferențial care răspunde cel mai bine cerințelor impuse și care dispune de o serie de avantaje în comparație cu celelalte tipuri de sisteme de locomoție. Această alegere a determinat mai departe forma constructivă a șasiului (fig. 2.2).

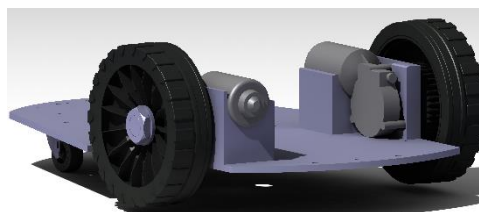


Fig. 2.2. Sistemul de locomoție al robotului de tuns gazonul.

Când se dorește construcția unui robot mobil, alegerea motoarelor electrice reprezintă o decizie importantă. Trebuie luate în calcul anumite aspecte privind câteva dintre caracteristicile acestuia, cum ar fi: dimensiunea, masa totală, viteza de deplasare, accelerația, tipul suprafeței de rulare. Calculul forțelor care acționează asupra robotului în timp ce acesta este în deplasare pe o anumită suprafață duce la predimensionarea tracțiunii și la alegerea tipului de motor electric corespunzător. Tracțiunea are la bază două roți motoare antrenate de două motoare electrice de curent continuu cu perii, alimentate la o tensiune de 12 V. Robotul trebuie să învingă forțele de frecare dintre roți și suprafața de contact – iarba, în situația de față – forțele de inerție, dar și forțele de frecare din interiorul motorului. Mai mult, trebuie să se țină cont și de faptul că robotul va rula pe suprafețe înclinate.

În urma calculului de dimensionare a motoarelor electrice de curent continuu din care au rezultat valorile momentului motor, a forțelor care acționează asupra robotului și a puterii motorului, s-au ales două motoare de curent continuu realizate de către producătorul spaniol Doga (111.3761.20.00). Acestea au atașat la axul motor două reductoare de tip melc – roată melcată cu un raport de transmisie de 62:1. Acest tip de motor prezintă o serie de avantaje, precum:

- Posibilitatea de schimbare a periiilor prelungește viața acestuia;

## ROBOT MOBIL PENTRU SERVICII PROIECTAREA CONSTRUCTIVĂ ȘI FUNCȚIONALĂ

- Turația este reglată prin tensiune, ceea ce înseamnă că este mai ușor de controlat. [5, 6]

Motorul antrenează în mișcare de rotație cele două roți care au un diametru de 200 mm. Acestea sunt realizate dintr-un material termoplast și sunt divizate în două părți: o parte prevăzută cu un profil cramponat pentru a mări aderența la suprafață și una netedă cu un canal specializat care să ajute robotul să își păstreze traiectoria rectilinie în timpul deplasării.

Sistemul de reglare a înălțimii, în care este cuprins și sistemul de tăiere, înfățișează ansamblul activ ce contribuie la procesul de tundere a ierbii. Obiectivul acestuia este de a apropia sau distanța sistemul de tăiere față de placa de bază a robotului. Împreună cu acesta culisează motorul de curent continuu fără perii, care antrenează arborele principal ce transmite mișcarea de la motor către discurile care compun, alături de cuțite, sistemul de tăiere (fig. 2.3).

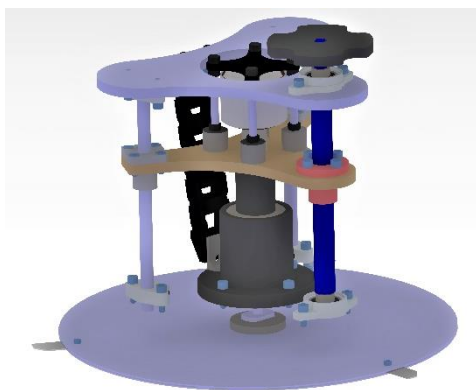


Fig. 2.3. Ansamblul sistemului de reglare a înălțimii.

Pentru antrenarea sistemului de tăiere, s-a optat pentru un motor de curent continuu fără perii Magnum A4120/7-BI. Acesta dispune de o serie de avantaje care reușesc să îl pună pe o treaptă superioară față de motorul de curent continuu cu perii. Față de ultimul menționat, motorul ales este lipsit de forțele de frecare dintre perii și arbore, nedisipând energie prin încălzire, ceea ce face ca turația și cuplul obținute să fie mai mari. În plus, nu are nevoie de mentenanță în ceea ce privește periile colectoare, întrucât acesta nu introduce impulsuri parazite în sistemul de alimentare. Dintre dezavantajele acestui tip de motor, poate fi menționat gradul mai ridicat de complexitate a instalației electronice care necesită o componentă suplimentară specializată: un regulator electronic ESC (Electronic Speed Controller). [5, 7]

Robotul mobil are nevoie de un sistem adecvat pentru comandă. Aceasta depinde direct de componentele implementate și de performanțele lor. Pentru a crea un mediu adecvat, curat, lipsit de praf și de umezeală, dar și pentru a proteja componentele electronice de lovituri și șocuri mecanice, s-a constatat nevoia realizării unei cutii. Cutia (suportul

pentru componentele electronice) este proiectată în așa fel încât să atribuie un spațiu personalizat fiecărei piese electronice. Este realizată din polioximetilenă (POM), (fig. 2.4).

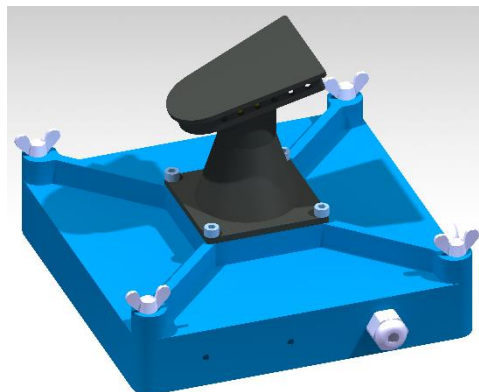


Fig. 2.4. Cutia pentru componentele electronice de comandă și control.

Eficiența robotului mobil depinde de platforma folosită pentru control. Așadar, pentru aceasta s-a folosit placa de dezvoltare Arduino Mega 2560.

Acumulatorul utilizat pentru alimentarea robotului mobil de tuns gazonul este produs de Tattu, are o tensiune nominală de 22.2 V, o capacitate de 16 Ah și dezvoltă un curent de descărcare de 240 Ah. Acesta este format din șase celule ce au la bază tehnologia LiPo.

Placa de dezvoltare Arduino nu este capabilă să genereze pe ieșire un curent care să poată antrena, în mișcare de rotație, axul motorului. Este chiar contraindicată alimentarea directă a motorului la aceasta, deoarece se poate produce arderea procesorului. Prin urmare, este nevoie de o altă componentă care să fie capabilă să ia putere din acumulator și să o transmită motoarelor în funcție de comanda dată de Arduino. Dual VNH5019 este driverul de motoare care îndeplinește dezideratul pus în discuție. Acesta poate alimenta două motoare de curent continuu și poate opera cu tensiuni cuprinse între 5.5 V și 24 V. Pe ieșire generează un curent continuu de 12 A, cu valoare maximă 30 A per motor.

Controlerul furnizează „inteligenta” de care este nevoie pentru a controla sistemul. Acesta primește, însă, informațiile de la sistemul senzorial, iar, după ce prelucrează informația, evaluează comenzile de control care vor fi trimise către elementele de acționare în scopul îndeplinirii sarcinilor [1].

Informațiile referitoare la mediul de lucru al robotului sunt furnizate de către senzorul inductiv de proximitate IFM 5058 [8] și de trei senzori ultrasonici Parallax PING. Sistemul de control este unul cu buclă deschisă, deoarece controlerul măsoară independent valoarea tensiunii sau a curentului necesar motorului de curent continuu cu perii pentru a îndeplini cerința, ca mai apoi să o

trimită acestuia. Spațiul de lucru al robotului trebuie să fie unul cunoscut și limitat. În urma analizei posibilităților de limitare a spațiului de lucru, am decis implementarea unui simplu cablu oțelit cu un diametru de 4 mm. Acesta este montat fie la nivelul solului, fie acoperit cu un strat superficial de pământ, fiind detectat de un senzor de proximitate inductiv.

Pentru controlul motorului de curent continuu fără perii Magnum A4120/7-B1, s-a optat pentru regulatorul electronic Brushless Fly Pro 60 A, prin intermediul căruia se realizează controlul fin al turației cu liniaritate și răspuns rapid la rotirea potențiometrului.

Componenta software este cea care susține performanțele robotului mobil de tuns gazonul. Aceasta cuprinde algoritmi de comandă și control care, după ce sistemul de percepție transmite informația, sunt utilizați pentru a lua – în cadrul nivelului decizional [9] – o hotărâre legată de modul în care se realizează sarcinile impuse.

După realizarea tuturor componentelor, acestea au fost asamblate pe placa de bază. A fost proiectată și carcasa robotului, un element care să ofere protecție împotriva prafului, șocurilor și apei.

### 3. CONCLUZII

În lucrarea de față a fost tratată proiectarea constructiv-funcțională a unui robot autonom pentru servicii. Utilizând pachetul CAD al platformei Catia V5, s-a realizat modelarea constructivă a întregului produs pentru a putea stabili variantele constructive optime, dar și pentru poziționarea corectă a componentelor pe placa de bază. Selectarea componentelor electronice și dezvoltarea celor specializate au fost următorii pași efectuați în proiectarea robotului. De proprietățile acestora a depins stabilirea cu ușurință a

legăturii dintre componenta hardware și cea software. În această etapă s-au ales tipurile de senzori care intră în componența sistemului de percepție.

S-au elaborat programele pentru sistemul de locomoție și de tăiere, iar pe baza algoritmilor și a strategiilor de navigare, controlerul dă comenzi elementelor de execuție pentru ca robotul să își atingă obiectivul cu promptitudine. În acest context, se impune și menționarea faptului că robotul a fost realizat și practic, fiind în momentul de față în faza de testare.

Pe viitor, se dorește îmbunătățirea robotului autonom de tuns gazonul prin automatizarea sistemului de reglare a înălțimii și prin montarea de noi senzori, precum cel GPS, pentru o orientare mai precisă, dar și pentru posibilitatea navigării autonome a acestuia la stația de încărcat.

### BIBLIOGRAFIE

- [1] Dumitriu, A., *Bazele sistemelor mecatronice*, Universitatea „Transilvania” din Brașov, România, 2006.
- [2] Mașini robotizate de tuns gazonul: <https://www.husqvarna.com/ro/products/masini-robotizate-de-tuns-gazonul/> [accesat în 07.01.2020].
- [3] Bosch Indego: <https://www.bosch-garden.com/gb/en/garden-tools/indego-home.jsp> [accesat în 09.01.2020].
- [4] iMOW Robotic mowers: <https://www.viking-garden.com/imow-robotic-mowers.aspx#imow> [accesat în 10.01.2020].
- [5] Vencilă, I., *Mașini electrice*, Editura Universității „Dunărea de Jos” din Galați, România, 2015.
- [6] Galan, N., Ghiță, C., Cistelean, M., *Mașini electrice*, Editura Didactică și Pedagogică, București, România, 1981.
- [7] Pearsică, M., Petrescu, M., *Mașini electrice*, Editura Academiei Forțelor Aeriene „Henri Coandă”, Brașov, România, 2007.
- [8] Inductive sensor: <https://www.ifm.com/cn/en/product/ID5058> [accesat în 11.01.2020].
- [9] Bogdanov, I., *Conducerea roboților*, Editura Orizonturi Universitare, Timișoara, România, 2010.

---

### Despre autori

Ing. **Fineas MORARIU**

Universitatea „Lucian Blaga”, Sibiu, România

Absolvent al Facultății de Inginerie, Universitatea „Lucian Blaga” din Sibiu, specializarea Mecatronică.

Prof.dr.ing. **Sever-Gabriel RACZ**

Universitatea „Lucian Blaga”, Sibiu, România

Sever-Gabriel Racz este profesor la Universitatea “Lucian Blaga” din Sibiu și director al Departamentului de Mașini și Echipamente Industriale. Este conducător de doctorat în domeniul Ingineriei Industriale. Domeniile sale de interes includ, printre altele, acționările hidraulice și proiectarea asistată de calculator.