

მუდმივი დენის ძრავების შერჩევა მობილური რობოტებისთვის

პაატა ჯოხაძე, თორნიკე მამიაშვილი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

რეზიუმე

განხილულია მობილური რობოტების ამძრავებისათვის მუდმივი დენის ძრავის შერჩევის პრინციპები. მოყვანილია ფორმულები, რომლის მეშვეობითაც უნდა შეირჩეს ძრავების სიმძლავრე. წარმოდგენილია რობოტების სავალ ნაწილში მუდმივი დენის ძრავის გამოყენების უარყოფითი და დადებითი მხარეები, შემუშავებულია მუდმივი დენის ძრავის ამძრავის მართვის, ადაპტური - ენერგოეფექტური, მართვის პრინციპები.

საკვანძო სიტყვები: მობილური რობოტი. ამძრავი. მუდმივი დენის ძრავი. მიკროკონტროლერი. მართვის ადაპტური ალგორითმი.

1. შესავალი

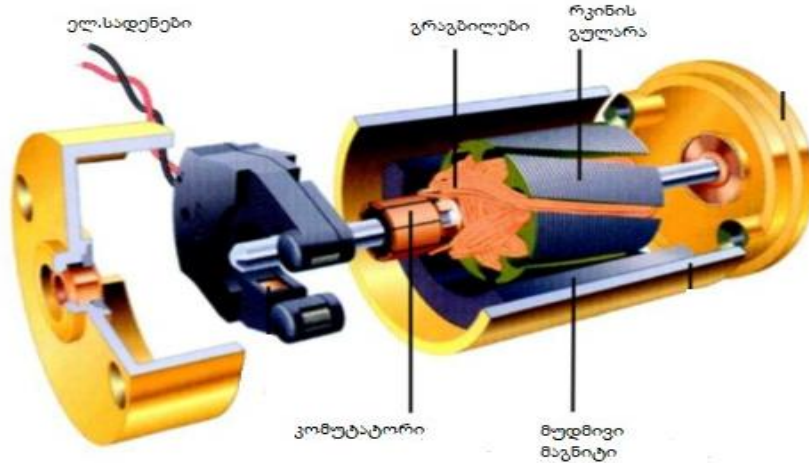
მობილური რობოტების შექმნისას, მათი საიმედო ფუნქციონირებისთვის, ერთ-ერთ უმნიშვნელოვანეს როლს ასრულებს ელექტრული ამძრავები, ვინაიდან მათი აღჭურვა სხვა ტიპის ამძრავებით როგორცაა, მაგალითად, ჰიდრავლიკური და/ან პნევმატური ამძრავები, საკმაოდ არაპრაქტიკულია და ართულებს მათ კონსტრუქციას, ზრდის წონას და ზღუდავს მათ მობილურობას. წინამდებარე სტატიაში განხილულია მუდმივი დენის (DC-direct current) ძრავების შერჩევისა და გამოყენების მეთოდოლოგია და პრინციპები. ამძრავების შერჩევის გადაწყვეტილების მიღებისას აუცილებელია, უპირველეს ყოვლისა, დაზუსტდეს კონსტრუირებადი რობოტის ტექნიკური მახასიათებლები, მათ შორის: მისი გაბარიტული ზომები, წონა, ტვირთამწეობა, მოძრაობის სიჩქარე, იმ რელიეფის თავისებურებანი რომელშიც მოუწევს რობოტს ფუნქციონირება და რაც მთავარია ენერგოუზრუნველყოფა - აკუმულატორების ბატარეების ტევადობა, რომელიც მნიშვნელოვნად განსაზღვრავს რობოტის წონასა და მისი ფუნქციონირების ხანგრძლივობას.

მას შემდეგ, რაც დადგენილი იქნება რობოტის მახასიათებლები და მისდამი წაყენებული მოთხოვნები, შესაძლებელი ხდება ამძრავის და მათი მართვის სისტემის შერჩევა. ზოგ შემთხვევებში არსებული მზა ამძრავების მორგება დასმულ ამოცანასთან შეუძლებელია, რის გამოც ხდება მათი თავიდან შემუშავება, უმეტესად ამძრავის ელექტრონული ნაწილის მართვის ალგორითმების სახით (ძრავის მართვის სისტემა - ე.წ. ძრავის დრაივერი).

რობოტიკაში ძირითადად გამოიყენება ორი ტიპის ელექტრული ძრავი: შედარებით მძლავრი მუდმივი დენის ძრავი და ბიჯური ძრავი. ამათგან მუდმივი დენის ძრავის გამოყენებისას ზოგ შემთხვევებში აუცილებელი ხდება კბილანური რედუქტორების გამოყენება როგორც ამძრავი მექანიზმის, ასევე კუთხისა და ბრუნთა რიცხვის მზომი გადამწოდებისათვის, რაც არაა საჭირო ბიჯური ძრავების გამოყენების შემთხვევაში. მიუხედავად ამისა რიგ შემთხვევაში ხელსაყრელია მუდმივი დენის ძრავების გამოყენება, ვინაიდან მათი სიმძლავრეები იცვლება საკმაოდ დიდ დიაპაზონში. ამიტომ სტატის ამ ნაწილში განიხილება მუდმივი დენის ძრავების შერჩევის მეთოდოლოგია და პრინციპები.

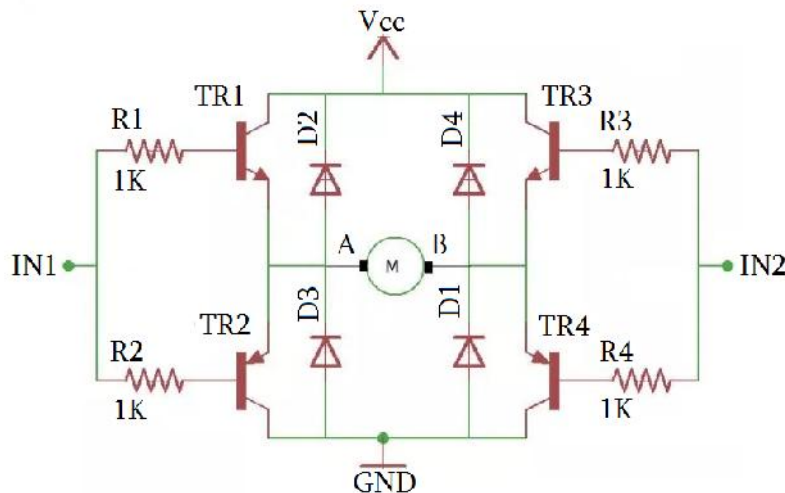
2. DC ძრავების გამოყენების თავისებურებანი

მუდმივი დენის (DC) ძრავები შედგება სტატორისგან, რომელშიც ჩამაგრებულია მუდმივი მაგნიტები და როტორისგან, რომელიც წარმოადგენს ძრავის მბრუნავ ნაწილს და რომელზედაც განთავსებულია გამტარებისაგან დახვეული კოჭები (ნახ.1).



ნახ.1 DC ძრავის ჭრილი

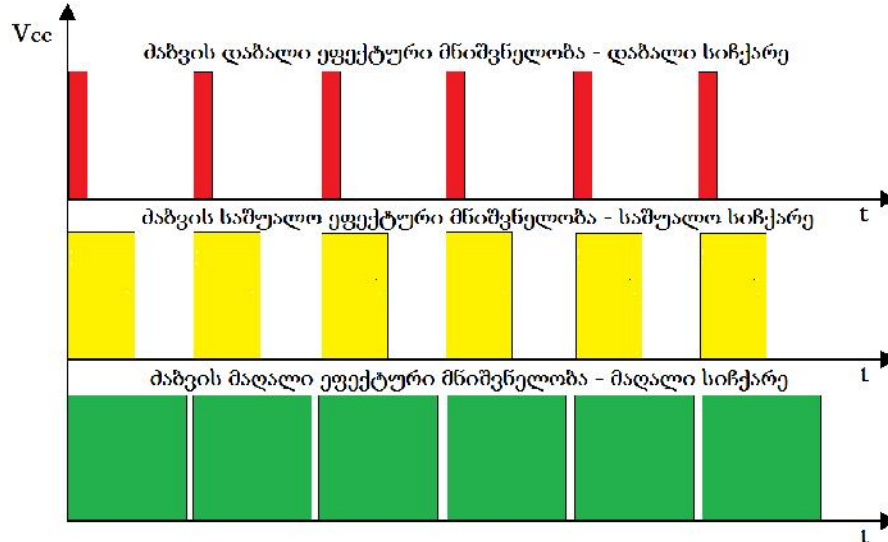
მუდმივი ძრავის ღერძი, მასში ერთი მიმართულების დენის შემთხვევაში, ბრუნავს ერთი გარკვეული მიმართულებით. დენის მიმართულების ცვლილება გამოიწვევს ძრავის ბრუნვის მიმართულების ცვლილებას, რაც თავის მხრივ, ართულებს ამძრავის სქემას, ამ შემთხვევაში გამოყენებული უნდა იქნეს ძრავის დრაივერი, ე.წ. ზოგირული სქემით, რომელიც უზრუნველყოფს ძრავის როტორში გამავალი დენის მიმართულების ცვლილებას (ნახ.2.)



ნახ. 2. მუდმივი დენის ძრავის დრაივერის გამარტივებული სქემა

DC ძრავის ბრუნთა რიცხვი დამოკიდებულია ძაბვის (როტორის წრედში გამავალი დენის) მნიშვნელობაზე, ძაბვის მეტი მნიშვნელობისთვის ბრუნთა რიცხვი მეტია. აქედან გამომდინარე ძრავის ბრუნთა რიცხვის რეგულირებისთვის, მაგალითად, მოზილური

რობოტის სვლის სიჩქარის რეგულირებისთვის უნდა იცვლებოდეს ძრავზე მოდებული ძაბვის მნიშვნელობა. მოცემული ფიქსირებული სიდიდის კვების ძაბვისთვის, რაც მიიღწევა განივ-იმპულსური მოდულაციის გამოყენების საშუალებით, ამ შემთხვევაში საქმე გვაქვს ძაბვისა და დენის ეფექტურ მნიშვნელობებთან (ნახ. 3).



ნახ.3. განივ-იმპულსური მოდულაციის პრინციპი

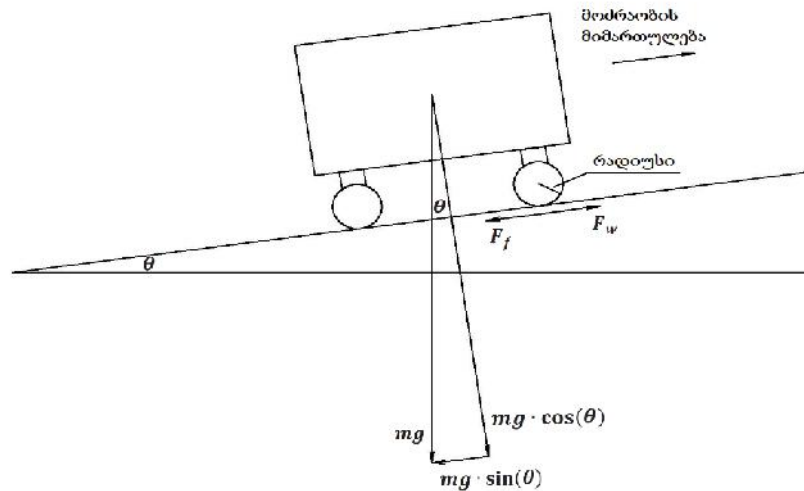
აქვე უნდა აღინიშნოს რომ განივ-იმპულსური მოდულაციისას დაბალ ბრუნებზე ძრავი მნიშვნელოვნად კარგავს სიმძლავრეს და მაქსიმუმს აწვითარებს მხოლოდ ძაბვის მაქსიმალური მნიშვნელობისათვის, რის გამოც ხშირად გამოიყენება კბილანური რედუქტორები (ე.წ. გადაცემათა კოლოფები), რომელთა საშუალებითაც ხდება ბრუნთა რისკვის შემცირება და მბრუნებელი მომენტის გაზრდა. ამ შემთხვევაში გამოიყენება მაღალი ბრუნთა რიცხვის მქონე ძრავები, რომელთაც გააჩნია დაბალი მბრუნავი მომენტი (Torque).

3. DC ძრავის სიმძლავრის შერჩევის პრინციპები

ყოველ საგანს აქვს წონა, რომელიც დამოკიდებულია გრავიტაციისა და მის მასაზე. ფიზიკაში ეს განსაზღვრულია, როგორც თავისუფალი ვარდნის აჩქარებით ($g=9.8$ მ/წმ²), გამოწვეული სხეულის სიმძიმის ძალა ანუ გრავიტაციის ძალა, $F=mg$.

ამის გარდა რობოტზე მოქმედებს წევის ძალა, რომელმაც უნდა უზრუნველყოს, რობოტის მოძრაობის ზედაპირის სხვადასხვა დახრის კუთხის არსებობის შემთხვევაში, მისი გადაადგილება, რაც ნიშნავს რომ რობოტზე მოქმედი ტოლქმედი ძალა ყოველთვის მიმართული უნდა იყოს რობოტის გადაადგილების მიმართულებით და ეს უნდა უზრუნველყოს ძრავის სიმძლავრემ (ნახ. 4).

როგორც ნახაზიდან ჩანს დახრილ სიბრტყეზე მოძრაობისას რობოტზე მოქმედებს სიმძიმის ძალით გამოწვეული მამუხრუჭებელი ხახუნის ძალა F_f , რომელზედაც გარანტირებულად მეტი უნდა იყოს F_w წევის ძალა. როგორც წესი, ძრავის სიმძლავრის გათვლისას გაითვალისწინება სიბრტყის მაქსიმალური θ დახრის კუთხე და მამოძრავებელი თვალის რადიუსი.



ნახ.4. დახრილ სიბრტყეზე მოქმედი ძალები

ზემოთ აღნიშნულიდან გამომდინარე, იმისათვის, რომ შეირჩეს ძრავის სიმძლავრე, აუცილებელია განსაზღვრულ იქნეს შემდეგი საწყისი მონაცემები.

- რობოტის წონა;
- ტვირთის მაქსიმალური წონა;
- მაქსიმალური სიჩქარე - V_m ;
- 0-დან მაქსიმალურ სიჩქარემდე განვითარების დრო - V_m ;
- სიბრტყის მაქსიმალური დახრის კუთხე θ ;
- მაქსიმალური სიჩქარის მიღწევისას განვითარებული აჩქარება a ;
- მამოძრავებელი თვლის რადიუსი;

რა თქმა უნდა, წრფივი თანაბარი მოძრაობისას რობოტზე მოქმედი ძალების ტოლქმედი 0-ის ტოლია, მაგრამ დაძვრისას ძალების ტოლქმედი ტოლი იქნება ma . მამოძრავებელ ძალას წარმოქმნის ძრავის მიერ განვითარებული მაბრუნებელი მომენტი, რომელიც განისაზღვრება ფორმულით [1]:

$$M = F \cdot r$$

a აჩქარებით მოძრაობისას ძრავის მიერ განვითარებული მომენტი ტოლი იქნება:

$$M = m(a + g \cdot \sin \theta) \cdot r$$

შესაბამისად ძრავის სრული სიმძლავრე დგინდება ფორმულით [1]:

$$P = M \cdot \omega$$

სადაც ω კუთხური სიჩქარეა რადიან/წამში და გამოითვლება ფორმულით:

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot f$$

სადაც f უკვე ძრავის ბრუნთა რიცხვია წამში. აქედან გამომდინარე, თუ რობოტი დახრილ სიბრტყეზე მოძრაობს წრფივად და თანაბრად, ანუ $a = 0$, მაშინ ის მინიმალური სიმძლავრე, რომელიც უნდა განავითაროს ძრავმა, გამოითვლება შემდეგი ფორმულით;

$$P = 2\pi \sin \theta \cdot r \cdot f$$

აჩქარებული მძრაობისას კი:

$$P = 2\pi \cdot m \left(\frac{V_m}{T_m} + g \sin \theta \right) \cdot r \cdot f$$

როგორც წესი, შერჩეული ძრავის სიმძლავრე აღებული უნდა იქნეს გარვეული მარაგით, ტრადიციულად, მარაგის კოეფიციენტი ტოლია 1.25 (სიმძლავრის 25%-ნი მარაგი). თუ რობოტის ამძრავში გამოიყენება ერთი ძრავი, მაშინ $P_M = 1.25 \cdot P$, თუ რობოტის ამძრავში გამოიყენება n რაოდენობის ძრავი (როგორც წესი 2, 4, 6 ან მაქსიმუმ 8) მაშინ ძრავის სიმძლავრე $P_M = 1.25 \cdot \frac{1}{n} \cdot P$. თუ ძრავებში გამოიყენება რედუქტორი, კოეფიციენტით k , მაშინ ამ უკანასკნელ ფორმულებში გამოთვლებისას P -ს მაგივრად გამოიყენება $P' = \frac{P}{k}$.

4. დასკვნა

მუდმივი დენის ძრავების დადებითი მხარე მდგომარეობს იმაში, რომ შესაძლებლობა გვეძლევა შევარჩიოთ ძრავი სიმძლავრის საკმაოდ ფართე დიაპაზონში. მიუხედავად ამისა, ხშირ შემთხვევაში მუდმივი დენის ძრავების გამოყენება მობილური რობოტების იმ ამძრავებში, რომლებიც უზრუნველყოფს მათ გადაადგილებას უსწორმასწორო ზედაპირზე და როდესაც რობოტისადმი წაყენებულია მოთხოვნა სიჩქარის რეგულირებაზე და გადაადგილების პრეციზიულობაზე, მოუხერხებელია და ქმნის რიგ უხერხულობებს, ვინაიდან საკმაოდ დაბალი სიჩქარეებისათვის იგი საგრძნობლად კარგავს სიმძლავრეს. მეორეს მხრივ მას არ გააჩნია მუხრუჭი, რომელიც დამატებით უნდა შემუშავდეს როგორც მექანიკური მოწყობილობა, რაც თავის მხრივ ზრდის რობოტის წონას და ენერგომომხმარებას.

ყოველივე ზემოთქმულიდან გამომდინარე, მნიშვნელოვანია შემუშავდეს ამძრავის მართვის ისეთი სისტემა, რომელიც იქნება უნიფიცირებული, გამოდგება სხვადასხვა ბრუნთა რიცხვისა და სიმძლავრის მქონე ძრავისთვის, სხვადასხვა რედუქციის კოეფიციენტის მქონე რედუქტორით და უზრუნველყოფს ენერგიის ოპტიმალურ ხარჯვას.

ძრავის მხოლოდ ერთ, მაქსიმალური სიმძლავრის, რეჟიმში მუშაობა დაკავშირებულია ენერგიის ზედმეტ ხარჯვასთან. ასეთ შემთხვევაში, მობილური რობოტის საკმარისი დროის განმავლობაში ფუნქციონირების უზრუნველსაყოფად აკუმულატორების ბატარეის ტევადობა და, შესაბამისად, წონაც იზრდება, რაც რიგ შემთხვევებში არასასურველია. აკუმულატორების ბატარეის წონის შესამცირებლად აუცილებელია მობილური რობოტის სავალი ნაწილის ამძრავის ძრავმა იმუშაოს ოპტიმალურ რეჟიმში, მხოლოდ იმ სიმძლავრით, რომელიც უზრუნველყოფს რობოტის გადაადგილებას.

ეს უკანასკნელი მეტად მნიშვნელოვანია ავტონომიური და მართვის პულტიდან დიდ დისტანციებზე მომუშავე მობილური რობოტებისათვის [2]. ამ ამოცანის გადაწყვეტის მიზნით მიკროკონტროლერის ბაზაზე შემუშავებულ ამძრავის მართვის სისტემაში შეყვანილი იქნა უკუკავშირები გადამწოდებიდან ძრავის მიერ მოხმარებული სიმძლავრის, მოძრაობის აჩქარებისა და ზედაპირის დახრის კუთხის (ნახევრად გამტარული აქსელერომეტრი, ჰიროსკოპი) დასადგენად. ასეთ შემთხვევაში ალგორითმი ხდება მეტად მოქნილი და ადაპტური, საშუალება გვეძლევა ძრავი ვამუშავოთ სხვადასხვა სიმძლავრით, შესაბამისი სიტუაციისათვის (მოძრაობის ზედაპირის დახრის კუთხე) ფორმულით შეფასებული სიმძლავრით.

ლიტერატურა - References – Литература:

1. Шапран А.А., Новикова Н.Б. (2014). Электрические приводы мехатронных и робототехнических устройств. Ч.1. Электрический привод. Екатеринбург: Изд-во УрГУПС
2. Siegwart R., Nourbakhsh I.R. (2004). Introduction to Autonomous Mobile Robots. The MIT Press, Cambridge, Massachusetts, London, England.

SELECTION OF DC MOTORS FOR MOBILE ROBOTS

Jokhadze Paata, Mamiashvili Tornike

Georgian Technical University

Summary

In the presented article, the principles of selection of DC motors for drives of mobile robots are considered, formulas are given that determine the power of the motors. The negative and positive aspects of the application of DC motors in the drive gears of mobile robots are considered. The developed, adaptive algorithm of the drive control system operation is considered.

ВЫБОР ДВИГАТЕЛЕЙ ПОСТОЯННОГО ТОКА ДЛЯ МОБИЛЬНЫХ РОБОТОВ

Джохадзе П., Маmiaшвили Т.

Грузинский Технический Университет

Рассмотрены принципы выбора двигателей постоянного тока для приводов мобильных роботов, приведены формулы, по которым определяются мощности двигателей. Рассмотрены отрицательные и положительные стороны применения двигателей постоянного тока в приводах ходовой части мобильных роботов, рассмотрен разработанный, адаптивный алгоритм работы системы управления приводом.