

ივ. ჯავახიშვილის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი



ავტონომიური ლაბორატორიული კვების წყარო

დიტო შერგელაშვილი

დოქტორანტის მოხსენება II

ზუსტ და საბუნებისმეტყველო მეცნიერებათა ფაკულტეტი

ელექტრული და ელექტრონული ინჟინერია

ხელმძღვანელი: დავით მჭედლიშვილი, ირაკლი ქეშელაშვილი

თბილისი, 0179

2019

შინაარსი

1.1 ლაბორატორიული კვების წყაროს ზოგადი აღწერა.....	01
1.2 ციფრული ლაბორატორიული კვების წყარო	02
2.1 ავტონომიური ლაბორატორიული კვების წყარო.....	04
2.2 ბატარეა ავტონომიური კვების წყაროსთვის.....	06
2.3 ბატარეის დამცავი წრედი.....	08
2.4 ჩართვა/გამორთვის წრედი	09
2.5 Boost გარდამქნელი.....	11
2.6 იმპულსური კვების წყაროს მოდული.....	12

ანოტაცია

ლაბორატორიული კვების წყაროებს დიდი გამოყენება აქვს როგორც სამეცნიერო, ისე კომერციულ სფეროში. ნებისმიერი ლაბორატორია (ფიზიკის, საინჟინრო, ელექტრონიკის), იქნება ეს უნივერსიტეტის, კვლევითი ცენტრის თუ კომერციული ორგანიზაციის ბაზაზე, საჭიროებს კვების უნივერსალურ წყაროს. მოთხოვნის ფართო სპექტრიდან გამომდინარე არაა გასაკვირი, რომ არსებობს უამრავი ლაბორატორიული კვების ბლოკი და მათი მწარმოებლები. კვების წყაროებს განასხვავებენ სპეციფიკაციით, შესაძლებლობებით, ფასით და ა.შ. ხშირ შემთხვევაში კომპლექსური ამოცანების გადაწყვეტისათვის საჭიროა ოპტიმიზირებული კვების წყარო.

ნაშრომში წარმოდგენილია ლაბორატორიული კვების წყაროს ახალი კონცეფცია, მისი გადაწყვეტიტის გზა და რეალური პროდუქტი. ბაზარზე უკვე არსებული პროდუქტებიდან მას გამოარჩევს ქსელისაგან ავტონომიურობა, კერძოდ, იგი მუშაობს დამუხტვად, ლითიუმ-პოლიმერის ბატარეაზე. აპარატი არის მსუბუქი, მცირე მოცულობის და ადვილად გადასატანი, თუმცა მიუხედავად ზომისა მისი სიმძლავრე შეადგენს 750 ვტ-ს და შეუძლია 15 ამპერამდე დენის მოწოდება 0-50 ვოლტის დიაპაზონში. ნაშრომში წარმოდგენილი მონაცემები სრულიად საკმარისია ავტონომიური კვების წყაროების სერიული წარმოებისათვის.

Annotation

Laboratory power supplies have great use in both scientific and commercial areas. Any laboratory (of physics, engineering, electronics) at the university, research centre or commercial organisation needs some type of universal, variable power source. Due to the wide range of demand, it is not surprising that there are many power supplies manufacturers supplying numerous types of them. Power supplies are different from each other and have their own specifications including different power capacity to match the needs on the market. However, In order to solve some complex tasks at laboratories, an optimized (customized) version of power supplies is often necessary.

A new concept of laboratory power supply is presented in this paper. The way it is built and end product itself is described in detail. What distinguishes it from other existing products of its type on the market is its capability to work autonomously from the network. More specifically, it works on a rechargeable lithium-polymer battery. The machine itself is lightweight, smaller in size and easy to move. However, despite its small size, it has a capacity of 750 W and can transfer power of up to 15 amps in a 0-50 Volt range. The details and data presented in this paper are sufficient for production of a series of autonomous power supplies.

ცხრილების ნუსხა

ცხრილი 1: Boost გარდამქნელის ტექნიკური მონაცემები.....	12
ცხრილი 2: იმპულსური კვების წყაროს ტექნიკური მონაცემები.....	13

ნახაზების ნუსხა

ნახ. 1: ციფრული, წრფივი ლაბორატორიული კვების წყაროს ფუნქციური სქემა.....	02
ნახ. 2: ციფრული, იმპულსური ლაბორატორიული კვების წყაროს ფუნქციური სქემა.....	03
ნახ. 3 ავტონომიური კვების წყაროს ფუნქციური ბლოკ სქემა.....	04
ნახ. 4 ჩართვა/გამორთვის წრედის სქემა.....	10

გრაფიკების ნუსხა

გრაფ. 1 ბატარეის ენერჯის სიმჭიდროვე წონისა და მოცულობის მიხედვით.....	11
---	----

სურათების ნუსხა

სურ. 1 ავტონომიური ლაბორატორიული კვების წყარო.....	10
სურ. 2 Li-Po ბატარეა, 4s 45C.....	12
სურ. 3 უნივერსალური დამმუხტველი.....	13
სურ. 4 Boost გარდამქნელი.....	16
სურ. 5 DPS5015, იმპულსური ლაბორატორიული კვების წყაროს მოდული.....	18

თავი I

1.1 ლაბორატორიული კვების წყაროს ზოგადი აღწერა

ლაბორატორიულ კვების წყაროს (ლკწ) მომხმარებლების ფართო სპექტრი ყავს. მას იყენებ სამეცნიერო კვლევებში, ექსპერიმენტების მოსასმზადებლად და ჩასატარებლად, ახალი ელექტრონული მოწყობილობების პროტოტიპის შექმნის და მისი გამოდცის დროს. კვების წყაროს ფართო გამოყენება აქვს სერვის ცენტრებში, სადაც ხდება აპარატების დაზიანების ძიება/პოვნა და მისი აღმოფხვრა. ლკწ-ის გარეშე წარმოუდგენელია ნებისმიერი საინჟინრო ლაბორატორია, იქნება ეს კერძო, კომერციული თუ უნივერსიტეტის ბაზაზე არსებული.

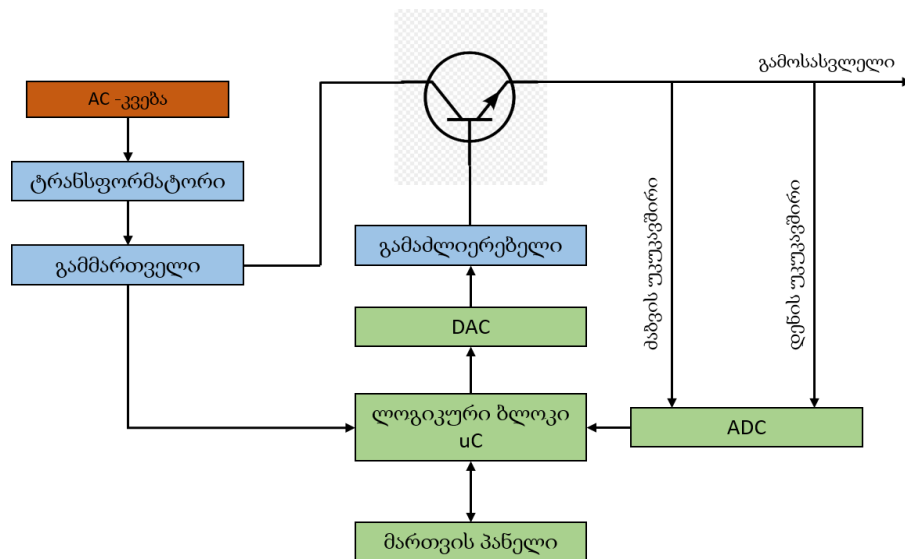
მომხმარებელთა სპექტრის გათვალისწინებით ბუნებრივია რომ ლკწ-ების ფართო არჩევანი არსებობს. არსებობს წყაროების კლასიფიკაციის რამოდენიმე ვარიანტი: პირველ რიგში, განარჩევენ ციფრულ და ანალოგურ კვების წყაროებს. ამასთანავე ციფრული კვების წყაროები შეიძლება დავყოთ წრფივად და იმპულსურად რეგულირებად წყაროებად. მათი დეტალური მიმოხილვა შემდეგ თავში იქნება. კვების წყაროების მნიშვნელოვანი მახასიათებლებია: მაქსიმალური გამოსასვლელი ძაბვა, დენი, სიზუსტე, ტემპერატურული სტაბილურობა, ელ. ხმაურის დონე და სხვა. კვების წყაროს ახასიათებენ იმისდა მიხედვითაც, თუ რამდენი გამოსასვლელი არხი აქვს. ყველაზე გავრცელებულია ერთ არხიანი, ორ არხიანი და ოთხ არხიანი წყაროები. გარდა ამისა, კომპლექსურ შემთხვევებში საჭიროა არასტანდარტული კვების წყაროები, რომელთა მთავრი პრიორიტეტი არის, ამოცანიდან გამომდინარე, გარკვეული სახის ოპტიმიზაცია. ოპტიმიზაცია შეიძლება გამოიკვეთოს არხების რაოდენობაში (მაგ. 16 არხიანი კვების წყარო), გამოსასვლელი ძაბვის სტაბილურობაში, წყაროს პარამეტრების კონტროლის თავისებურებებში (მაგ. ზოგიერთ შემთხვევაში პარამეტრების კონტროლი ხორციელდება ფიზიკური კომუნიკაციის პორტის გამოყენებით) და სხვ.

ჩვენს შემთხვევაში შემდეგში განხილული ლაბორატორიული კვების წყარო ოპტიმირებულია საველე გამოყენებაზე, რაც გულისხმობს, რომ მას შეუძლია ქსელის ძაბვასთან მიერთების გარეშე, შიდა ბატარეის გამოყენებით ფუნქციონირება.

1.2 ციფრული ლაბორატორიული კვების წყარო

ლაბორატორიული კვების წყარო, რომელშიც პარამეტრების (ძაბვის, დენის) დაყენება/კონტროლი ხდება ციფრულ-ანალოგური გარდამქმნელების გამოყენებით - განიმარტება როგორც ციფრული კვების წყარო. ციფრულ წყაროებში ასევე განარჩევენ წრფივი რეგულირების და იმპულსური გარდაქმნის კვების წყაროებს [1].

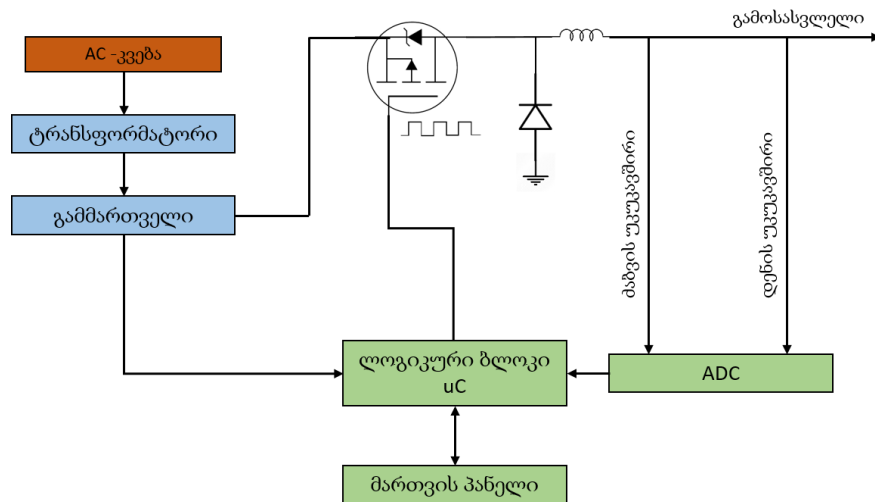
წრფივი და იმპულსური ციფრული ლკწ-ების ზოგადი ბლოკ სქემები გარკვეულ წილად მსგავსია. ორივე მათგანი შეიცავს ქსელის ფილტრებს, ძაბვის დამადაბლებელ ტრანსფორმატორს, გამმართველ სქემას, რომელიც აერთიანებს დიოდებსა და კონდესატორებს.



ნახ. 1: ციფრული, წრფივი, ლაბორატორიული კვების წყაროს ფუნქციური სქემა

ნახ. 1-ზე მოცემულია ციფრული, ლაბორატორიული კვების წყაროს ფუნქციური სქემა, რომელიც მუშაობს წრფივი რეგულირებით. როგორც სქემაზეა მოცემული, მართვის პანელის საშუალებით მომხმარებელი აყენებს სასურველ პარამეტრებს, ხოლო მიკროპროცესორი ციფრულ-ანალოგური გარდამქმნელის საშუალებით არეგულირებს გამოსასვლელ ძაბვასა და დენს. ძაბვასა და დენის რეალურ მნიშვნელობებზე დაკვირვება ხდება ანალოგურ-ციფრული გარდამქმნელის საშუალებით. ამ ტიპის კვების ბლოკებში მარეგულირებელი კასკადი მუშაობს ბიპოლარულ ტრანზისტოზე. იმპულსური, ლაბორატორიული კვების წყაროს წრფივი წყაროსაგან განასხვავებს გამოსასვლელი კასკადი (ნახ. 2). ქსელში

მიერთების, ლოგიკური კავშირისა და უკუკავშირის სქემები მეტნაკლებად მსგავსია როგორც შინაარსით, ასევე თვისობრივად, თუმცა გამოსასვლელი ძაბვის გენერირება ხდება რხევითი კონტურის საშუალებით. მიკროპროცესორიდან ხდება ინიპოლარული ტრანზისტორის პულსირებულ რეჟიმში მუშაობა, რომელიც თავისმხრივ ინდუქტიობის გავლით ახდენს ძაბვის დადაბლებას განსაზღვრულ დონემდე (ტიპიური იმპულსური კვების ბლოკის მეთოდი)[2].



ნახ. 2: ციფრული იმპულსური ლაბორატორიული კვების წყაროს ფუნქციური სქემა

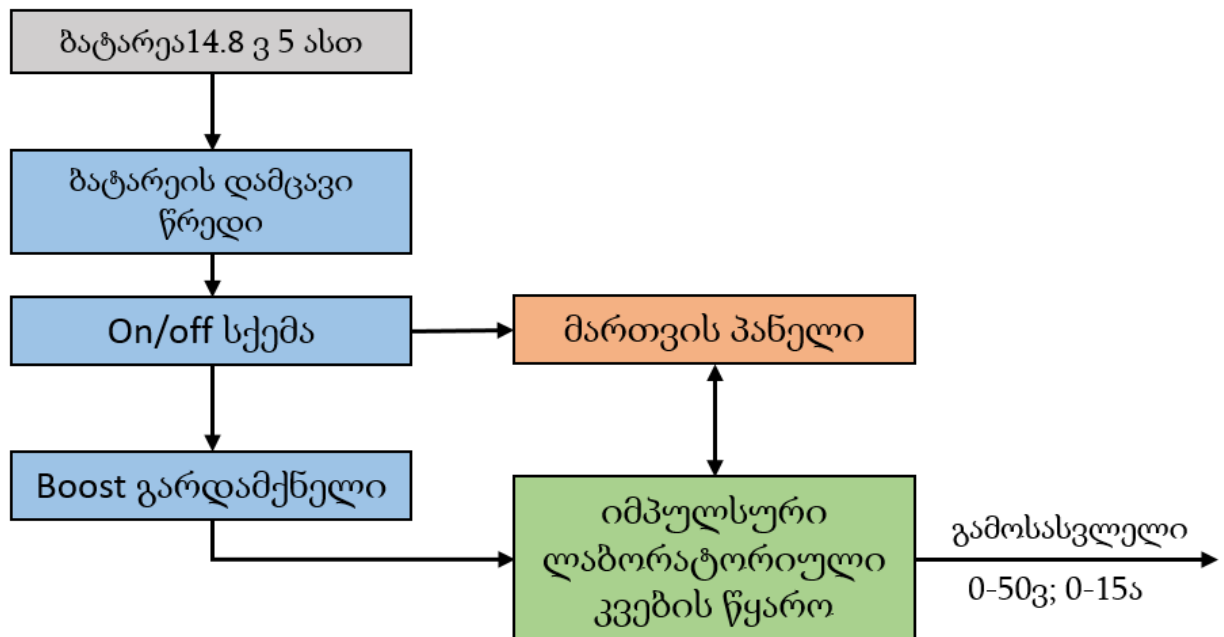
ციფრული კვების ბლოკებს აქვს თავისი უპირატესობებიც და უარყოფითი მხარეებიც. მისი სასარგებლო მხარე არის მომხმარებლის ინტეგრირების მოხერხებულობა/მულტიფუნქციურობა და თავსებადობა სხვა ციფრულ სისტემებთან. უარყოფითი მხარედ შეიძლება მივიჩნიოთ დაზიანების მეტი რისკი, ელექტრული ხმაური და სხვა. აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ იმპულსური ტიპის ციფრული ლკწ-ს აქვს მაღალსიხშირული პულსაცია რაც არახელსაყრელია მცირე ამპლიტუდის სიგნალებთან მუშაობის შემთხვევაში. თუმცა, იმპულსური კვების წყაროსაც აქვს პრიორიტეტები, რაც მას კონკურენტუნარიანს ხდის ბაზარზე: კერძოდ, გარდაქმნის რეჟიმში მარგი ქმედების კოეფიციენტი გაცილებით მაღალია და მერყეობს 95% ის ფარგლებში. ასევე, მისი ზომები გაცილებით მცირეა იგივე სიმძლავრის წრფივად რეგულირებად კვების წყაროსთან შედარებით. შესაბამისად იმპულსური ლაბორატორიული კვების წყაროს გამოარჩევს ენერგო ეფექტურობა და მისი ფარდობითად კომპაქტური ზომა.

თავი II

2.1 ავტონომიური ლაბორატორიული კვების წყარო

როგორც 1.1 თავში არის განხილული, არსებობს ზოგადი გამოყენების ფუნქციურად და თვისობრივად განსხვავებული მრავალი ლაბორატორიული კვების წყარო. ამასთანავე კომპლექსური ამოცანებში საჭიროა ოპტიმიზირებული ვარიანტები, რომლების დამზადებაც შეიძლება სპეციალური შეკვეთითაც მოხდეს. სწორედ ასეთი სპეციალიზირებული კვების ბლოკია **ავტონომიური ლაბორატორიული კვების წყარო**. წყაროს გამოარჩევს მისი ქსელისაგან დამოუკიდებლობა. ავტონომიური კვების წყარო (აკწ) მუშაობს დამუხტვად ბატარეაზე.

ავტონომიური კვების წყარო შედგება რომდენიმე საკვანძო ბლოკისაგან. ესენია: ბატარეა, ბატარეის დამცავი, boost გარდამქნელი, კვების წყარო და ჩამრთველ/გამომრთველი წრედი. სქემატურად იგი წარმოდგენილია ნახ. 3-ზე.



ნახ. 3 ავტონომიური კვების წყაროს ფუნქციური ბლოკ სქემა

სქემაზე გამოსახული ბლოკების დეტალური აღწერა წარმოდგენილია შემდეგ თავებში.

ავტონომიური კვების წყარო მოთავსებულია შავი ფერის სპეციალიზირებულ ყუთში, რომელიც დამზადებულია ABS მასალისაგან (იხ. სურ.1). წინა მხარეზე მოთავსებულია სამართავი პანელი და ბატარეის ტევადობის ინდიკატორი. უკანა პანელზე წარმოდგენილია გამომყვანი კონექტორები (BNC და ე.წ. ბანანა სტანდარტის) და ბატარეის ჩასადები ჭრილი. ბატარეას აქვს ხუფი, რომლის მოხსნაც შესაძლებელია სპეციალური ინსტრუმენტების გამოყენების გარეშე. რაც შეეხება გამომყვანებს, ორივე მათგანი პარალელურად არის შეერთებული. BNC გამომყვანის დატვირთვა შეიძლება 2.5 ამპერამდე მუდმივად, და 5 ამპერამდე არაუმეტეს 10 წმ-ისა. ბანანა გამომყვანს თავისუფლად შეუძლია 15 ამპერი დენის მუდმივად გატარება.



სურ. 1 ავტონომიური ლაბორატორიული კვების წყარო

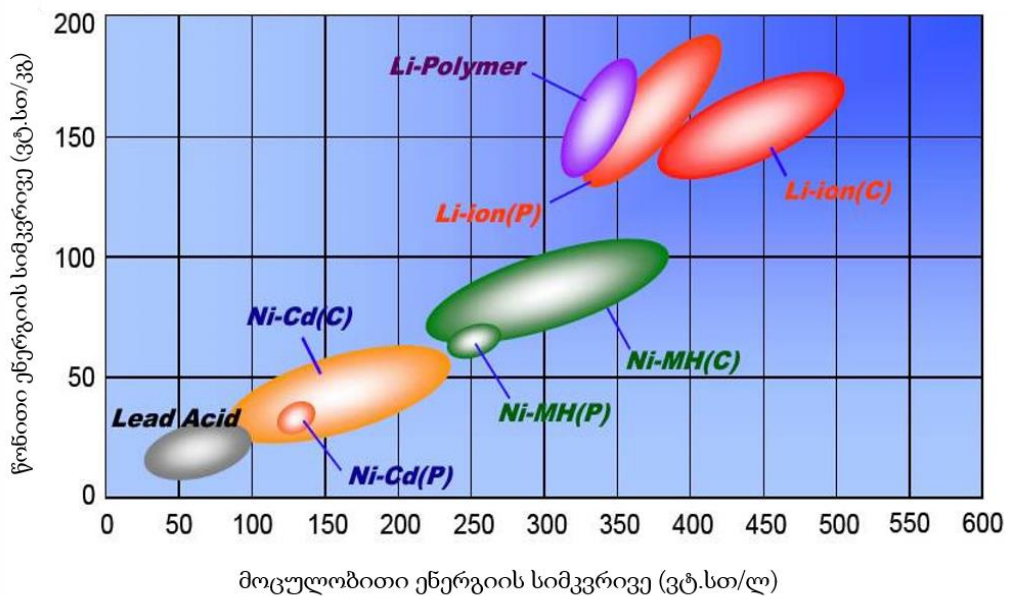
წინა პანელზე განთავსებულია 2 ლილაკი. შავი ლილაკით ხდება აპარატის ჩართვა და მუშა მდგომარეობაში მოყვანა, ხოლო წითელი ლილაკი კი თიშავს აპარატს. ავტონომიური კვების წყაროს ზომებია: 195x190x75 მმ. წონა ბატარეის გარეშე - 1200 გ, ბატარეის წონა - 430 გ.

ავტონომიური კვების წყაროს როგორც გარსაცმი, ასევე მისი ელექტრული დეტალები ისეა შერჩეული, რომ მისი სერიულ წარმოებაში გაშვება ადვილი და კომერციულად მომგებიანია. პანელები დამზადებულია ორგანული მინისგან, რომლებიც დაჭრილია ლაზერული მჭრელის გამოყენებით. მნიშვნელოვანია, რომ ყველა გამოყენებული დეტალი ადვილად ხელმისაწვდომია ბაზარზე.

2.2 ბატარეა ავტონომიური კვების წყაროსთვის

ლაბორატორიული კვების წყაროს ერთ ერთი მთავარი პარამეტრი მისი სიმძლავრეა. კვების წყაროს გამოყენების სფეროს ძირითადად სწორედ მისი მაქსიმალურ დენი შემოსაზღვრავს. შესაბამისად მაღალი დენის გენერირება ერთ-ერთი პრიორიტეტია ლკწ-სთვის. ამის გარდა, რადგან საუბარია ავტონომიურ, პორტატულ კვების წყაროზე, მნიშვნელოვანია, რომ მისი ზომები და წონა იყოს მცირე. ეს ყველაფერი კი თავისთავად მოთხოვნებს უყენებს ბატარეას, რომელსაც მოეთხოვება დიდი ენერჯის სიმკვრივე, დიდი დენის გატარების შესაძლებლობა და მეტი მოხერხებულობისათვის მცირე დამუხტვის დრო.

ენერჯის სიმჭიდროვე სხვადასხვა ტიპის ბატარეებში მოცემულია გრაფიკ 1-ზე, რომლის მიხედვითაც აშკარად ჩანს, რომ ლითიუმ-იონ და ლითიუმ-პოლიმერ ბატარეებს სხვა ბატარეებთან შედარებით ტევადობის განსაკუთრებით დიდი სიმჭიდროვე აქვს. აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ გრაფიკზე წარმოდგენილია მხოლოდ ბაზარზე თავისუფლად ხელმისაწვდომი ბატარეები. რეალურად კი არსებობს გაცილებით მაღალი ენერჯო სიმჭიდროვის ბატარეები, მაგალითად ლითიუმ-კობალტ-ოქსიდის ბატარეა (LCO)[3].



გრაფ. 1 ბატარეის ენერჯის სიმჭიდროვე წონისა და მოცულობის მიხედვით [3]

ჩვენს შემთხვევაში ბატარეისადმი ასევე მნიშვნელოვანი მოთხოვნაა განმუხტვის დენის სიდიდე, რომელსაც C-rate-ს უწოდებენ. სწორედ მასზეა დამოკიდებული ავტონომიური კვების წყაროს მაქსიმალური დენი. Li-ion-ისა და Li-Po-ს ბატარეებს თუ ამ მხრივად შევადარებთ ერთმანეთს, მაშინ პოლიმერის ბატარეა ლიდერებს. მას შეუძლია 10-50 C-ს გატარება რაც იმას ნიშნავს რომ 5 ა.სთ-ანი ბატარეის განმუხტვა შესაძლებელია 50x5 ანუ 250 ამპერით. ლითიუმ-პოლიმერ ბატარეებს განმუხტვის დენის გარდა გამოარჩევს დამუხტვის დენიც, რომელიც ვარირებს 0.5 C-5 C დიაპაზონში (C-ს მაგირად იგულისხმება ბატარეის ტევადობა). შესაბამისად Li-Po ბატარეას აქვს ყველა ის თვისება, რომელიც საჭიროა ავტონომიური კვების წყაროს ფუნქციონირებისათვის: არის მსუბუქი, მცირე ზომის, შეუძლია დიდი დენის გატარება და ასევე სწრაფად დამუხტვადია.



სურ. 2 Li-Po ბატარეა, 4s 45C [4]

ლითიუმ-პოლიმერის უარყოფითი მხარეებიდან მნიშვნელოვანია შედარებით (Li-Ion, NiMH...) ნაკლები სიცოცხლის ხანგრძლივობა. პოლიმერს ტევადობა საშუალოდ 500 ციკლის (დამუხტვა-განმუხტვა) შემდეგ მცირდება 25%-ით. მისი ღირებულება ბაზარზე, დაახლოებით 20%-ით მეტია ვიდრე ლითიუმ-იონის ბატარეის. ლითიუმ-პოლიმერის უარყოფითი და დადებითი თვისებების ანალიზითა და მათი შეჯამებით ირკვევა, რომ იგი აკმაყოფილებს ავტონომიური კვების წყაროსათვის საჭირო ყველა პირობას. შესაბამისად სწორედ ლითიუმ-პოლიმერის ბატარეაა გამყენებული კვების წყაროში. ამასთანავე გამოყენებულია პოლიმერის ბატარეის შეკვრა, რომელიც აერთიანებს 4 ცალ მიმდევრობით შეერთებულ ბატარეას.

ასეთი კონფიგურაციით პატარის ნომინალური ძაბვა არის 14.8 ვოლტი (დამუხტული 16.8 ვ; დაცლილი 12.8 ვ). ტევადობა - 4500 მა.სთ. განმუხტვის სიხშირე: 45 C, ზომები: 43x30x135 მმ [4]. იხილეთ სურ. 2. აღსანიშნავია, რომ ბატარეას აქვს სტანდარტული კონექტორი, XT-60 და მისი ჩანაცვლება სხვა ტევადობის ბატარეით ყოველთვის არის შესაძლებელი. აღნიშნული ბატარეა ძირითადად გამოიყენება უპილოტო საფრენ აპარატებში. რადგან ბატარეა შედგება 4 ცალი მიმდევრობით ჩართული ბატარეისგან საჭიროა მისი დამუხტვა სპეციალურ დამმუხტველზე ე.წ. Balance Charger-ზე [5]:



სურ. 3 უნივერსალური დამმუხტველი [5]

2.3 ბატარეის დამცავი წრელი

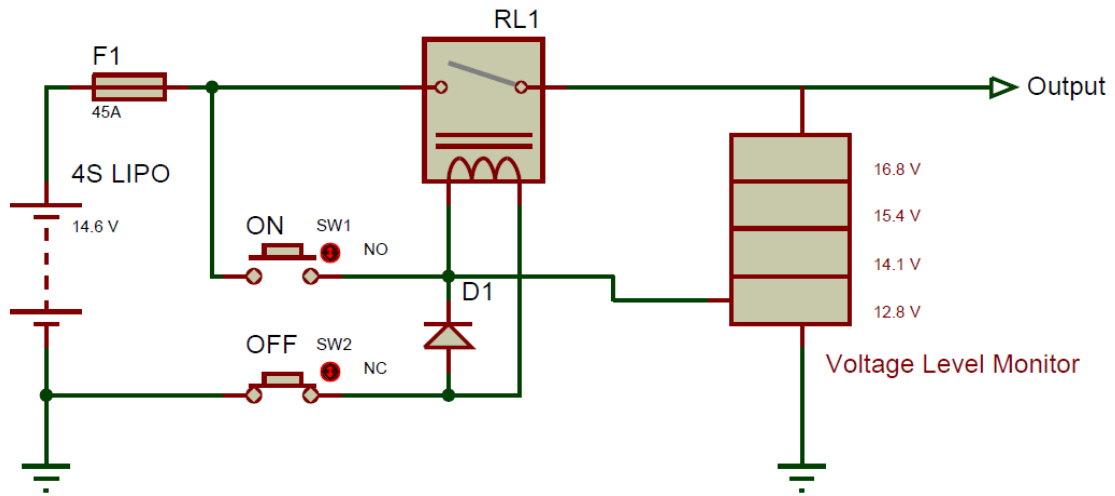
ლითიუმ-პოლიმერის ბატარეას, ისევე როგორც ლითიუმ-იონის და სხვა მრავალს, აქვს ძაბვის კრიტიკული ზედა და ქვედა დონე. კრიტიკული დონე აღნიშნავს ძაბვის იმ ზღვრულ დონეს, რომელის ზემოთ/ქვემოთ ძაბვის გადაცდომის შემთხვევაში ბატარეის შიდა სტრუქტურა იწყებს რღვევას და ბატარეა ხდება ექსპლუატაციისათვის უსარგებლო [6]. უფრო მეტიც, ამ დროს შეიძლება მოხდეს ბატარეის აფეთქება ან/და აალება. ამიტომ ასეთი ბატარეების ექსპლუატაციისათვის მკაცრად მოითხოვება სპეციალური დამცავი სისტემების შემუშავება, რომელიც ბატარეას იცავს როგორც დამუხტვის, ასევე განმუხტვის დროს. ბაზარზე უკვე არსებობს ასეთი პროდუქტი და მას BMS-ს (battery management system) უწოდებენ.

BMS-ი წარმოადგენს ბეჭდურ ელექტრო დაფას, რომელიც მწარმოებლის მიერ თავსდება ბატარიასთან ერთად და მას იცავს დაზიანებისაგან [7]. BMS-ს დაფები ერთმანეთისაგან განსხვავდება ფუნქციებით, მაგრამ თითქმის ყველა მათგანს აქვს გადაჭარბებული დამუხტვისა და განმუხტვისაგან დამცავი ფუნქცია (UVP & OVP). ასევე მრავალი მათგანი გვთავაზობს გადაჭარბებული დენისგან და მოკლე ჩართვისგან დაცვას. BMS დაფებს ჩამონტაჟებული აქვს ტემპერატურის სენსორი და თუ ტემპერატურა გადაჭარბებს ზღვრულ დასაშვებ დონეს (60-70 °C), იგი შეწყვეტს ბატარიის გავლით დენის მიწოდებას. როგორც ზემოთ არვნიშნეთ, BMS დაფები ხშირად ინტეგრირებული აქვს ბატარეებს ქარხნიდანვე, მაგრამ მას იშვიათად ნახავთ Li-Po-ის ბატარეაზე. მიზეზი კი ის გახლავთ, რომ BMS-ი ძაბვის წყვეტისათვის იყენებს MOSFET (Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor)-ს. აღნიშნულ ტრანზისტორში ისეთი დიდი დენის გატარება, როგორც Li-Po ბატარეას შეუძლია, გამოყოფს დიდი რაოდენობით სითბოს, რაც ენერჯის დანაკარგია. სწორედ ამ მიზნით მომხმარებლები არჩევენ თვითონ დაამუშაონ Li-Po ბატარიის დამცავი სქემა და მოარგონ საკუთარ საჭიროებებს. ჩვენს შემთხვევაშიც, ბატარიის დამცავი სქემა დამუშავებულია და ოპტიმიზირებულია ავტონომიურ კვების წყაროზე. აკწ-ს დამცავი წრედი ბატარეას იცავს ძაბვის ქვედა ზღვრული დონის გაცდენისაგან (UVP) და გადაჭარბებული განმუხტვისაგან (OCP), ასევე მოკლე ჩართვისაგან. იგი არ იცავს ბატარეას ზედა ზღვრული დონის შემთხვევაში, რადგან კვების წყარო თავად არის მომხმარებელი და მასში დამმუხტველი ბლოკი არ არის ჩამონტაჟებული. მოკლე ჩართვისა და გადაჭარბებული დენისაგან დაცვა ხდება თერმო დნობადი მცველის მეშვეობით. ხოლო განმუხტვისას ქვედა ზღვრული დონეს იცავს სპეციალური თვითბლოკირებადი სქემა, რომელიც ასევე უზღუნველყოფს მთლიანად აკწ-ს ჩართვა/გამორთვას. დეტალები განხილულია 2.4 თავში.

2.4 ჩართვა/გამორთვის წრედი წრედი

ავტონომიური კვების წყაროს აქვს ორი არაფიქსირებული ლილაკი. მათი მეშვეობით ხდება მოწყობილობის ჩართვა და გამორთვა. აღნიშნული ლილაკი

დაკავშირებულია UVP-ის წრედთან. ჩართვა/გამორტვის წრედი წარმოდგენილია ნახ. 4-ზე:



ნახ. 4 ჩართვა/გამორტვის წრედის სქემა

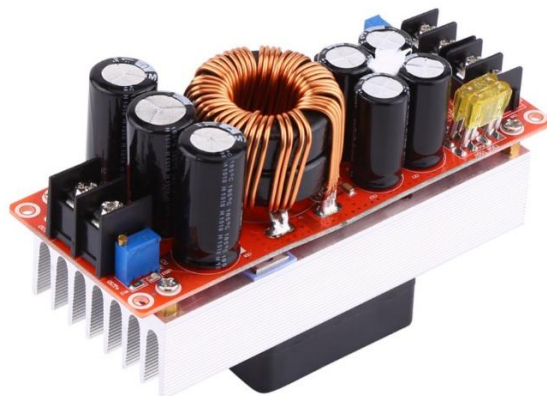
როგორც ნახაზზეა ნაჩვენები, ჩამრთველ დილაკზე დაწოლამდე ბატარეის პლიუსი არცერთ მოწყობილობაზე არ ერთდება. შედეგად, გამორთულ მდგომარეობაში ბატარეის დენის მოხმარება ნულის ტოლია. იმ მომენტიდან როდესაც მოხდება SW1-ზე ხელის დაჭერა ერთჯერადად, იგი გააქტიურებს RL1 რელეს, რომელიც საკუთვრივ შეკრავს წრედს და ბატარეის კვებას მიაწვდის ძაბვის დონის მზომს (ასევე მაჩვენებელს, რომელიც წარმოდგენილია მარტვის პანელზე) და ინვერტორის ბლოკს. ძაბვის დონის მზომს აქვს 4 დიოდური ნათურა - LED, რომლებიც შესაბამისად აქტიურდებიან სხადასხვა ძაბვებზე და გამოხატავენ ბატარეის დარჩენილ ტევადობას მის ძაბვაზე დაყრდნობით. გარდა ტევადობის მონიტორინგისა, აღნიშნული მოდული უზრუნველყოფს UVP-ს. მისი ერთი გამოსასვლელი აქტიურია მანამ, სანამ ძაბვა შესასვლელზე აღემატება 12.8 ვოლტს. ხოლო როდესაც ძაბვა დაეცემა 12.8 ვოლტზე დაბლა, იგი გათიშავს ბოლო ინიკატორს და კვებას შეუწყვეტს რელეს, რომელიც ბლოკირებული იყო სწორედ ამ მოდულის საშუალებით. რელეს ანუ წრედის გათიშვას მყისიერად ახდენს SW2, OFF დილაკი რომელიც „ნორმალურად ჩაკეტილ“ (NC) მდგომარეობაშია. მასზე დაწოლით მომხმარებელი კვებას შეუწყვეტს რელეს, რელე კი თავისთავად გათიშავს

ბლოკირების წრედს და სისტემა გამორთული დარჩება სანამ ხელმეორედ არ მოხდება ON ლილაკით მისი გააქტიურება. რელეს გათიშვის მომენტში ინდუქტიურად აღძრული ძაბვის შესაკავებლად გამოყენებულია გამმართველი დიოდი D1. იგი ასრულებს დამცავის როლს რათა არ მოხდეს მონიტორინგის მოდულის დაზიანება, რელეს კოჭაში ინდუცირებული უკუძაბვის მიერ.

აღნიშნული ტიპის წრედის მთავარი უიპირატესობა მისი სიმარტივე და ნულოვანი დენის მოხმარებაა გამორთულ მდგომარეობაში. RL1 რელეს გამოყენება უზრუნველყოფს ბატარეიდან წამოსული დიდი დენის გატარებას. მას თავისუფლად შეუძლია 60 ამპერი დენის გატარება 100 ვოლტამდე ძაბვის შემთხვევაში. სქემაზე წარმოდგენილია F1, 45 ამპერიანი თვითდნობადი მცველი. მისი საშუალებით შესაძლებელია თავიდან ავირიდოთ მოკლე ჩართვის ან გადაჭარბებული მოხმარების შემთხვევაში ბატარეის დაზიანება (OCP, თავი 2.1).

2.5 Boost გარდამქნელი

იმისათვის, რომ ჩვენს მიერ შერჩეულმა იმპულსურმა კვების წყარომ იმუშაოს გამართულად და დაფაროს ქარხნულად მოცემული სპეციფიკაციები, საჭიროა 60 ვოლტამდე კვების ძაბვის მიწოდება. ბატარეას კი მხოლოდ 14.8 (± 2) ვოლტის მოწოდება შეუძლია, რაც ნამდვილად არასაკმარისია. ამიტომ წრედში გამოყენებულია ე.წ. boost გარდამქნელი რომელიც მიეკუთვნება DC-DC გარდამქნელების ოჯახს და ასრულებს ძაბვის ამწევის როლს, იხილეთ სურ. 4.



სურ. 4 Boost გარდამქნელი [8]

გარდამქნელის მეორადი (გამოსასვლელი) არ არის იზოლირებული შემავალი წრედისგან და მათ აქვთ საერთო GND. მისი დეტალური მონაცემები მოცემულია ცხრილ 1-ში.

<i>სიმძლავრე [ვტ]</i>	1500
<i>შემავალი ძაბვა [ვ]</i>	10-60
<i>მოხმარებული დენი [ა]</i>	30
<i>გამოსასვლელი ძაბვა [ვ]</i>	12-90
<i>გამოსასვლელი დენი [ა]</i>	20
<i>გარდაქმნის სიხშირე [კჰც]</i>	150
<i>გარდაქმნის მქც [%]</i>	92-97
<i>ზომები [მმ]</i>	130x84x52

ცხრილი 1: Boost გარდამქნელის ტექნიკური მონაცემები

გარდამქნელზე მწარმოებლის მიერ დამონტაჟებულია სამი, მრავალბრუნიანი პოტენციომეტრი. პირველი მათგანით ხდება გამოსავალი ძაბვის რეგულირება (Constant Voltage). მეორე პოტენციომეტრით შესაძლებელია დენის შეზღუდვის დაყენება (Constant Current), ხოლო მესამე აყენებს შემავალი ძაბვის მინიმუმს, ანუ ძაბვის იმ მნიშვნელობას რომლის ქვემოთაც გარდამქნელი წყვეტს ფუნქციონირებას. თუმცა, ამ უკანასკნელს ჩვენ შემთხვევაში არ ვიყენებთ, რადგან გათიშვის შემდეგ გარდამქნელი მცირედით მაინც აგრძელებს დენის მოხმარებას (50-150 მა). ეს კი გამოიწვევდა ბატარეის დაზიანებას, რომ არა სპეციალური დამცავი სქემა (თავი 2.2). გარდამქნელი გამოსასვლელი პირდაპირ დაკავშირებულია იმპულსურ კვების ბლოკის მოდულთან, რომელიც ამ უკანასკნელს კვებავს 55 ვოლტით და მაქსიმალური 20 ამპერით.

2.6 იმპულსური კვების წყაროს მოდული

იმის გათვალისწინებით, რომ ავტონომიური კვების წყარო უნდა ყოფილიყო მობილური, ადვილად გადასატანი (მსუფუქი, მცირე ზომის) საუკეთესო ვარიანტი ლაბორატორიული კვების წყაროებიდან იქნებოდა ციფრული, იმპულსური, ლკწ (თავი 1). მართალია ასეთ კვების წყაროს აქვს შედარებით მაღალი ელ. ხმაური, მაგრამ ამასთანავე, მას შეუძლია როგორც დიდი სიმძლავრის მიწოდება მოხმარებლისთვის, ასევე ძაბვის დიდი

დიაპაზონის დაფარვა. ავტონომიური კვების წყაროს მოთხოვნების გათვალისწინებით შერჩეული იქნა ლკწ-ს მოდული: DPS5015 (სურ. 5) [9].



სურ. 5 DPS5015, იმპულსური ლაბორატორიული კვების წყაროს მოდული [9]

აღნიშნული მოდული შედგება ორი ნაწილისაგან: პირველი არის დაფა, რომელზეც მოთავსებულია ძაბვისა და დენის რეგულირებისათვის საჭირო კომპონენტები, ხოლო მეორე ნაწილი არის მომხმარებლის პანელი, საიდანაც ხდება სასურველი პარამეტრების შეყვანა და გაზომვების შედეგების ამოკითხვა. მოდულის ტექნიკური პარამეტრები მოცემულია ცხრილ 2-ში:

სიმძლავრე [ვტ]	750
შემავალი ძაბვა [ვ]	6-60
გამოსასვლელი ძაბვა [ვ]	0-50
გამოსასვლელი დენი [ა]	0-15
გამოსასვლელი ძაბვის სიზუსტე [%]	±0.5 (+3 ციფრი)
გამოსასვლელი დენის სიზუსტე [%]	±0.5 (+5 ციფრი)
ძაბვის & დენის გარჩევისუნარიანობა	0.01
ზომები [მმ]	პანელი: 79x43x38; დაფა: 93x71x41

ცხრილი 2: იმპულსური კვების წყაროს ტექნიკური მონაცემები

ლკწ-ს პანელი წარმოდგენილია ფერადი ეკრანითა და ღილაკები. ღილაკების საშუალებით ხდება სასურველი დენისა და ძაბვის მნიშვნელობების დაყენება. ეკრანზე კი გამოსახება რეალურ დროში გაზომილი 3 სიდიდე, ესენია: ძაბვა, დენი, სიმძლავრე. ისინი შედარებით დიდი ზომის ციფრებით არის გამოსახული. ამავდროულად ეკრანის ზედა ნაწილში შედარებით მცირე ზომის ციფრებით წარმოდგენილია მომხმარებლის მიერ მითითებული პარამეტრები. მოდული ასევე ზომავს მისთვის მიწოდებულ კვებას (Boost გარდამქნელიდან) და აჩვენებს ეკრანის ქვედა ნაწილზე.

მოდულს ასევე აქვს დამატებითი პარამეტრების კონტროლის მენიუ, საიდანც ხდება ეკრანის განათებულობების რეგულირება, შეზღუდვების დაწესება პარამეტრებზე და სხვ. მას შემდეგ რაც მომხმარებელი შეარჩევს მისთვის სასურველ პარამეტრებს, მას ღილაკზე „ON/OFF“ ხელის დაჭერით შეუძლია მოქმედებაში მოიყვანოს სისტემა და გააქტიუროს გამოსასვლელი.

ბიბლიოგრაფია

- [1] <https://www.electronicdesign.com/power/step-step-primer-digital-power-supply-design>
- [2] XP POWER Power Supply Technical Guide, 2010
- [3] <https://www.epectec.com/batteries/cell-comparison.html>
- [4] https://www.banggood.com/ZOP-POWER-22_2V-4500mAh-65C-6S-Lipo-Battery-With-XT60-Plug-p-1338563.html?cur_warehouse=CN
- [5] <https://www.robolinkmarket.com/skyrc-imax-b6-dc-lipo-batarya-sarj-cihazi.html>
- [6] https://batteryuniversity.com/learn/article/charging_lithium_ion_batteries
- [7] https://en.wikipedia.org/wiki/Battery_management_system
- [8] <https://www.aliexpress.com/item/32843287716.html>
- [9] <https://lygte-info.dk/review/Power%20DPS5015%20UK.html>