

ენერგეტიკისა და ტელეკომუნიკაციის ფაკულტეტი

2017 წლის
სამეცნიერო ანგარიში

თბოენერგეტიკის და ენერგოეფექტურობის დეპარტამენტი

ხელმძღვანელი: პროფესორი ომარ კილურაძე

III. 3. შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდის გრანტით დაფინანსებული სამეცნიერო-კვლევითი პროექტები (ეხება როგორც უმაღლეს საგანმანათლებლო დაწესებულებებს, ისე მასთან არსებულ დამოუკიდებელ სამეცნიერო-კვლევით ინსტიტუტებსა და სსიპ სამეცნიერო-კვლევით ინსტიტუტებს)

| № | პროექტის დასახელება მეცნიერების დარგისა და სამეცნიერო მიმართულების მიხედვით | დამფინანსებელი ორგანიზაცია | პროექტის ხელმძღვანელი | პროექტის შემსრულებლები |
|---|---|--|---------------------------|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1 | <p>თბურ ამძრავიანი დია-ფრაგმული ტუმბო წყლის გაცხელების ავტონომიური ჰელიოსისტემისათვის: წინასაწარმოო მოდელის დამუშავება.</p> <p>3. საინჟინრო მეცნიერებები, მაღალტექნოლოგიური მასალები: 3-171. არატრადიციული და განახლებადი ენერგეტიკა;</p> | <p>შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდი</p> | <p>ევტიხი მაჭავარიანი</p> | <p>ე. მაჭავარიანი გ. გიგინეიშვილი დ. შეყრილაძე ი. შეყრილაძე</p> |

| | | | |
|--------------------|--|--|--|
| 3-170. ენერგეტიკა. | | | |
|--------------------|--|--|--|

პროექტის საბოლოო მიზანის შეადგენდა თბურამძრავიანი დიაფრაგმული ტუმბოს (თადტ) წინასაწარმოო მოდელის დამუშავება, რომელიც მიაწოდებს წყალს გრუნტის წყლის ჭიდან ბტყელ კელიოკოლექტორში და შემდგომ მაღალ ნიშნულზე განლაგებულ ცხელი წყლის რეზერვუარში და თავისი პარამეტრებით უზრუნველყოფს მთლიანად წყლის გაცხელების ჰელიოსისტემის კონკურენტუნარიანობას საერთაშორისო ბაზარზე. პროექტის აქტუალურობა განპირობებულია იმით, რომ ტუმბოს წინასაწარმოო მოდელის დამუშავებით შეიქმნა შესაძლებლობა ისეთი ტუმბოს საწარმოო მოდელის შექმნისა, რომელსაც შეუძლია მზის სითბოზე მუშაობა, და ამით ხდება კონკურენტუნარიანი ბრტყელი ჰელიოკოლექტორის (წყალგამათბობელის) ცხელი წყლის სიტემაში წყლის ცირკულაციის ამოცანის შემრულებელ ელექტრულ ტუმბოებთან მიმართებაში. ტუმბო, რომელიც იმუშავებს უშუალოდ მხოლოდ სითბური ენერჯის გამოყენებით და ამ გამოყენებულ სითბოს აბრუნებს ისევ ცხელი წყლის სისტემაში, მკვეთრად ამარტივებს მოწყობილობას და უზრუნველყოფს მთლიანად სისტემის ეკონომიკურ ეფექტურობას. ასეთი ტუმბო ფუნქციონირებს ავტონომიურად და შეუძლია წყლის ცირკულირება ენერგეტიკული სისტემიდან დაშორებულ რეგიონებში, რითაც საბოლოო ჯამში აუმჯობესებს ქვეყნის ეკოლოგიურ მახასიათებლებს.

პროექტის საბოლოო მიზნის მისაღწევად დასახული იყო შემდეგი ამოცანები: თადტ-ს ექსპერიმენტული ნიმუშის კონსტრუირება და გამოსაცდელი სტენდის განახლება; თადტ-ს ექსპერიმენტული ნიმუშის დამზადება და გამოსაცდელი სტენდის გამართვა; თადტ-ს ექსპერიმენტული ნიმუშის მუშა პარამეტრების ექსპერიმენტული კვლევა; თადტ-ში მიმდინარე თერმული და ჰიდროდინამიკური პროცესების ექსპერიმენტული კვლევა; თადტ-ში მიმდინარე თერმული და ჰიდროდინამიკური პროცესების მათემატიკური და კომპიუტერული მოდელირება; ჩატარებული კვლევებისა და მოდელირების შედეგების ანალიზი და თადტ-ს წინასაწარმოო მოდელის კონსტრუირება; თადტ-ს წინასაწარმოო მოდელის დამზადება და გამოცდა; გამოცდის შედეგების ანალიზი, თადტ-ს წინასაწარმოო მოდელის მუშა დოკუმენტაციის კორექტირება. პროექტის დასკვნითი ანგარიშის გამოშვება.

პროექტის განხორციელების შედეგად დამუშავდა თბურ ამძრავიანი დიაფრაგმული ტუმბოს ახალი მოდიფიკაცია მუშა აგენტის კონდენსაციის ორსიჩქარიანი რეჟიმით, შექმნილია თადტ-ს ტესტირების სასტენდო აპარატურა, დამზადდა და გამოიცადა ტუმბოს სამი ნიმუში, დამტკიცდა ახალი მოდიფიკაციის ტუმბოს ქმედითუნარიანობა და წინა მოდიფიკაციებთან შედარებით მნიშვნელოვნად უფრო მაღალი ეფექტურობა, გამოცდილი ნიმუშის პარამეტრებისა და მონაცემების ბაზაზე დამუშავდა თადტ-ს წინასაწარმოო მოდელის ტექნიკური დოკუმენტაცია. დამუშავებული წინასაწარმოო მოდელი და მისი ტექნიკური დოკუმენტაცია სრულფასოვან ბაზას წარმოადგენს სტანდარტულ ბრტყელ ჰელიოკოლექტორთან შეთავსებადი თადტ-ს საწარმოო მოდელის შექმნისათვის.

თადტ-ს ნიმუშების სასტენდო გამოცდების პროცესში მიღებულია აგრეთვე ახალი

სამეცნიერო ინფორმაცია ფაზათა გარდაქმნის პროცესების თბოფიზიკის სფეროში, კერძოდ დარტყმითი დუდილის სპეციფიკური პროცესის შესახებ, რომელიც პირველად ამ ტიპის ტუმბოში არის რეალიზებული. ექსპერიმენტულ კვლევასთან ერთად დამუშავებულია დარტყმითი დუდილის მათემატიკური და კომპიუტერული მოდელები.

პროექტის შემსრულებელთა ჯგუფმა სრულად გადაწყვიტა პროექტით გათვალისწინებული ყველა ამოცანა. მიღებული შედეგები თანმიმდევრულად აისახა პერიოდულ საექტაპო ანგარიშებში მოყვანილ სამუშაოთა აღწერაში და შესრულების თვლად ინდიკატორებში. საანგარიშო პერიოდებში შესრულებული სამუშაოები სრულად იყო აგრეთვე დემონსტრირებული გათვალისწინებულ ვადებში ჩატარებულ პრეზენტაციებზე.

II. 1. პუბლიკაციები (საქართველოს სახელმწიფო ბიუჯეტით და/ან შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდის გრანტით დაფინანსებული კვლევითი პროექტის თემატიკის ფარგლებში)

ა) საქართველოში

სტატიები

| № | ავტორი/ავტორები | სტატიის სათაური, ჟურნალის/კრებულის დასახელება | ჟურნალის/კრებულის ნომერი | გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა | გვერდების რაოდენობა |
|---|-----------------------------------|--|--------------------------|--|---------------------|
| 1 | ე. მაჭავარიანი გ. გიგინეიშვილი | ტენიანი ნაჯერი ორთქლით მომუშავე ორთქლის მანქანის ეფექტურობის ანალიზი. IV საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენციის “ენერგეტიკა: რეგიონული პრობლემები და განვითარების პერსპექტივები” - მოხსენებების | - | ქ. ქუთაისი, ა. წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი | 4 |

| | | | | | |
|---|---|--|---|--|---|
| | | კრებული. | | | |
| 2 | ე. მაჭავარიანი გ.გიგინეიშვილი მ. ჯიხვაძე ნ. ქსოვრელი | ტენიანი ნაჯერი ორთქ-ლით მომუშავე ორთქლის მანქანა. IV საერთაშორისო სა- მეცნიერო კონფერენ- ციის “ენერგეტიკა: რეგიონული პრობ- ლემები და განვითა- რების პერსპექტივე- ბი” - მოხსენებების კრებული. | - | ქ. ქუთაისი, ა. წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი | 5 |

II. 2. პუბლიკაციები:

ბ) უცხოეთში

სტატიები

| № | ავტორი/ ავტორები | სტატიის სათაური, ჟურნალის/კრებულის დასახელება | ჟურნალის/კრებულის ნომერი | გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა | გვერდების რაოდენობა |
|---|---|--|-----------------------------|--------------------------------------|------------------------|
| 1 | I. Shekrladze E. Machavariani G. Gigineishvili D. Shekrladze | Steam Engine-Pump with Percussive Boiling. Proceedings of the 2 nd Thermal and Fluid Engineers Conference (TFEC 2017). | TFEC-IWHT 2017-18815 | Las-Vegas, NV, USA; ASTFE | 13 |

III. 1. სამეცნიერო ფორუმების მუშაობაში მონაწილეობა

(სახელმწიფო ბიუჯეტით და/ან შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდის გრანტით დაფინანსებული კვლევითი პროექტის თემატიკის ფარგლებში)

ა) საქართველოში

| № | მომხსენებელი/ მომხსენებლები | მოხსენების სათაური | ფორუმის ჩატარების დრო და ადგილი |
|---|--------------------------------|--|---------------------------------------|
| 1 | ე. მაჭავარიანი | ტენიანი ნაჯერი ორთქლით მომუშავე ორთქლის მანქანის ეფექტურობის ანალიზი | 2016 წლის 29 ოქტომბერი. ქ. ქუთაისი |
| 2 | ე. მაჭავარიანი | ტენიანი ნაჯერი ორთქლით მომუშავე ორთქლის მანქანა | 2016 წლის 29 ოქტომბერი. ქ. ქუთაისი |

ბ) უცხოეთში

| № | მომხსენებელი/ მომხსენებლები | მოხსენების სათაური | ფორუმის ჩატარების დრო და ადგილი |
|---|-----------------------------------|---|--|
| 1 | ე. მაჭავარიანი გ. გიგინეიშვილი | Steam engine-pump for solar collector-based hot water supply | 2015 წლის 2-4 დეკემბერი. ქ. სტამბოლი, თურქეთი |
| 2 | ე. მაჭავარიანი | Steam Engine-Pump with Percussive Boiling | 2017 წლის 2-5 აპრილი. ქ. ლას-ვეგასი, აშშ |

ტელეკომუნიკაციის დეპარტამენტი

ხელმძღვანელი: პროფესორი ალექსანდრე რობიტაშვილი.

- I. 3. შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდის გრანტით დაფინანსებული სამეცნიერო-კვლევითი პროექტები (ეხება როგორც უმაღლეს საგანმანათლებლო დაწესებულებებს, ისე მასთან არსებულ დამოუკიდებელ სამეცნიერო-კვლევით ინსტიტუტებსა და სსიპ სამეცნიერო-კვლევით ინსტიტუტებს)

I. 4.

| № | პროექტის დასახელება მეცნიერების დარგისა და სამეცნიერო მიმართულების მიხედვით | დამფინანსებელი ორგანიზაცია | პროექტის ხელმძღვანელი | პროექტის შემსრულებლები |
|---|--|--|------------------------|---|
| 1 | <p>გაუსის მთელ რიცხვებზე ხვევადი კოდების, განზოგადებული კასკადური კოდებისა და სივრცით-დროითი კოდების აგება და გამოკვლევა და მათი სინთეზი უწყვეტი ფაზის მოდულაციასთან.</p> <p>პროექტის შიფრი FR/45/4-101/14 კვ 4-101. ინფორმაციის თეორია და კოდირება.</p> | <p>შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდი</p> | <p>სერგო შავგულიძე</p> | <p>1. სერგო შავგულიძე 2. ალბერტ ასანიძე</p> |

ჩვენს მიერ შემუშავებულ იქნა ეიზენშტეინის მთელ რიცხვებზე დაფუძნებული სიგნალური კონსტრუქციები, რომლებიც გამოვიყენეთ განზოგადებული სივრცითი მოდულაციის სქემებში. როგორც ცნობილია, ეიზენშტეინის მთელი რიცხვები წარმოქმნიან ორ განზომილებიან სიგნალურ კონსტრუქციებს, რომლებიც განზოგადებენ გაუსის მთელ რიცხვებზე აგებულ

კონსტალაციებს და აქვთ მანძილის უკეთესი ევკლიდური მახასიათებლები. ჩვენ შევიმუშავეთ ეიზენშტეინის ძირითადი სიგნალების კონსტალაციის დანაწევრების მეთოდი მასში ჩადებულ ქვეკონსტალაციებად და დავამტკიცეთ, რომ შეიძლება ისეთი დანაწევრების ალგორითმის შემუშავება, რომ ქვესისტემებისათვის იზრდებოდეს მინიმალური ევკლიდური მანძილი. ჩვენ განვიხილეთ ეიზენშტეინის მთელი რიცხვები, როგორც სიგნალური კონსტალაციები განზოგადებული სივრცითი მოდულაციისათვის. განზოგადებული სივრცითი მოდულაციის გამოყენების შემთხვევაში ინფორმაცია გადაიცემა კონსტალაციიდან სიგნალის არჩევით და დამატებით ანტენათა სისტემიდან გარკვეული ქვესისტემის არჩევით. ძირითადი განსხვავება კლასიკურ MIMO სისტემასა და განზოგადებულ სივრცით მოდულაციას შორის არის ის, რომ ამ უკანასკნელის შემთხვევაში არა ყველა ანტენა არის აქტივირებული ერთდროულად. ჩვენ განვიხილეთ ეიზენშტეინის კონსტალაციები, რომლებიც არ შეიცავს ნულოვან ელემენტს. მიღებული კონსტალაციები წარმოდგება როგორც კომპუტატიური ჯგუფები გამრავლების ოპერაციის მიმართ. ჩვენ წარმოვადგინეთ კომპიუტერული მოდელირების შედეგები, რომლებიც მიღებული იქნა რელეის მიყუჩების შემცველი არხებისათვის. შესრულებული იყო მაქსიმალური დამაჯერებლობით დეკოდირება, თანაც მიმღებზე არხის მდგომარეობის შესახებ ზუსტი ინფორმაციის გათვალისწინებით. ჩვენ შევადარეთ წარმოდგენილი სიგნალური კონსტალაციების მახასიათებლები დღეისათვის ლიტერატურიდან ცნობილ საუკეთესო გაუმჯობესებული სივრცითი მოდულაციის (ESM) სქემის მახასიათებლებს, თანაც შედარების სიზუსტისათვის შევისწავლეთ ერთნაირი კარდინალურობის მქონე სიგნალთა ვექტორთა ერთობლიობები. მოდელირების მაღალი სიზუსტის მისაღწევად ჩვენ განვიხილეთ ერთ მილიონი სიგნალის გადაცემა მოცემული სიგნალ/ხელშეშლის ფარდობის (SNR) თითოეული მნიშვნელობისათვის. მოდელირებამ გვიჩვენა, რომ ეიზენშტეინის კონსტალაციები აღწევენ უფრო კარგ მახასიათებლებს, ვიდრე ESM სქემები SNR-ის მთლიანი დიაპაზონისათვის და მოგება SNR-ის მიხედვით შეადგენს დაახლოებით 1 დეციბელს.

1/2 სიჩქარის მქონე არხის კოდერი, რომელიც აგებულია მთელი რიცხვების რგოლზე 4-ის მოდულით, შერწყმულია 4-ობით უწყვეტი ფაზის მქონე მოდულაციასთან (CPM). ჩვენს მიერ შემუშავებულია სერიული კასკადური კოდირების სქემა ინტერლივინგით, სადაც შიდა საფეხურზე გამოიყენება CPM, ხოლო გარე საფეხურზე არაორბითი ხვევადი კოდერი. დეკოდირების მეთოდად გამოყენებულია ვიტერბის ალგორითმი „ხისტი“ გადაწყვეტილებით. ჩვენ წარმოვადგინეთ მოდელირების შედეგები ადიტიური თეთრი გაუსის ხმაურის შემცველი არხებისათვის და ასევე არხებისათვის რაისის მიყუჩებით. უკანასკნელ შემთხვევაში გამოიყენებოდა არხი რაისის პარამეტრით $K = 10$. კომპიუტერზე მოდელირების დროს განვიხილავდით ნორმალიზებულ სიხშირულ ზოლს $BT_s = 1.2$, სადაც B სიხშირული ზოლის სიგანეა, ხოლო T_s - სიმბოლოს ხანგრძლივობა. კომპიუტერულმა მოდელირებამ გვიჩვენა, რომ შემოთავაზებულ სქემას აქვს უკეთესი მაკორექტირებელი მახასიათებლები, ვიდრე სხვა მოდულაციის სქემებს, მაგალითად QPSK-ს. მიღებული შედეგები ადვილად განზოგადდება გაუსის მთელი რიცხვებისათვის. ჩვენ განვიხილავთ სიგნალთა სისტემას G_{Σ} , რომელიც შეიცავს 25 ელემენტს. მინიმალური მანძილის მაქსიმალური დანაწევრებით ჩვენ ვიღებთ 5 ქვეჯგუფს,

სადაც თითოეულ ქვეჯგუფში მინიმალური კვადრატული ევკლიდური მანძილი ტოლია $\delta = 5$. აღვნიშნავთ, რომ ჩვენს მიერ ადრე მიღებული შედეგების მიხედვით არსებობს ნაშთების კომპლექსური რგოლი, $G_{25} = \{z \bmod (4 + 3i), z \in Z_{25}\}$, რომელიც შეიცავს 25 ელემენტს და რომელიც იზომორფულია Z_{25} რგოლზე ნაშთების კლასის. ის შეიძლება დაიყოს 5 ქვესისტემადაც, სადაც თითოეულ ქვესისტემაში მინიმალური ევკლიდური მანძილის კვადრატი 5-ის ტოლია. მაგრამ ჩვენს მიერ შემოთავაზებული ახალი სიგნალური კონსტალაცია არ არის მისი ექვივალენტური. G_{25} აქვს ენერგია $E = 104$, მაშინ როცა G_5 აქვს ენერგია $E = 100$. აქედან გამომდინარე ერთი და იმავე მინიმალური ევკლიდური მანძილის კვადრატისათვის ახალი კონსტრუქცია მოითხოვს უფრო მცირე ენერგეტიკულ დანახარჯს სიგნალებზე. თითოეული ასეთი სიგნალთა ქვესისტემა შეიძლება გამოყენებულ იქნას სიგნალურ-კოდური კონსტრუქციისათვის, და კომპიუტერზე სიმულაციის შედეგები გვიჩვენებენ 0.1 დეციბელის ტოლ მოგებას ზემოთ აღწერილ სქემასთან შედარებით.

ჩვენ წარმოვადგინეთ სივრცითი მოდულაციის ახალი გაუმჯობესებული სუბოპტიმალური დეტექტირების ალგორითმი, რომელიც დაფუძნებულია გაუსის აპროქსიმაციის მეთოდზე (GAM). ჩვენი მიდგომა ამარტივებს კლასიკურ GAM-ს, ვინაიდან შეიძლება ამოღებულ იქნას მატრიცის ინვერსიის ოპერაცია. ნაშრომში ნაჩვენებია, რომ ჩვენს მიერ შემუშავებული ახალი მეთოდი, მაღალი სიგნალ/ხელშეშლის ფარდობის (SNR) მნიშვნელობებისათვის, ექვივალენტურია ლიტერატურიდან ცნობილი სიგნალური ვექტორის დეტექტირების (SVD) მეთოდის და მაქსიმალური ფარდობის კომბინირების (MRC) მეთოდის. კერძოდ, ჩვენს მეთოდს აქვს დეტექტირების სირთულის იგივე რიგი, $O(NT+M)$. ამასთან, შედარებით დაბალი SNR მნიშვნელობებისათვის, ჩვენს მიერ შემოთავაზებული მეთოდი აუმჯობესებს როგორც MRC-ს ასევე SVD-ს. უფრო მეტიც, ჩვენს მიერ შემოთავაზებული სივრცითი მოდულაციის სიგნალთა კონსტალაცია საშუალებას იძლევა მივალწიოთ ბალანსს დეტექტირებისას ანტენის არჩევის დროს წარმოქმნილ შეცდომის ალბათობასა და სიმბოლოს დეტექტირებისას წარმოქმნილ შეცდომის ალბათობას შორის. როგორც კომპიუტერული სიმულაციის შედეგები გვიჩვენებენ ასეთი ბალანსის მისაღწევად საუკეთესოა ეიზენშტეინის მთელ რიცხვებზე დაფუძნებული სიგნალთა კონსტალაციის გამოყენება, რომლებიც სივრცითი მოდულაციის სქემებში გამოყენებისას აღწევენ უპირატესობას კლასიკურ QAM და PSK სიგნალურ კონსტალაციებთან შედარებით.

ჩვენ ასევე შევისწავლეთ განზოგადებული სივრცითი მოდულაციის (ანუ როდესაც გადაცემისას აქტიურია ერთ ანტენაზე მეტი) სქემები. შემოთავაზებულია განზოგადებული სივრცითი მოდულაციის მახასიათებლების გაუმჯობესების ორი მეთოდი. პირველ რიგში ჩვენს მიერ შემოთავაზებულია ლიტერატურიდან ცნობილთან შედარებით უფრო ეფექტური სუბოპტიმალური დეტექტირების ალგორითმი, რომელიც დაფუძნებულია GAM-ზე. უფრო კონკრეტულად, ჩვენ ვთავაზობთ არსებული GAM მეთოდის ორ მოდიფიკაციას, რომლებიც ერთის მხრივ ამცირებენ რეალიზაციის სირთულეს და, მეორეს მხრივ, აუმჯობესებენ დეტექტირების მახასიათებლებს სიგნალ/ხელშეშლის ფარდობის მაღალი მნიშვნელობებისათვის. ამის შემდეგ, ჩვენ შევიმუშავეთ ორი აქტიური ანტენის მქონე განზოგადებული სივრცითი მოდულაციის სქემებისათვის ახალი, ჰურვიცის მესერზე დაფუძნებული სიგნალური

კონსტრუქციები. ასიმპტოტიკურად, ანუ სიგნალ/ხელშეშლის ფარდობის მაღალი მნიშვნელობებისათვის, მაქსიმალური დამაჯერებლობით დეტექტირების მახასიათებელი განისაზღვრება სიგნალურ სივრცეში სიმბოლოთა ვექტორებს შორის მინიმალური ევკლიდური მანძილის კვადრატით. ამგვარად, სიგნალური ვექტორების ერთობლიობა ისე უნდა იყოს შერჩეული რომ ამის შედეგად მოხდეს აღნიშნული სიდიდის მაქსიმიზაცია. ჩვენ ვუჩვენეთ, რომ ჰურვიცის მთელი რიცხვები (ანუ ჰურვიცის მესერი) უზრუნველყოფენ ყველაზე უფრო მჭიდრო ოთხგამზომილებიან შეფუთვას. ჩვენ შემოთავაზებული გვაქვს ჰურვიცის მთელ რიცხვებზე დაფუძნებული სიგნალთა კონსტრუქციები, რათა გამოყენებულ იქნას განზოგადებული სივრცითი მოდულაციის სქემებში ორი აქტიური ანტენით. კომპიუტერული სიმულაციის შედეგები გვიჩვენებენ რომ ჩვენს მიერ შემოთავაზებულ სქემას აქვს უპირატესობა, დღეისათვის ლიტერატურიდან ცნობილ ანალოგიურ სქემებთან შედარებით.

II. 1. პუბლიკაციები (საქართველოს სახელმწიფო ბიუჯეტით და/ან შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდის გრანტით დაფინანსებული კვლევითი პროექტის თემატიკის ფარგლებში)

ა) საქართველოში

სტატიები

| № | ავტორი/ავტორები | სტატიის სათაური, ჟურნალის/კრებულის დასახელება | ჟურნალის/კრებულის ნომერი | გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა | გვერდების რაოდენობა |
|---|---|--|---|--------------------------------|---------------------|
| 1 | 1. S.A. Shavgulidze 2. A.V. Asanidze | Coding Scheme based on rings of integers and continous phase modulation. Georgian Engineering News. | მიღებულია გამოსაქვეყნებლად (No. 3, 2017) | საქართველო | 6 |

II. 2. პუბლიკაციები:

ბ) უცხოეთში

სტატიები

| № | ავტორი/ ავტორები | სტატიის სათაური, ჟურნალის/კრებულის დასახელება | ჟურნალის/კრებულის ნომერი | გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა | გვერდების რაოდენობა |
|---|--|--|---|--------------------------------------|------------------------|
| 1 | 1. J. Freudenberger 2. S. Shavgulidze | Signal Constellations based on Eisenstein Integers for Generalized Spatial Modulation. IEEE Communications Letters | Vol. 21, No. 3, March 2017 | აშშ | 4 |
| 2 | 1. J. Freudenberger 2. D. Rohweder 3. S. Shavgulidze | On Low-complexity Detection for Spatial Modulation. IEE Electronics Letters | 2017 მიღებულია გამოსაქვეყნებლად | დიდი ბრიტანეთი | 2 |
| 3 | 1. J. Freudenberger 2. D. Rohweder 3. S. Shavgulidze | Generalized multistream spatial modulation with signal constellation based on Hurwitz integers and low complexity detection. IEEE Wireless Communications Letters | 2017 მიღებულია გამოსაქვეყნებლად | აშშ | 4 |

III. 1. სამეცნიერო ფორუმების მუშაობაში მონაწილეობა
 (სახელმწიფო ბიუჯეტით და/ან შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო
 ფონდის გრანტით დაფინანსებული კვლევითი პროექტის თემატიკის ფარგლებში)

ბ) უცხოეთში

| № | მომხსენებელი/ მომხსენებლები | მომხსენების სათაური | ფორუმის ჩატარების დრო და ადგილი |
|---|---|--|--|
| 1 | 1. J. Freudenberger 2. M. Rajab 3. S. Shavgulidze | A Channel and Source Coding Approach for the Binary Asymmetric Channel with Applications to MLC Flash Memories | 11 th International ITG Conference on Systems, Communications and Coding, Hamburg, Germany, February 6-9, 2017 |