

**ელექტრონერგოსისტემის ტელეკომუნიკაციის
ოპტიკურ-ბოჭკოვანი ქსელი**

იური მოდებაძე, გურამ მურჯიკენელი, ნატო მოდებაძე,
ნაზიბროლა ერემიშვილი, ელდარ ფოფხაძე
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

რეზიუმე

განხილულია საქართველოს ელექტროენერგეტიკის ოპტიკურ-ბოჭკოვანი ტელეკომუნიკაციის ქსელის აგების საკითხები. კერძოდ, რეკომენდირებულია, რომ ელექტროენერგეტიკის სისტემაში უნდა ფუნქციონირებდეს როგორც საკუთარი, ისე არენდით აღებული ტელეკომუნიკაციის არხები, რათა ენერგობიძენების შორის კავშირი იყოს საიმედო და მაღალი ხარისხის. ასევე ნაჩვენებია, რომ ოპტიკური ბოჭკო კავშირის სიიარფის გამო დაკიდებული უნდა იყოს მაღალი დაბვის ელექტროგადამცემ ხაზზე. მოყვანილია ოპტიკურ-ბოჭკოვანი კავშირის უპირატესობანი სხვა კავშირებთან შედარებით, მისი მიღების დამოკიდებულება ტალღის სიგრძესთან და გაუძლიერებლად სხვის გავრცელების მანძილის დამოკიდებულება მონაცემთა სინქრონიზაციას. განხილულია ოპტიკური ბოჭკოსა და სხვადასხვა სახის ოპტიკური კაბელების პარამეტრები და ნაჩვენებია თუ როგორაა მაღალი დაბვის ელექტროგადამცემ ხაზზე ოპტიკური კაბელი დაკიდებული

საკვანძო სიტყვები: ენერგეტიკა. ტელეკომუნიკაცია. ოპტიკურ-ბოჭკოვანი კაბელი. ინფორმაცია. ქსელი. მართვა. კავშირი. დისპეტჩერიზაცია.

1. შესავალი.

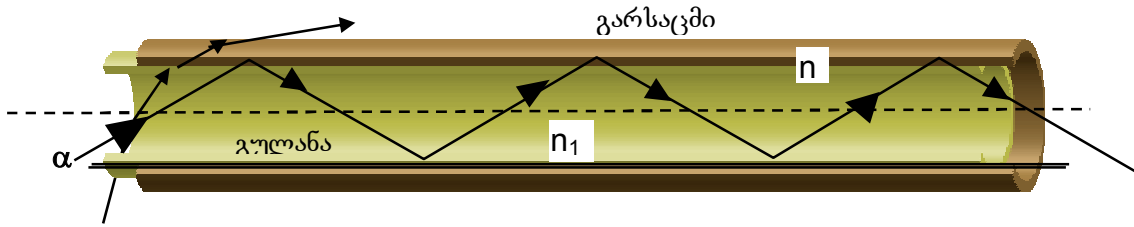
ენერგოსისტემის ხარისხიანი მუშაობა დიდად არის დამოკიდებული ენერგობიძენების შორის ინფორმაციის გადაცემა-მიღებაზე. ენერგობიძენების შორის ინფორმაციის გაცვლისათვის გამოიყენება როგორც საკუთარი ტელეკომუნიკაციის ქსელი ისე არენდირებული არხები. ენერგოსისტემის საკუთარი ტელეკომუნიკაციის ქსელი უნდა შედგებოდეს თანამედროვე ოპტიკურ-ბოჭკოვანი, რადიო და ე.წ. მაღალსიხშირული კავშირის ქსელებისგან, ხოლო არენდით არხები შეიძლება აღებული იყოს სხვა ორგანიზაციის ოპტიკურ-ბოჭკოვანი ქსელიდან. ეს ზრდის ინფორმაციის გადაცემა-მიღების საიმედობას და ხარისხს. ამასთანავე მათი ჩართვა უნდა მოხდეს ერთიან გლობალურ ქსელში.

ენერგოსისტემის საკუთარი ტელეკომუნიკაციის ქსელი ძირითადად უნდა აიგოს ოპტიკურ-ბოჭკოვანი კაბელების გამოყენებით. ოპტიკურ-ბოჭკოვანი კაბელი დაკიდული უნდა იყოს მაღალი დაბვის ელექტროგადამცემ ხაზზე. ეს საშუალებას მოგვცემს შევამციროთ ქსელის აგებაზე გაწეული ხარჯები და ენერგობიძენების შორის შესაძლებელი იქნება გადავცეთ როგორც სალაპარაკო, ისე ტელეგანზომილებანი, ტელესიგნალიზაცია და ვიდეო სიგნალები.

ოპტიკურ-ბოჭკოვანი ხაზის სხვა ხაზებთან შედარებით გააჩნია რიგი უპირატესობანი [1, 2]:

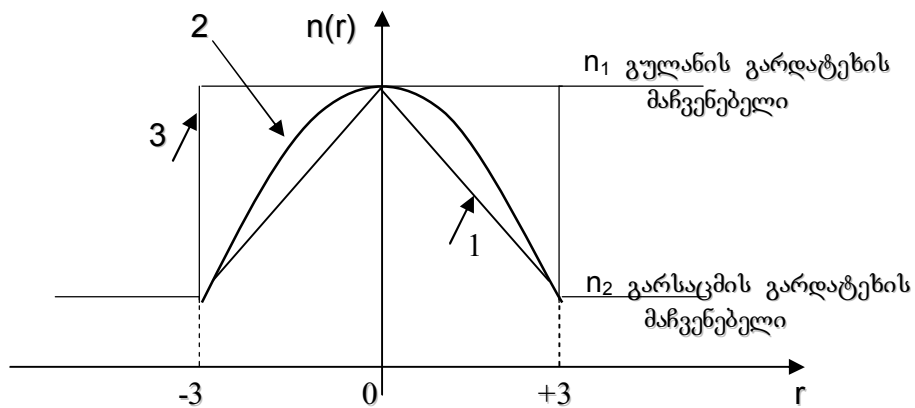
1. მათი სიხშირის ზოლის სიგანე რამდენიმე თანრიგით მეტია ელექტრულ კაბელებთან შედარებით;
2. მათზე არ მოქმედებს გარე ელექტრომაგნიტური ველები;
3. არ აქვს არაკონტროლირებადი გამოსხივება;
4. გამოირჩევიან დამახინჯების დაბალი დონით.
5. აქვს დაბალი მიღების კოეფიციენტი.

ოპტიკური ბოჭკო არის სპეციალური ნივთიერებისაგან (დიელექტრიკი) დამზადებული წვრილი მილი, რომელშიც ვრცელდება სინათლის სხივი. სხივის გავრცელება ემყარება ოპტიკის კანონებს - სხივის არეკვლას და გარდატეხას. ბოჭკო შედგება გულანისა და გარსაცმისაგან. მათი გარდატეხის მაჩვენებელი სხვადასხვაა. სხივი გულანაში ვრცელდება ბოჭკოს გასწვრივ ზიგზაგისებურად გარსაცმიდან მრავალჯერადი არეკვლის (სრული არეკვლა) შედეგად (ნახ.1). ბოჭკოში სხივის გავრცელება დამოკიდებულია n გარდატეხის მაჩვენებელზე. სხივი ვრცელდება გარკვეული (სრული არეკვლის შესაბამისი) კუთხით. ამის შედეგად წარმოქმნილი ტალღები ერთმანეთს ეღებ. ამ ტალღებს უწოდებენ მოდებს. ბოჭკოში სხივის გავრცელება დამოკიდებულია მის პროფილზე.



ნახ.1

არსებობს ბოჭკოს შემდეგი პროფილები (ნახ.2): 1. სამკუთხა - პროფილის მაჩვენებელი $g=1$; 2. პარაბოლური (გრადიენტული) - $g=2$ და 3. სწორკუთხა - g მიისწრაფის უსასრულობისაკენ. არსებობს ერთ და მრავალმოდიანი ბოჭკოები.



ნახ.2

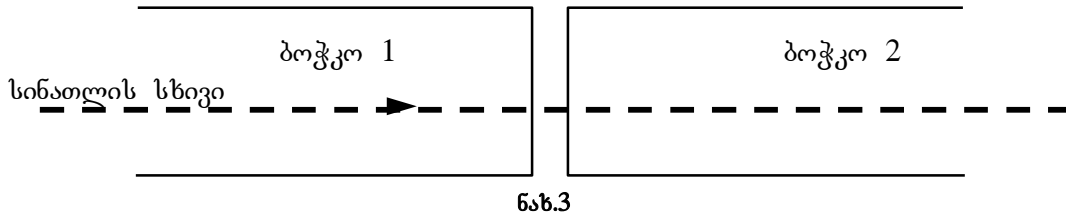
ბოჭკოში სხივის შესუსტება დამოკიდებულია ორ მაჩვენებელზე: ძირითადი მასალის სისუფთავეზე (მაგალითად მეტალისა და OH იონების თანაფარდობაზე) და სხივის გავრცელების პროფილზე. პროფილი განსაზღვრავს მიმდინარე მონაცემების გადაფარვას. თუ გადაფარვა დიდი ხარისხისაა, მაშინ მონაცემების აღმოჩენა შეუძლებელია. სხივის გაბნევა დამოკიდებულია გულანის სხვადასხვა სიმკვრივეზე.

ოპტიკური კაბელის ჩადების დროს მის გასწვრივ კეთდება ოპტიკური კვანძები. იგი საჭიროა: 1. კაბელთან მისასვლელად, 2. დაზიანებული კაბელის შესაკეთებლად, 3. დამაბოლოებელი მოწყობილობების მისაერთებლად (ტესტირების ჩასატარების მიზნით). კვანძებს შორის მანძილი უნდა აღემატებოდეს 5 კმ. არსებობს კვანძის შემდეგი ტიპები: 1. ოპტიკურ-ბოჭკოვანი მოხსნადი შემაერთებელი, 2. არა მოხსნადი შემაერთებელი და 3. მექანიკური შემაერთებელი.

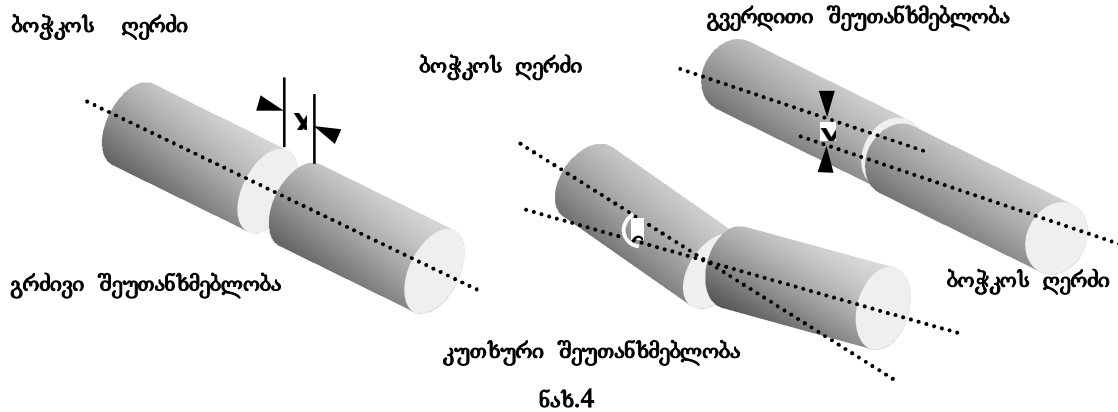
ოპტიკურ-ბოჭკოვან კვანძებში არსებობს მილევის სამი მიზეზი : 1. მილევა არეკვლაზე, 2. მილევა გამოწვეული ბოჭკოების შეპირაპირების სიზუსტით და 3. ბოჭკოების პარამეტრების განხვავებით. მეორე გამოწვეულია ბოჭკოების გვერდითი და კუთხური შეუთანხმებლობით, ხოლო მესამე გამოწვეულია გრძივი კვეთის და გულანების დაუმთხვევლობით.

ორი სხვადასხვა ფენის საზღვარზე, რომლებსაც აქვთ სხვადასხვა გარდატეხის მაჩვენებელი, ყოველთვის არის მილევა. ეს მილევა გამოწვეულია სხივის ნაწილის გავრცელებით მეორე გარემოში (გარდატეხვა). მილევას ადგილი აქვს აგრეთვე ორი ბოჭკოს შეერთების ადგილას. ამ დროს სხივის არეკვლა ძირითადად ხდება იმ ადგილებში სადაც ბოჭკო ეხება ჰაერს (ნახ.3). ე.ი. მილევა ხდება ბოჭკო-ჰაერი და ჰაერი-ბოჭკო უბანზე. ამ შემთხვევაში მილევა გამოითვლება ფორმულით:

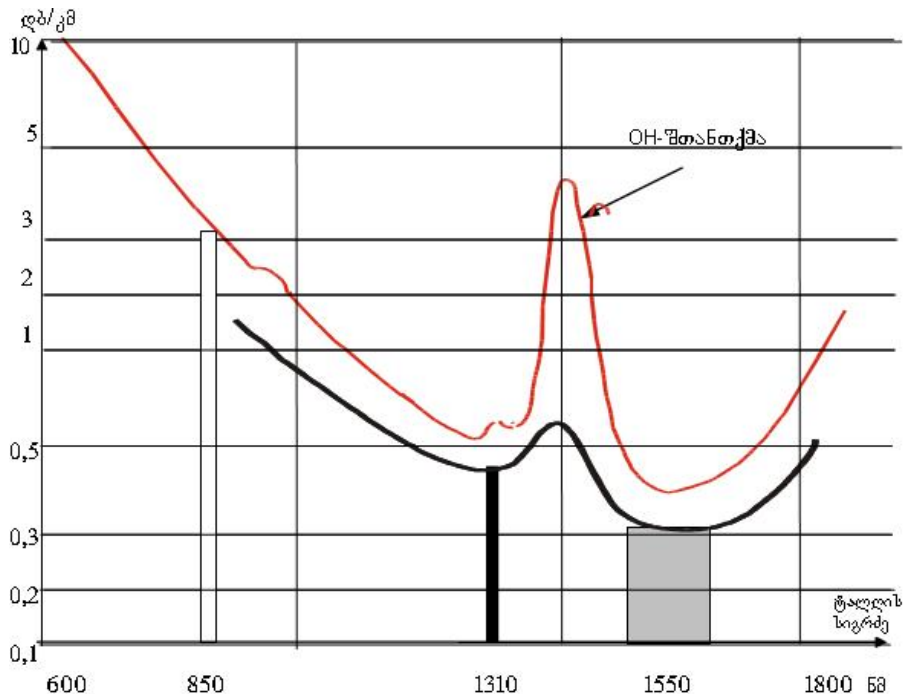
$$A = -20 \log \left\{ 1 - \frac{[n_1 - n_0]^2}{[n_1 + n_0]^2} \right\}$$



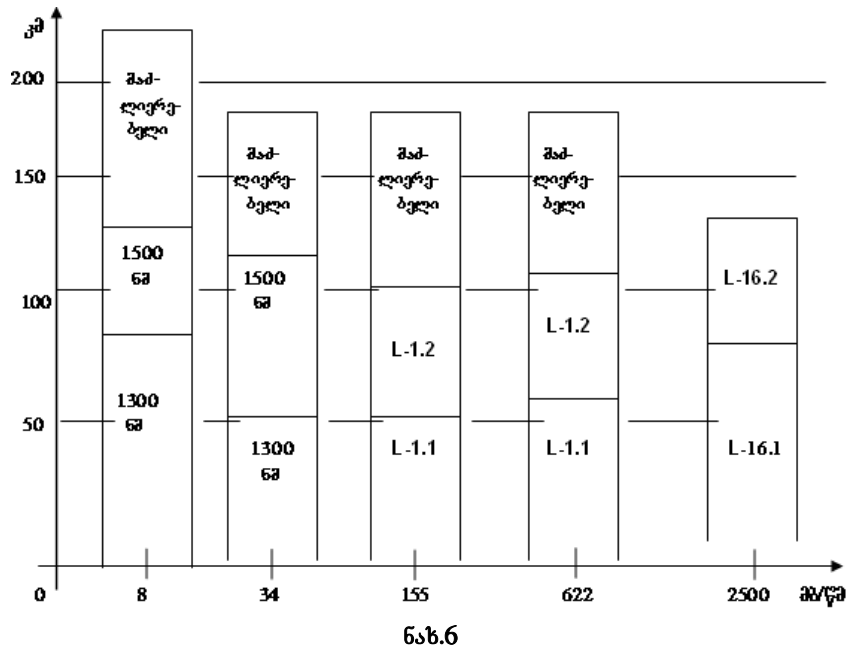
სადაც n_1 არის ბოჭკოს გულანის გარდატეხის მაჩვენებელი, ხოლო n_0 არის ჰაერის გარდატეხის მაჩვენებელი. მე-4 ნახაზზე ნაჩვენებია ბოჭკოს არასწორი შეპირაპირების მაგალითები.



მილევის გამო სხივის გავრცელების მანძილი სხვადასხვა ბოჭკოში არის სხვადასხვა. მილევა ასევე დამოკიდებულია სხივის ტალღის სიგრძეზეც (ნახ.5). როგორც ნახაზიდან ჩანს გამოყოფილია სამი უბანი, სადაც შეიძლება ინფორმაციის გადაცემა ყველაზე ნაკლები მილევით. ეს უბნებია: 1. 850 ნმ ტალღის სიგრძის. ამ უბანში რეკომენდებულია ლოკალური ქსელის ორგანიზება. 2. 1300 ნმ ტალღის სიგრძის. ამ უბანზე რეკომენდებულია გლობალური ქსელის ორგანიზება და 80 კმ-ზე ინფორმაციის გაუძლიერებლად გადაცემა. 3. 1550 ნმ ტალღის სიგრძის. ამ უბანზე რეკომენდირებულია გლობალური ქსელის ორგანიზება და 130 კმ-ზე ინფორმაციის გაუძლიერებლად გადაცემა.



სხვადასხვა ბოჭკოში სხივის გავრცელების მანძილი არის სხვადასხვა. მე-6 ნახაზზე ნაჩვენებია ამ მანძილის დამოკიდებულების გრაფიკი მონაცემთა სიჩქარეზე ერთმოდინი ბოჭკოს შემთხვევაში [3,4], როცა მიღევა არის 0,22 დბ/კმ. L არის რეგენერატორი.



რადგან ენერგობიექტები ერთმანეთისგან დაშორებული არიან დაახლოებით 100კმ-ით, ამიტომ ყველაზე უფრო მიზანშეწონილია 1500 მმ ტალღის სიგრძის სინათლის სხივის გამოყენება. ენერგოსისტემის ტელეკომუნიკაციის ქსელის ასაგებად ოპტიკურ-ბოჭკოვანი კაბელი შეიძლება ჩავლით გრუნტში ან დავკიდოთ მაღალი ძაბვის ელექტროგადამცემ ხაზზე (ეგხ). კაბელის გრუნტში ჩადება დიდ დანახარჯებთან არის დაკავშირებული, ამიტომ უფრო ხშირად ხდება მისი დაკიდება მაღალი ძაბვის ეგხ-ზე.

ენერგოსისტემაში გამოყენებულია შემდეგი სახის ოპტიკურ-ბოჭკოვანი კაბელები:

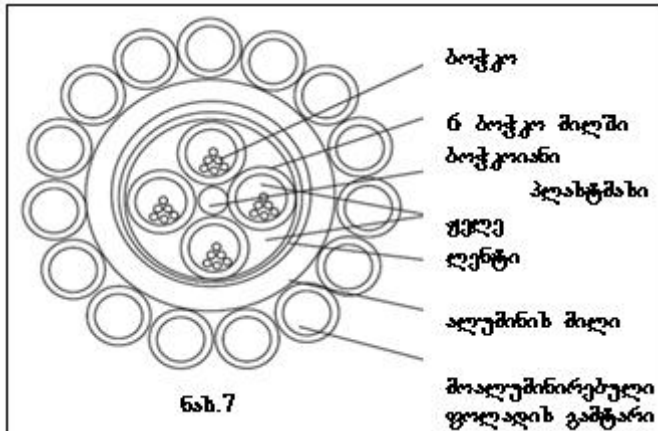
1. OPGW-ივი შეიძლება ჩაიდოს გრუნტშიც და დაიკიდოს ეგხ-ზეც;
2. ADSS-თვით დამჭერი დიელექტრიკული კაბელი;
3. ADL- დიელექტრიკული კაბელი გადამტან გვარლაზე უწყვეტი მიბმით;
4. OPPC-ფაზურ ოპტიკური გამტარი;
5. MASS- დასაკიდებელი თვითდამჭერი მეტალური კაბელი.

ძირითადად გამოიყენება პირველი სამი სახის კაბელი.

ოპტიკურ-ბოჭკოვანი კაბელებს აქვთ დიდი საიმედოობა და მუშაობენ ხანგრძლივი დროის განმავლობაში. გაანჩიათ დაბალი მიღევა და იგი არ არის დამოკიდებული ტემპერატურის ცვლილებაზე. კაბელზე არ მოქმედებს ვიბრაცია ან სხვა გადაადგილებები. შეუძლიათ მუშაობა მკაცრ კლიმატურ პირობებში. მათზე არ მოქმედებს მოკლე ჩართვის დროს გადატვირთვები. შეერთებების პროცედურა ჩვეულებრივი ოპტიკურ-ბოჭკოვანი კაბელისა ანალოგიურია.

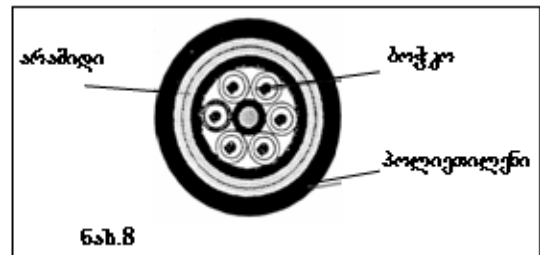
OPGW-კაბელში შიგა ერთი ან რამდენიმე გამტარი შეცვლილია უჟანგავი ფოლადისაგან ან ალუმინისაგან დამზადებული ვიწრო მილით, რომელშიც მოთავსებულია ერთი ან რამდენიმე ოპტიკური ბოჭკო და მილის დარჩენილი სივრცე შევსებულია სპეციალური ყელეთი. ამით ბოჭკო დაცულია წყლისა და ორთქლისაგან.

მილისგარშემო განლაგებულია ალუმინის გამტარები, რათა კაბელი გამოყენებული იყოს, როგორც ეგხ. მექანიკური და ელექტრული მახასიათებლები ჰგავს ჩვეულებრივი გამტარის მახასიათებლებს. ბოჭკოს რაოდენობის გაზრდა ხდება მილში მისი დამატებით ან მილების დამატებით. ბოჭკოს რაოდენობა შეიძლება შეიცვალოს საკაბელო პროექტის შეცვლის გარეშე. მე-7 ნახაზზე ნაჩვენებია OPGW კაბელის ჭრილი.



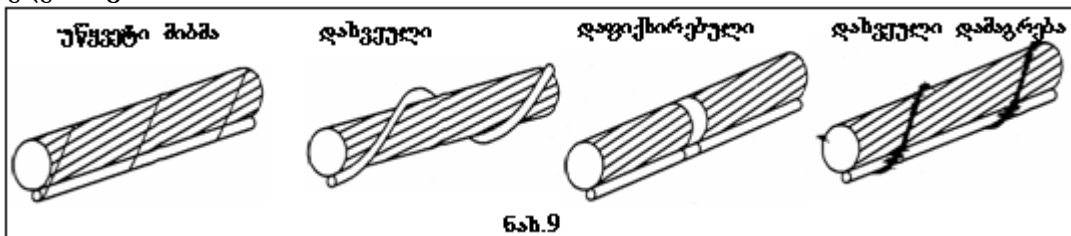
ნახ.7

ADSS (ნახ.8) არის საჰაერო ოპტიკურ-ბოჭკოვანი კაბელი. მილის თავისუფალი არე შევსებულია სპეციალური ტოკსოტროპული შელეთი, რომელიც იცავს ბოჭკოს კაბელში მოქმედი გარე წნევებისგან. დაჭიმვის შემცირების მიზნით კაბელის ღერძის გასწვრივ გატარებულია სპეციალური გვარლა. გარსაცმი გაკეთებულია მაღალი სიმტკიცის შავი პოლიეთილენისაგან.



ნახ.8

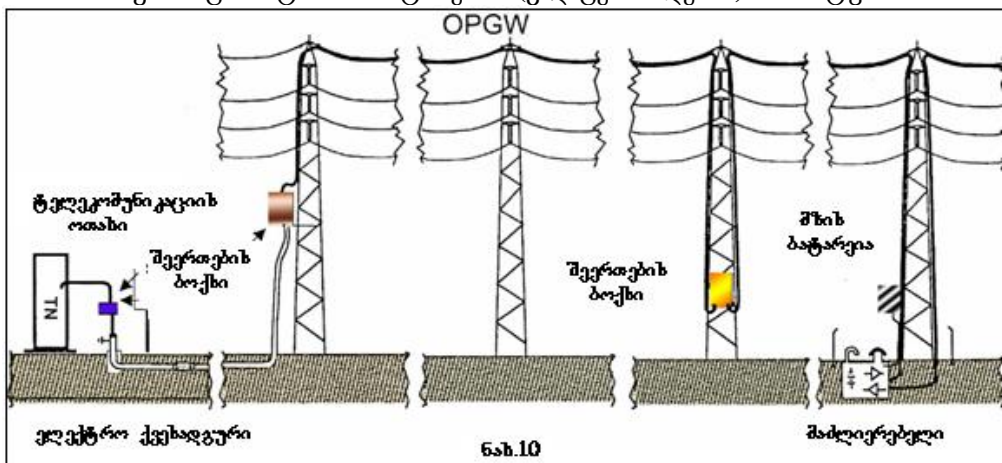
დიელექტრიკული ADL კაბელი უწყვეტად ებმება დამჭერ გვარლას. ასეთი მიბმის მაგალითები ნაჩვენებია მე-9 ნახაზზე. კაბელის გარე დიამეტრი ტოლია 1,2 მმ. მისი უპირატესობა სხვა კაბელებთან შედარებით არის ის, რომ კოჭაზე დახვეული კაბელის სიგრძე მოთავსებულია 3—6 კმ ფარგლებში, როცა სხვა სახის კაბელებისთვის ეს გაცილებით მცირეა. მისი დაყენება შეიძლება სუსტ საყრდენებზეც და დროთა განმავლობაში არ განიცდის გაფუჭებას. კაბელი კარგადაა დაცული გარე ზემოქმედებისაგან.



ნახ.9

ოპტიკურ-ბოჭკოვანი კაბელების შედარებიდან ჩანს, რომ უფრო მოსახერხებელია OPGW-კაბელის გამოყენება, რადგან იგი შეიძლება გამოვიყენოთ როგორც მაღალი ძაბვის ეგზ და საჭიროების შემთხვევაში შედარებით ადვილია ოპტიკური ბოჭკოს დამატება.

მე-10 ნახაზზე ნაჩვენებია ოპტიკურ-ბოჭკოვანი კაბელის დაკიდების მაგალითი მაღალი ძაბვის ეგზ-ზე. TN არის ინფორმაციის ტრანსპორტირების (გადაცემა-მიღების) აპარატურა.



ნახ.10

ლიტერატურა

1. LAHMEYER INTERNATIONAL. Energi Division. Communication Training. Prepared by: Dipl. Ing. Georg. Th. Prinz Presented on: 29 April 2005 to 02 May 2005 Location: Bad Vilbal, Germany Engineering expertise. Recognized Worldwidl.
2. Н.И. Гроднев, Н. Д. Курбатов. Линии связи. Москва. «Связь». 1990.
3. A. Mehrotra, Cellular Radio: Analog and Digital Systems\Artech House, Boston-London. 1994.
4. Н. Н. Слепов. Синхронные цифровые сети SDH. М. 1997 г.

**ОПТОВОЛОКОННАЯ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННАЯ СЕТЬ
ЭЛЕКТРОЭНЕРГОСИСТЕМЫ**

Модебадзе Ю., Мурджикнели Г., Модебадзе Н.,
Еремеишвили Н., Попхадзе Э.
Грузинский Технический Университет

Резюме

Рассмотрены вопросы построения оптоволоконной телекоммуникационной сети электроэнергосистемы с целью повышения надежности и качества связи между энергообъектами. В частности, рекомендуется в системе электроэнергетики иметь как собственные, так и взятые под аренду телекоммуникационные каналы. Имеется также возможность уменьшить стоимость системы, подвесив оптическое волокно на линию высокого напряжения. Приведены достоинства оптоволоконной связи относительно других систем связи, а также зависимости его затухания от длины волны и расстояния распространения луча без предварительного усиления от скорости данных. Рассмотрены параметры оптического волокна и оптических кабелей разного вида и показано, как должны быть подвешены оптические кабели на линиях электропередачи высокого напряжения.

**FIBRE-OPTICAL TELECOMMUNICATION NETWORK OF
THE ELECTROPOWER SUPPLY SYSTEM**

Modebadze I., Murjikneli G., Modebadze N.,
Eremeishvili N., Popkhadze E.
Georgian Technical University

Summary

Questions of construction of a fibre-optical telecommunication network of an electropower supply system with the purpose of increase of reliability and quality of communication between power objects are considered. In particular, it is recommended to have in system of electric power industry both own, and the telecommunication channels taken under rent. There is also an opportunity to reduce cost of system, having suspended an optical fibre on a line of a high voltage. Advantages of fibre-optical communication concerning other communication systems, and also dependences of its attenuation on the length of a wave and distances of distribution of a beam without preliminary strengthening from speed of data are resulted. Parameters of an optical fibre and optical cables of a different kind are considered and is shown, how optical cables on transmission lines of a high voltage should be suspended.