

DWDM სისტემის ძირითადი პარამეტრები

კახა ხოშტარია, იური მოდებაძე, ლევან კახელი
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

რეზიუმე

ნაჩვენებია პრობლემები, რომლებიც თან ახლავს DWDM ტექნოლოგიაზე დაფუძნებული OTN-OTH სატრანსპორტო ქსელების დანერგვას, რომელთა საშუალებითაც შესაძლებელი გახდა ოპტიკური ბოჭკოს მაქსიმალურად ეფექტური გამოყენება. განხილულია DWDM სისტემების ძირითადი პარამეტრები, რომელთა გათვალისწინებაც აუცილებელია აღნიშნული ქსელების დაპროექტებისას.

საკვანძო სიტყვები: DWDM-სისტემები. DWDM-პარამეტრები. სატრანსპორტო ქსელები. EDFA მაძლიერებელი. OSNR. BER.

1. შესავალი

თანამედროვე ტელეკომუნიკაცია წარმოუდგენელია ოპტიკური ქსელებისა და სისტემების გარეშე. სწორედ მათ განაპირობებს უზარმაზარი ტევადობის ციფრული ნაკადების გადაცემის შესაძლებლობა.

ყოველდღიურად იზრდება მოთხოვნა სხვადასხვა ტიპის მომსახურებაზე, როგორც ტრადიციული, ასევე ინტერნეტ მომსახურების ჩათვლით, რაც ახალ მოთხოვნებს უყენებს კავშირის თანამედროვე ქსელებსა და მომსახურების ხარისხს. ამასთანავე, სატელეკომუნიკაციო მოწყობილობების სრულყოფა და თანამედროვე ქსელების განვითარება იწვევს ქსელების აგების პროცესის გართულებას, დიდ კაპიტალურ დანახარჯებს მათ შექმნასა და ექსპლუატაციაზე.

ITU-T-ს რეკომენდაციებით გათვალისწინებულია ოთხი სატრანსპორტო მოდელი: SDH, ATM, Ethernet და OTM-OTN სატრანსპორტო ქსელები. აქედან ყველაზე უნივერსალურია OTN ქსელი, რომელიც DWDM ტექნოლოგიის გამოყენების ბაზაზე იძლევა ოპტიკური ბოჭკოს მაქსიმალურად გამოყენების შესაძლებლობას, რამაც საშუალება მოგვცა გადასაცემი ციფრული ნაკადების ტევადობის ნახტომისებური ზრდის. ეს ტექნოლოგია დაფუძნებულია ტალღის სიგრძის მიხედვით მულტიპლექსირების მეთოდზე. ამის შედეგად შესაძლებელი გახდა ოპტიკური ბოჭკოს რაციონალური გამოყენება, რომელმაც მიგვიყვანა ერთი ბოჭკოთი ასეულობით დიდი ტევადობის არხების გადაცემაზე.

ამკარაა აღნიშნული მეთოდის უპირატესობა TDM მულტიპლექსირებასთან შედარებით, სადაც შესასვლელი სტანდარტული დაბალსიხშირული არხები სინქრონულად მულტიპლექსირდება გადაცემის ერთიან მაღალსიხშირიან არხში. ამ მეთოდით კავშირის არხის გამტარუნარიანობის გაზარდა შესაძლებელია ფორმირებული არხის ბიტური სიჩქარის გაზრდით, რაც აძვირებს აპარატურას და ართულებს გადაცემის პროტოკოლებს. ამისგან განსხვავებით DWDM საშუალებას იძლევა, ხაზის გამტარუნარიანობა გაიზარდოს ისე, რომ არ შეიცვალოს არსებული ელექტრონული მოწყობილობები. ხაზში ახალი არხის დამატება ხდება ახალი ტალღის სიგრძის გამოყენების საშუალებით, არსებულ არხებთან შეუხებლად. არხების ერთმანეთთან სინქრონიზაცია არ არის აუცილებელი და თითოეულ არხში გადაცემა ხდება დამოუკიდებელი პროტოკოლის საშუალებით. მაგრამ, DWDM სისტემებში მუშაობის უნარის შესაბამისი დონის შენარჩუნება გაცილებით რთულია მის წინამორბედ სისტემებთან შედარებით. მათგან განსხვავებით DWDM სისტემაში ყველა პარამეტრი, რომელიც მოქმედებს მთლიან სისტემაზე, უნდა გაიზომოს და შეფასდეს თითოეულ ტალღის სიგრძისათვის. ამიტომ, საკითხები ქსელის დაგეგმვის მეთოდების დამუშავებისა და მისი ეფექტურობის გაზრდის, განსაკუთრებულ მნიშვნელობას იძენს.

ობტიკურ-ბოჭკოვანი სისტემები ინერგება ყველგან, მათ შორის საქართველოშიც. მათი სრულყოფილი დაგეგმარება და ექსპლოატაცია მოითხოვს ოპტიკური ფიზიკისა და სატრანსპორტო სისტემების და ქსელების აგების პრინციპების საფუძვლიან ცოდნას. ეს საკითხები განსაკუთრებულად მნიშვნელოვანია ჩვენი ქვეყნისათვის, რადგან მას სატელეკომუნიკაციო თვალსაზრისით, გააჩნია სატრანზიტო ფუნქცია, როგორც ევროპა-აზიის შემაერთებელ ქვეყანას შავი ზღვის რეგიონში, სადაც იქმნება ახალი მაგისტრალები საკმაოდ დიდი ტევადობის ინფორმაციული ნაკადების გადასაცემად. ამასთანავე, ის არ აწარმოებს თანამედროვე აპარატურას და ქსელების აგებისას იყენებს საზღვარგარეთიდან შემოტანილ ტექნოლოგიებს, რაც კიდევ უფრო ზრდის სწორად დაგეგმარებისა და ქსელების შემდგომი განვითარების როლს თანამედროვე სატელეკომუნიკაციო ტექნოლოგიების საფუძველზე

DWDM სისტემების გამოჩენისთანავე თავი იჩინა სერიოზულმა პრობლემამ, კვალიფიციური პერსონალის ნაკლებობამ, რაც დღესაც პრობლემად რჩება, განსაკუთრებით ისეთი პატარა ქვეყნისათვის, როგორცაა საქართველო. ისევე როგორც მთელ მსოფლიოში, საქართველოშიც ინერგება უახლესი ტექნოლოგიები, მომსახურე პერსონალი კი არაა სათანადო დონეზე მომზადებული. აუცილებელია ამას მიექცეს ყურადღება. საჭიროა, რომ ტელეკომუნიკაციის სპეციალობის სტუდენტებმა და ამ დარგში მომუშავე პერსონალმა სპეციალობის ნორმალურად ასათვისებლად იცოდეს უცხო ენა (ინგლისური, რუსული), რადგან მკითხველის სწრაფად უზრუნველყოფა ქართულ ენაზე გამოშვებული ლიტერატურით რთულია. თუმცა ამ მიმართულებით იღვებოდა ნაბიჯები, მაგრამ ძნელია ფეხი აუწყო დარგის განვითარების ტემპს.

მოცემული სტატიის მიზანია, სხვადასხვა უცხოური ტექნიკური ლიტერატურის (სტატიების, წიგნების) მიმოხილვის საფუძველზე, იმ პრობლემების წარმოჩენა, რომელიც გასათვალისწინებელია OTN-DWDM ოპტიკური სატრანსპორტო ქსელებისა და სისტემების განხორციელებისას. სტატიის შეზღუდული მოცულობის გამო ვცდილობთ ყურადღება გავამახვილოთ მხოლოდ უძირითადეს საკვანძო საკითხებზე.

2. ძირითადი ნაწილი

DWDM სისტემის შემადგენელი ცალკეული კომპონენტების მახასიათებლებით განისაზღვრება შემდეგი პარამეტრები:

1. გადაცემის სიჩქარე.

სისტემის გადაცემის სიჩქარე (ტევადობა) განისაზღვრება ფორმულით

$$C_{\text{სისტ.}} = N_{\text{არხ.}} \times C_{\text{არხ.}}$$

სადაც $N_{\text{არხ.}}$ არის არხების რაოდენობა, ხოლო $C_{\text{არხ.}}$ ერთი არხის სიჩქარე.

სინშირული ინტერვალი არხებს შორის განისაზღვრება ITU-T-ს რეკომენდაცია G.692-ის მიხედვით. ძირითადად არსებობს ორი სინშირული გეგმა:

ა. 100 გჰც ($\Delta\lambda \approx 0,8$ ნმ); 40 ტალღა 1528,77(196,1 ტჰც)-დან 1560, 61 ნმ (192,1 ტჰც)-ის ჩათვლით.

ბ. 50 გჰც ($\Delta\lambda \approx 0,4$ ნმ), 80 ტალღის სიგრძე.

გარდა ამისა, არსებობს კიდევ სინშირული გეგმა High-Dense WDM, HDWDM, 25 გჰც ($\Delta\lambda \approx 0,2$ ნმ); ბევრად უფრო მკაცრი მოთხოვნებით.

2. ლაზერული გადაცემის სიმძლავრე და სტაბილობა.

ცხადია, სასურველია ეს პარამეტრები იყოს მაღალი, ამასთანავე, სიგნალის სიმძლავრე არ უნდა იყოს იმდენად დიდი, რომ გაჩნდეს არაწრფივი მოვლენების ნეგატიური გავლენა ბოჭკოში.

3. ლაზერული გამოსხივების წყაროს მოდულაციის სიჩქარე.

4. EDFA მაძლიერებლის გაძლიერების კოეფიციენტი.

მუშა დიაპაზონში სუსტი სიგნალებისათვის, იგი უნდა იყოს მაქსიმალურად დიდი და სტაბილური.

5. ოპტიკური ბოჭკოს მახასიათებლები.

ბოჭკოს ტიპი და მახასიათებლები დიდ გავლენას ახდენს ისეთ პარამეტრებზე, როგორცაა გადაცემის სიჩქარე, დისპერსია, არხების მაქსიმალური შესაძლო რაოდენობა. ამ ძირითადი პარამეტრების გარდა მხედველობაში უნდა იქნას მიღებული სხვა ფაქტორებიც:

I. შეცდომების კოეფიციენტი.

კავშირის ხაზისადმი წაყენებული მოთხოვნები განისაზღვრება შეცდომების კოეფიციენტით BER (Bit Error Rate), რომელიც შეიძლება იცვლებოდეს საკმაოდ ფართო დიაპაზონში ($10^{-6} - 10^{-12}$), იმისდამიხედვით, თუ რა სახის სიგნალი გადაიცემა. აუცილებელია, რომ DWDM სისტემას ჰქონდეს BER-ის დაბალი მნიშვნელობა ყოველი ცალკეული არხისათვის. იმისათვის, რომ პროექტირების ეტაპზე განისაზღვროს რამდენად შეესაბამება ოპტიკურ-ბოჭკოვანი ხაზი ქსელური გამოყენების (application) მოთხოვნებს, შეიძლება განვიხილოთ კავშირის ხაზი "P to P", წყაროსა და მომხმარებელს შორის.

ამ შემთხვევაში უნდა განისაზღვროს მიმღების მგრძობიარობა, რომელიც გვიჩვენებს რა მინიმალური სიმძლავრე უზრუნველყოფს BER-ის მოთხოვნილ მნიშვნელობას. ამისათვის საჭიროა კავშირის ხაზის ბიუჯეტის (ყველა კომპონენტში კარგების ჯამი) ცოდნა გადამცემიდან მიმღებამდე. აუცილებელია, რომ მიმღებში მიღებული სიგნალის დონე აღემატებოდეს მინიმალურად დასაშვებ მნიშვნელობას, რომელიც საჭიროა BER-ის მოთხოვნილი მნიშვნელობის უზრუნველსაყოფად. სხვაობას მათ შორის უძახიან კავშირის ხაზის მარაგს და ის არ უნდა იყოს 10 დბ-ზე ნაკლები.

შეცდომების კოეფიციენტზე დიდ გავლენას ახდენს სიგნალის სიმძლავრის კარგების სიდიდე, რომელიც დამოკიდებულია სისტემის ელემენტზე და მანძილზე გადამცემიდან მოცემულ ელემენტამდე. ხაზის მიმართულების განსაზღვრისას, მთა-ვარია შეფასდეს კარგვის სიდიდე.

ოპტიკური სხივის შეყვანისას ოპტიკური კომპონენტში სიმძლავრის ძირითადი ნაწილი გადაიცემა ფიზიკური არხით, რაღაც ნაწილი შთაინთქმება, ნაწილი კი აირეკვლება. სიგნალის არეკვლილი ნაწილის სიმძლავრე მნიშვნელოვნად მოქმედებს კარგების სიდიდეზე.

არეკვლის ორი ძირითადი მიზეზი არსებობს: რელეის გაბნევა და ფრენელის არეკვლა.

რელეის გაბნევა ჩნდება ბოჭკოს შიგნით გადასაცემი სინათლის ტალღის ბოჭკოს მასალასთან ურთიერთქმედების გამო. ამიტომ ის დამოკიდებულია ბოჭკოს მასალის შემადგენლობაზე და აგრეთვე ტალღის სიგრძეზე. გაბნევის ამპლიტუდა დაახლოებით არის -75 დბ 1550 ნმ ტალღის ბოჭკოს 1 მეტრზე და დიდ მანძილზე მისი გავლენა შეიძლება იყოს მნიშვნელოვანი. ფრენელის არეკვლას ადგილი აქვს სხვადასხვა გარემოს გამყოფ საზღვარზე (შემაერთებელი, გამთიშველები და სხვა), ჰაერის ღრეჩობის, გარდატეხვის მაჩვენებლების შეუთანხმებლობის გამო გამყოფი საზღვარის ორივე მხარეს და სხვა.

არეკვლილი ოპტიკური სიგნალი არასასურველია და იწვევს მთელ რიგ უარყოფით მოვლენებს: ზრდის სიმძლავრის საერთო კარგვებს; მნიშვნელოვნად აუარესებს გადამცემი ლაზერის სტაბილურობას და საგნალ/ხელშეშლის ფარდობას; უკან არეკვლილი სინათლის სიგნალი შეიძლება განმეორებით აირეკვლოს პირდაპირი მიმართულებით, არეკვლილი და დაყოფილი კობები გავრცელებისას იწვევენ სირთულეებს დემოდულაციის ეტაპზე, რომელსაც უწოდებენ მრავალსხივიან ინტერფერენციას MPI (Multi-Path Interference); არეკვლა, რომელსაც ადგილი

აქვს EDFA მაძლიერებელში მიყვავართ დამატებით მრავალსხვიან ინტერფერენციამდე, რაც მნიშვნელოვნად ზრდის მაძლიერებლის ხმაურს.

არეკვლილი სიგნალის სიმძლავრე განისაზღვრება არეკვლის კოეფიციენტის სიდიდით. იგი განისაზღვრება ფორმულით:

$$ORL(\text{Optikal Return Los})=10\lg(P_{in}/P_{ref}),$$

სადაც P_{in} – დაცემული სხივის სიმძლავრეა, P_{ref} – არეკვლილი სხივის.

არეკვლის კოეფიციენტი:

$$K=10\lg(P_{ref}/P_{in}).$$

რაც უფრო მცირეა არეკვლის კოეფიციენტი, მით უკეთესია კომპონენტის მახასიათებლები. შეცდომების კოეფიციენტი BER დამოკიდებულია WDM (DWDM) სისტემის ასევე ერთ-ერთ უმთავრეს მახასიათებელზე, OSNR (Optikal-Signalto-Noise Ratio)-ზე, რომელიც გვიჩვენებს, რამდენად აღემატება მიღებული სიგნალი ხმაურის ფონს თითოეული არხისათვის. რაც უფრო დიდია OSNR, მით უფრო ადვილია სიგნალის მიღებული ბიტების იდენტიფიცირება ხმაურის ფონზე. შენონის ცნობილი თეორემის თანახმად ნებისმიერი მოცემული სიგნალ/ხმაურის OSNR ფარდობისათვის შეიძლება მიღწეული იქნას რაც შეიძლება დაბალი სიდიდის შეცდომების კოეფიციენტი BER, თუ გამოვიყენებთ ნებისმიერი უმცირესი სიჭარბის ხელშეშლამდგრად კოდირებას. მაგრამ პრაქტიკაში, რაც უფრო მცირეა OSNR, მით უფრო რთული სქემა საჭირო, რომ მივიღოთ BER-ის მოთხოვნილი მნიშვნელობა. ამდენად DWDM სისტემებში საჭიროა ხმაურის დაბალი დონისა და შესაბამისად OSNR-ის მაღალი მნიშვნელობის უზრუნველყოფა.

ქსელის (მაგისტრალის) პირველი მულტიპლექსერის გამოსასვლელზე OSNR არ უნდა იყოს დაახლოებით 40 დბ-მდე თითოეული არხისათვის. კავშირის ხაზში OSNR მცირდება ხაზის სიგრძეზე, EDFA მაძლიერებლის რაოდენობასა და გადაცემის სიჩქარეზე დამოკიდებულებით. მიმდების შესასვლელზე OSNR-ის მნიშვნელობა არ უნდა ჩამოვიდეს 20 დბ-ზე დაბლა.

ოპტიკური EDFA მაძლიერებლების შექმნამ უდიდესი როლი ითამაშა DWDM სის-ტემის განხორციელებაში. შესაძლო გახდა პრაქტიკულად სრულად ოპტიკური მა-გისტრალებისა და ქსელების შექმნა. ამასთან, რადგან ეს უკანასკნელი არ ახორ-ციელებს რეგენერაციას, აღადგენს მხოლოდ სიგნალის ამპლიტუდას, ხაზში სიგნალის გავლისას გროვდება ხმაურები, რომლებიც ძირითადად წარმოიქმნება ოპტიკურ მაძლიერებელში გაძლიერებული სპონტანური ემისიით ASE (Amplified Spontaneous Emis-sion), რომელიც აუარესებს სიგნალ/ხელშეშლის ფარდობას ყველა ოპტიკურ ხაზში.

იქ სადაც ასეთი მაძლიერებელი გამოიყენება დიდი რაოდენობით, საჭიროა გაძლიერების კოეფიციენტის ტალღის სიგრძეზე დამოკიდებულების გათვალისწინება, რადგან ის ახდენს გავლენას სისტემაში სიგნალის სპექტრის განაწილების ხასიათზე. სისტემის გაძლიერების კოეფიციენტი შეიძლება შეიცვალოს ტემპერატურის ცვლილების, ბოჭკოს ფიზიკური დაძაბვის, კომპონენტების დეგრადაციისა და კავშირის ქსელის კონფიგურაციის შეცვლის გამო.

OSNR დბ-ში უნდა გაიზომოს DWDM –ის თითოეულ არხში:

$$OSNR=\min_i[10\lg(P_i/N_i+10\lg(B_m/B_r)],$$

სადაც – P_i - ოპტიკური სიგნალის სიმძლავრეა i -ურ არხში, B_r – საბაზისო ოპტიკური ზოლის სიგანე (სიხშირისა ან ტალღის სიგრძის მიხედვით), რომელიც ზოგადად 0,1 ნმ-ია, N_i – ხმაურის სიმძლავრის ინტერპოლირებული მნიშვნელობაა ხმაურის B_m ექვივალენტურ ზოლში, სიხშირის ან ტალღის სიგრძის მიხედვით თითოეული i -ური არხისათვის:

$$N_i=[N(\lambda_i-\Delta\lambda_i)+ N(\lambda_i+\Delta\lambda_i)]/2,$$

სადაც $\Delta\lambda$ – ინტერპოლაციური წანაცვლებაა ტალღის სიგრძის მიხედვით, რომელიც ტოლია ან ნაკლები არხებს შორის ინტერვალის ნახევრის.

OSNR არის სიგნალის ხარისხის საზომი (კრიტერიუმი) და წარმოადგენს კავშირის ხაზის უმთავრეს პარამეტრს. ოპტიკურ ქსელში მადლიერებლებით თითოეული არხის გაძლიერების კოეფიციენტი დამოკიდებულია არხების რაოდენობაზე, რომელიც გადის მადლიერებლებში. სისტემის მუშა მდგომარეობაზე დასკვნის გამოტანა შეიძლება მხოლოდ მაშინ, თუ გაიზომება როგორც მთლიანი სიმძლავრე სიგნალის, ასევე სიმძლავრეები ცალკეულ არხებში. დასკვნისათვის საჭიროა გვექონდეს სრული სპექტრული ინფორმაცია ოპტიკური სიგნალის შესახებ.

II. არხების გატარების ზოლი.

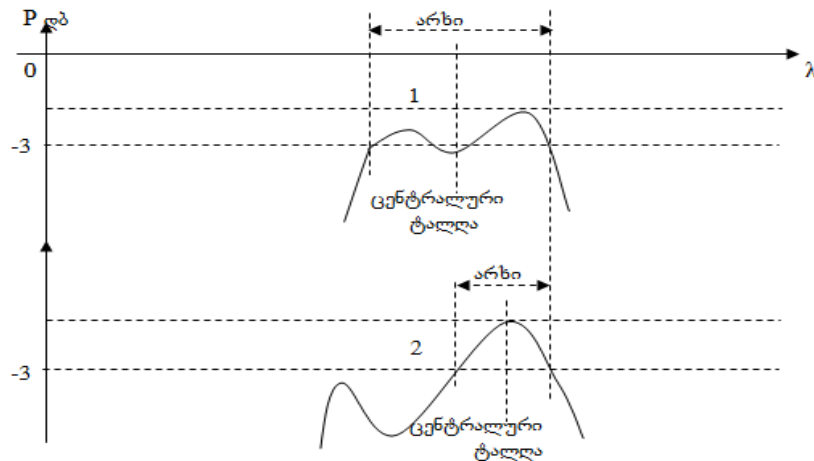
მულტიპლექსურისა/დემულტიპლექსურის ეფექტურობა განისაზღვრება მისი თვისებით მოხდინოს ერთმანეთისგან შემავალი და გამავალი არხების სელექცია. თითოეული არხის გატარების ზოლი ხასიათდება შემდეგი პარამეტრებით:

1. არხის ცენტრალური ტალღის სიგრძე.

იგი არის საშუალო არითმეტიკული მნიშვნელობა წაკვეთის ზედა და ქვედა ტალღის სიგრძეების:

$$(\lambda_{upper} + \lambda_{lower})/2.$$

1-ელ ნახაზზე ნაჩვენებია ორი სპექტრის შედარება, რომელიც ასახავს მცირე ცვლილებების გავლენას არხის ტალღის ცენტრალური სიგრძის მდებარეობაზე. ცდილობენ გადამცემის ნომინალური ტალღის სიგრძე ახლოს იყოს ტალღის ცენტრალურ სიგრძესთან.



ნახ. 1

2. არხებს შორის ინტერვალი.

ის შეესაბამება WDM-ის სინშირულ გეგმას. ყველაზე გავრცელებულია ITU-T-ს თანაბარი სინშირული გეგმა, არხებს შორის 100 გჰც-იანი ინტერვალით.

არათანაბარ ინტერვალებს იყენებენ ძირითადად იმისთვის, რომ მოხდეს მინიმი-ზაცია ან აღმოიფხვრას არაწრფივი ოთხტალღიანი შერევა FWM, რომლის დროსაც ბოჭკოში გამოსხივების არაწრფივი ურთიერთქმედების გამო ორ ან მეტ სინშირეზე აღიძვრებიან სიგნალები ახალი სინშირით. თანაბარი ინტერვალების არხებს შორის ახალი პარაზიტული სიგნალი შეიძლება სინშირით დაემთხვეს სხვა არხების სიგნალებს, რაც გამოიწვევს ჯვარედინ ხელშეშლებს. არათანაბარი ინტერვალებისას ოთხტალღიანი შერევა იწვევს დამატებით ხმაურებს ტალღის სიგრძეებზე, რომლებიც არაა გამოყენებული სასარგებლო სიგნალის გადასაცემად.

3. გატარების ზოლი.

იგი განისაზღვრება -3 დბ-ზე (სხვა ზღვრულ დონეებზე, ჩვეულებრივად - -0,5 დბ, -20 დბ და უფრო ქვემოთ) და არის გადასაცემი სიგნალის ის ნაწილი, რომლის ფარგლებშიც ყველა სპექტრული მდგენელი აღემატება განსაზღვრულ ზღვრების დონეს. მაგალითად ეს ზღვრები შეიძლება იყოს - 3 დბ მაქსიმუმიდან ან სიგანე სიმაღლის ნახევარზე FWHM (Full Width at Half Maximum). აზრი არ აქვს გატარების ზოლის სიგანაზე ლაპარაკს, თუ არაა მითითებული ზღვრების დონე. გატარების ზოლი განსაზღვრავს სპექტრის იმ დიაპაზონს, რომელშიც მოწყობილობა შეიძლება იყოს გამოყენებული ეფექტურად.

გატარების ზოლის განსაზღვრა ორი ან მეტი ზღვრული დონეებისათვის შესაძლებლობას გვაძლევს ვაჩვენოთ მისი ფორმა საზღვარზე, რომელიც დამოკიდებულია გამოყენებული ფილტრის რიგზე. გატარების ზოლის სიგანის მნიშვნელობები ძალზე დიდ მილევაზე (-20 დბ ან -30 დბ) სასარგებლოა DWDM-ში მეზობელ არხებში ჯვარედინი ხელშეშლების დონეების პროგნოზირებისათვის. გატარების ზოლის სიგანის კონკრეტული მნიშვნელობა დამოკიდებულია მეზობელი არხების იზოლირების ხარისხზე, რომელიც აუცილებელია ცალკეული ქსელური გამოყენებისათვის (ტრაფიკის სახეობისათვის).

4. იზოლირება და შორეული ჯვარედინი ხელშეშლები FEXJ ($F_{ar}-F_{nd}$ Crosstalk).

ზოგადად არხების ერთმანეთთან და შორეული ჯვარედინი ხელშეშლებისგან იზოლირება განსაზღვრავს მოცემული არხის სიგნალის შესუსტების დონეს სხვა არხებში, სადაც ეს სიგნალი არ არის ძირითადი სიგნალი. იგი განისაზღვრება ფორმულით

$$Isolation = \min 10 \lg [P_{ini}(\lambda_i) / P_{ontj}(\lambda_i)],$$

სადაც $P_{ini}(\lambda_i)$ არის i არხის შესასვლელი სიგნალის სიმძლავრე λ_i ტალღის სიგრძეზე, $P_{ontj}(\lambda_i)$ კი i არხის სიგნალის სიმძლავრე λ_i ტალღის სიგრძეზე j არხში.

ჯვარედინი ხელშეშლები განსაზღვრავენ რამდენად აღემატება ძირითადი არხის შესასვლელი სიგნალის სიმძლავრის დონე λ_i ტალღის სიგრძეზე ჯამური სიგნალის სიმძლავრეს, რომელიც მოხვდა არაძირითად არხებში:

$$Crosstalk = 10 \lg [P_{inj}(\lambda_i) / \sum_{j \neq i} P_{ontj}(\lambda_i)].$$

5. სიმძლავრის პიკის არათანაბრობა არხის სპექტრში.

იგი არის სიმძლავრის ცვლილებები გატარების ზოლის მაქსიმუმების მიდამოებში.

6. არხების ერთგვაროვნება.

ის წარმოადგენს გადასაცემი სიმძლავრის დონის ცვლილების ზომას ან შეტანილ კარგებს არხიდან არხში მულტიპლექსირება/დემულტიპლექსირებისას.

7. პოლარიზების მოვლენები.

იგი არის კარგები, რომელიც დაკავშირებული პოლარიზაციის პროცესზე PDL (Polarization Dependant Loss) და პოლარიზაციის მოდურ დისპერსიაზე (Polarization Mode Dispersion), რომელიც აღიძვრება გამოსხივების ორი ურთიერთპერპენდიკულარული შემადგენლის სხვადასხვა სიჩქარით გავრცელების გამო.

8. შეტანილი კარგები IL (Insertion loss) სისტემის რომელიმე კომპონენტის გამო.

იგი განისაზღვრება:

$$IL = 10 \lg (P_{in} / P_{out}).$$

9. მიმართულება (Directivity) ანუ ჯვარედინი ხელშეშლები ახლო ბოლოზე NECT (Near-End Cross Talk).

იგი არის მრავალპორტიანი მოწყობილობის იზოლირების საზომი და არის მულტიპლექსირების მნიშვნელოვანი მახასიათებელი

$$\text{Directivity}_j = \min_i 10 \lg [P_{\text{ini}}(\lambda_i) / P_{\text{outj}}(\lambda_i)].$$

ზემოთ ჩამოთვლილი პარამეტრების გარდა, აუცილებელია ოპტიკური ბოჭკოში მიმდინარე მოვლენების შესწავლაგანხილვა, რომელთაგან შეიძლება გამოვყოთ ოთხი ძირითადი მოვლენა, რომელიც აუარესებს WDM სისტემის მახასიათებლებს: ქრომატული დისპერსია, პოლარიზაციული მოდული დისპერსია და არაწრფივი ოპტიკური ეფექტი.

3. დასკვნა

როგორც ზემოთ მოყვანილი განხილვიდან ჩანს, ოპტიკური სატრანსპორტო ქსელების განვითარების დღევანდელ ეტაპზე აშკარა უპირატესობა აქვს OTN-OTH სატრანსპორტო ქსელს, რომელიც DWDM ტექნოლოგიის ბაზაზე უზრუნველყოფს ოპტიკური ბოჭკოს შესაძლებლობის ბევრად უფრო ეფექტურად გამოყენებას სხვა ტექნოლოგიებთან შედარებით.

ამასთანავე, DWDM სისტემების განხორციელებისას უფრო მკაცრი მოთხოვნები წაყენება სატრანსპორტო სისტემის (ქსელის) როგორც ცალკეული კომპონენტების პარამეტრებს, ოპტიკური ბოჭკოს ჩათვლით, ასევე მთლიანი სისტემის პარამეტრებს, რომელთა ძირითადი ნაწილი არის განხილული მოცემულ სტატიაში. აღნიშნული პარამეტრების სრულყოფილად გაცნობიერების გარეშე შეუძლებელია DWDM ტექნოლოგიებზე დაფუძნებული ქსელის (მაგისტრალის) სწორად დაპროექტება და საიმედო ექსპლუატაცია.

ლიტერატურა:

1. ხოშტარია კ., მოდებაძე ი., კახელი ლ. ოპტიკური სატრანსპორტო ქსელის აგების ზოგიერთი ასპექტები. სტუ-ს შრ. მას №1(10). თბ., 2011
2. ITU-T R.G.709/Y.1331(2003), Interfaces for the opticeal transport network (OTN).
3. Андре Жерар. Руководство по технологии и тестированию систем WDM – М.: EXFB, 2001. Пер. с англ. под ред. А.В. Шмалько и др.
4. Бродниковский А.М. Методы и средства измерения хроматической дисперсии. Lightwave russian edition №1, 2003.
5. Курков А.С., Наний О.Е. Эрбиевые волоконно-оптические усилители. Lightwave russian edition №1, 2003.

THE MAIN PARAMETERS OF DWDM SYSTEMS

Xoshtaria Kaxa, Modebadze Iuri, Kaxeli Levan

Georgian Technical University

Summary

The article represents problems arising during implementation Transport Network OTN-OTH, based on DWDM technology, through with it became possible the best use of optical fiber. The basic parameters of DWDM systems, which should be considered in the design of such networks, are discussed in the paper as well.

ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ DWDM СИСТЕМ

Хоштариа К., Модебадзе Ю., Кахели Л.

Грузинский технический университет

Резюме

Показаны проблемы, сопровождающие внедрению транспортных сетей OTN-OTH, основанных на технологии DWDM, с помощью которой стало возможным максимально эффективное использование оптического волокна. Рассмотрены основные параметры DWDM систем, которые следует учесть при проектировании таких сетей.