مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (37) العدد (4) 2015
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (37) No. (4) 2015

تحليل أداء شبكة براغ الليفية FBG في نظام ضوئي يستخدم مضخم الليف المشاب بالإيربيوم EDFA

نغم عباس*
ريم عيسى**

(تاريخ الإيداع 6 / 4 / 2015. قُبِل للنشر في 2/ 7 / 2015)

□ ملخّص □

إن قراءة تاريخية مختصرة تظهر أن كمية المعلومات المتبادلة في شبكات الاتصالات تواصل ازديادها بصورة مدهشة نتيجة تطوير خدمات اتصال جديدة، ولكن مع زيادة معدل نقل البيانات يعاني النظام الضوئي من تدهور الأداء بسبب التشتت، الذي تم أخذه بالحسبان في هذا البحث . حيث إن تخفيض الضياعات الناتجة عن التشتت مسألة هامة في الشبكات الضوئية، و تعتبر شبكة براغ الليفية Fiber Bragg Grating(FBG) من أهم مكونات نظم الاتصالات الضوئية، وإحدى الطرق الفعالة المستخدمة لتحقيق هذه الغاية.

تمت في هذه المقالة دراسة تأثير استخدام FBG كمعوض للتشتت في نظم الاتصالات الضوئية، حيث قمنا بمحاكاة نظام اتصالات ضوئي يستخدم FBG،ودرسنا تأثير بارامترات كل من مضخم الليف المشاب بالإيربيوم(Erbium Doped Fiber Amplifier(EDFA وشبكة براغ والليف الضوئي المستخدم على أداء هذا النظام، وتم إيجاد أفضل القيم لبارامترات هذا النظام. اعتمد نموذج المحاكاة المدروس على برنامجي Optisystem7 و Matlab. وتم تقييم النتائج بالاعتماد على المخطط العيني الناتج عن المحاكاة والمعاملين Q و معدل خطأ البت Bit Error Rate(BER).

الكلمات المفتاحية: شبكة براغ الليفية، تعويض التشتت، مضخم ليف مطعم بالإيربيوم، الياف ضوئية.

*قائم بالأعمال، قسم هندسة الاتصالات والالكترونيات، كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية، جامعة تشرين، اللاذقية سورية
** قائم بالأعمال ، قسم هندسة الاتصالات والالكترونيات ، كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية، جامعة تشرين، اللاذقية سورية .

مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (37) العدد (4) 2015
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (37) No. (4) 2015

Fiber Bragg Grating (FBG) Performance Analyzing In Optical System Uses Amplifier (EDFA)Fiber Erbium Doped

Nagham Abbas •
Reem Essa ••

(Received 6 / 4 / 2015. Accepted 2 / 7 / 2015)

□ ABSTRACT □

Studying is showed that the amount of exchanging information in the network surprisingly grows due to developing new communication services. But, when data rates increase the optical system performance degrades due to dispersion, which was taken into account in this research. Where as the reduction of dispersion losses is important in optical networks. Fiber Bragg Grating (FBG) is one of the most important components of optical communication systems, and one of the effective methods used for this goal.

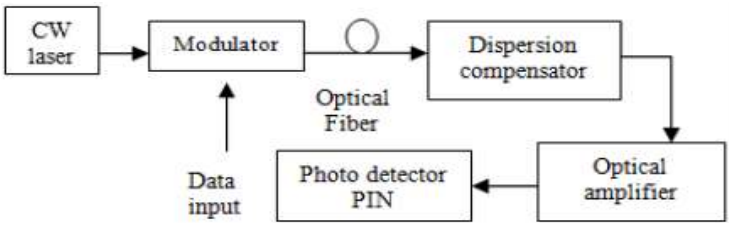
This article tests the effect of using FBG as dispersion compensator in optical communication systems, where we simulate optical communication system using FBG. And study the effect of Erbium Doped Fiber Amplifier (EDFA) and FBG and fiber optic parameters on this system performance, and it has been finding the best values of the system parameters. Which the simulation model depended on two Optisystem7 and Matlab software. We evaluate performance through eye diagram and two factors Q, Bit Error Rate (BER).

Key words: Fiber Bragg Grating, Compensation dispersion, Erbium Doped Fiber Amplifier, Fiber Optics.

•**Academic Assistant, Department of Communication and Electronics, Faculty of mechanical and electrical engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria**
••**Academic Assistant, Department of Communication and Electronics, Faculty of mechanical and electrical engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.**

مقدمة:

يعتمد إرسال المعلومات في نظم الاتصالات بالألياف الضوئية على إرسال نبضات ضوئية عبر الليف الضوئي. يتألف نظام الاتصال بالألياف الضوئية بشكل أساسي من جهاز إرسال يولد الإشارة الضوئية، ليف ضوئي يحمل الإشارة الضوئية، وجهاز الاستقبال الذي يستقبل الإشارة الضوئية ويحولها إلى إشارة كهربائية. حيث تمثل الإشارة الضوئية الحامل الكهرومغناطيسي الذي يعدَّل لحمل المعلومات ونقلها، والتي يتم استخلاصها من الإشارات الضوئية المستقبلة في طرف الاستقبال. يظهر الشكل (1) مخطط صندوقي يمثل مكونات النظام الضوئي.[1,2,3]



الشكل (1) مخطط صندوقي لنظام اتصال ضوئي[1]

تتطلب عملية الإرسال باستخدام الليف الضوئي خطوتين أساسيتين:

توليد إشارة ضوئية باستخدام المرسل، نقل الإشارة عبر الليف الضوئي، ومن ثم استقبال الإشارة الضوئية وتحويلها إلى إشارة كهربائية.[1,2,3]

إن تخامد الإشارة عامل رئيسي في تصميم أي نظام اتصالات حيث تتطلب جميع المستقبلات أن تكون حساسية الدخل للإشارات المستقبلة فوق سوية دنيا حيث تؤدي خسارات الإرسال إلى تحديد الطول الكلي للمسار. توجد عدة نقاط في النظام الضوئي، حيث تحدث الخسارات، وهي عند قارن مدخل القناة والوصلات الدائمة والموصلات وداخل الليف ذاته [4].

نحتاج بأن نعتبر أنفسنا معنيين فقط بخسارات الليف في مجال من أطوال موجة من حوالي $0.5\mu m$ إلى$1.6\mu m$. وهذا هو المدى الذي تكون ضمنه الاتصالات الليفية أكثر عملية. لنتذكر أنه بحلول عام 1982 سجل أخفض تخميد 0.15 dB/km تحت شروط مخبرية لليف وحيد من دون وصلات،ومصنوع من زجاج السيلكا[4].

وإحدى نتائج ذلك هي أن نبضات ضوئية قصيرة، تميل إلى الانتشار خارجياً لدى انتشارها. ويشكل هذا التشتت عاملاً مهماً محدداً لعرض حزمة الألياف الضوئية.

أحد التقنيات المتطورة التي تم تحقيقها في السنوات الأخيرة لتعويض تخميد الإشارة هي الوصول للمضخمات الليفية المشابة بالإيربيوم EDFAs التي تمكن من تضخيم الإشارات الضوئية في الألياف الضوئية بشكل مباشر في أنظمة ذات معدلات بت عالية إلى ما بعد Tera Bits. مضخمات الألياف المشابة بالإيربيوم EDFA تصنع بتحريض ليف السيليكا ذو الطول L بأيونات الإيربيوم ضمن النافذة الضوئية 1550nm والتي يكون عندها تخميد ليف السيليكا اصغري، بالنتيجة يكون مثالي من اجل أنظمة الاتصال بالألياف الضوئية العاملة عند هذه النافذة. أصبح من المعلوم وفقا للأبحاث الجارية خلال السنوات الحديثة مؤخراً أن ضخ الليف المشاب بالإيربيوم بالموجة ذات الطول 980nm أو 1480nm يمثل الطريقة الأكثر فعالية. من الممكن الحصول على ربح عالي [4,5](30−50dB).

أيضاً يظهر التشتت اللوني في الليف الضوئي وينشأ نتيجة اعتماد قرينة انكسار المجموعة n_g على طول الموجة، الأمر الذي يؤدي إلى انبساط زمني في النبضات المنتشرة بعد الانتقال مسافة معينة، مما يؤدي إلى أخطاء في الاستقبال وفقدان في المعلومات[6,7].

تم استخدام ألياف معوضة للتشتت Dispersion Compensation Fiber (DCF) ومعوضات التشتت الأخرى على نطاق واسع لتعويض التشتت اللوني، لكن استخدام الليف المعوض للتشتت DCF يزيد تأثيرات الضياع والتأثيرات اللاخطية ويزيد من كلفة نظام الإرسال الضوئي، إضافة إلى انه يعتمد على طول الموجة ويعمل فقط في حزمة ترددية ضيقة [8]. لذا تم منذ عام 1980 اقتراح شبكة ليف براغ FBG لتعويض التشتت اللوني في الليف الضوئي، وهي تعتبر جزء من ليف وحيد النمط يشبه الشبكة، وتعتمد على إجراء تغيير دوري في قرينة انكسار قلب الليف الضوئي، ليتأثر الضوء المنتشر عبر هذه الشبكة ببنيتها، و ينعكس باتجاه المصدر. وتحدد المسافة بين خطوط الشبكة طول الموجة المنعكسة والتي تحذف من الطيف المرسل، بينما ترسل الأطوال الموجية الاخرى ضمن الشبكة دون تخميد.[9]

يستخدم برنامج المحاكاة Optisystem لمحاكاة نظام الاتصالات الضوئي، وهو محاكي على مستوى النظام يعتمد على النمذجة الواقعية لنظم الاتصال بالألياف الضوئية، يملك مجموعة واسعة من الأدوات، ويتم مناقشة نتائج المحاكاة عن طريق تحليل تأثير المكونات في المعطيات المستقبلة باستخدام بارامترات مختلفة، مثل استطاعة الإشارة واستطاعة الضجيج واستطاعة خرج المستقبل.

أهمية البحث وأهدافه:

نظراً لأهمية التخلص من ظاهرة التشتت اللوني للحفاظ على جودة أداء نظام الاتصال الضوئي سيتم في هذا البحث دراسة تأثير استخدام شبكة براغ الليفية وتغير بارامترات النظام ودورها في الحد من تأثير التشتت ، ويتيح إمكانية اختيار القيم التي من شأنها تحسين الأداء من خلال الدراسة التحليلية والبرمجة الحاسوبية التي ترمي إلى تقييم حالة النظام بوجود التشتت، واختبار أداءه عند استخدام شبكة براغ.

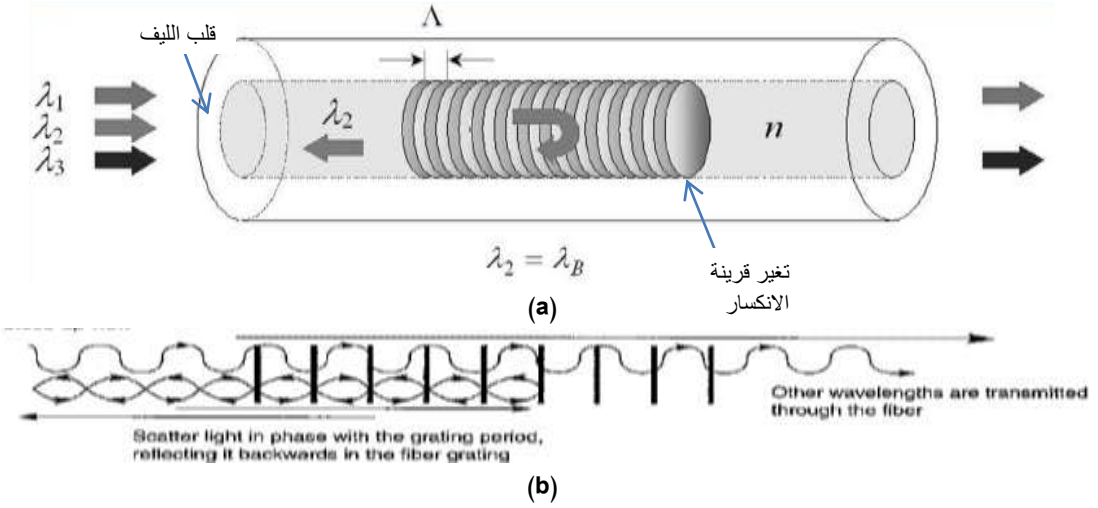
طرائق البحث ومواده:

تم الاعتماد على برمجية MATLAB، واستخدام برنامج المحاكاة Optisystem لتمثيل النظام الضوئي الذي يستخدم شبكة براغ بوجود التشتت والتخميد، وتحليل عمل شبكة براغ كمعوض للتشتت عند العمل ضمن الحزمة C-Band، وتأثير استخدام مضخم EDFA على أداء النظام.

1- شبكة براغ الليفية Fiber Bragg Grating(FBG):

تعتبر شبكة براغ من التقنيات المستخدمة في تعويض التشتت اللوني وهي قطعة من ليف أحادي النمط بطول عدة سنتيمترات، تبنى هذه الشبكة بتغيير قرينة انكسار القلب طولياً على طول الليف، حيث ينعكس الضوء ذو طول الموجة المحدد والمنتشر عبر الليف من وراء الشبكة بالاتجاه الذي أتى منه، أما باقي الأطوال الموجية تمر عبره بتخميد منخفض أو دون تخميد، الخاصية الأكثر أهمية لشبكة براغ هي انعكاس أطوال موجية محددة باتجاه مصدرها، بينما تتابع أطوال موجية أخرى مسيرها عبر الليف. يتم اختيار الفواصل في شبكة براغ الليفية بحيث يحدث شرط الانعكاس عند طول موجة محدد، فعندما ينتقل الضوء على طول الليف ويتابع تغيرات قرينة الانكسار ينعكس جزء من الضوء

عند كل حد وذلك عندما تكون فواصل الحاجز الشبكي موافق لطول موجة الضوء. الضوء ذو طول الموجة الأقصر الداخل إلى الشبكة يسير على طول الشبكة وغالباً يصل إلى النهاية قبل أن ينعكس بينما ينعكس طول الموجة الأطول إلى مكان قريب من بداية الشبكة وهكذا تتعرض أطوال الموجة الأطول إلى تأخير مقارنة مع أطوال الموجة الأقصر، وعندما تكون النبضة خاضعة للتشتت فإن الأطوال الموجية الأطول تصل قبل الأقصر، وبالتالي يمكن للشبكة أن تستعيد شكل النبضة الأصلي وبالتالي النبضات المتوسعة خلال الإرسال يمكن إعادة ضغطها باستخدام شبكة FBG يظهر الشكل التالي (2) كل من شبكة براغ الليفية (a) وظاهرة الانعكاس [10,11](b).



الشكل (2) يمثل بنية شبكة FBG(a) و ظاهرة الانعكاس الناتجة عنها (b)

يعطى شرط براغ وفق العلاقة التالية:[10]

$$2\left(\frac{2\pi n_{eff}}{\lambda_B}\right) = \frac{2\pi}{\Lambda} \qquad (1)$$

n_{eff} قرينة الانكسار الفعال لقلب الليف الضوئي، λ_B طول موجة الضوء المنعكس بشبكة براغ الليفية. يعطى طول موجة براغ وفق العلاقة:[10,12,13]

$$\lambda_B = 2n_{eff}\Lambda \qquad (2)$$

نلاحظ أن طول موجة الشبكة تابع لدليل الانكسار الفعال ولفاصل الشبكة (الحاجز الشبكي) Λ يمكن استخدام شبكة براغ كمجمع /مفكك تجميع (MUX/DEMUX) من اجل استخلاص طول موجة محدد من مجوعة إشارات (قنوات).

بشكل عام المبدأ الأساسي وراء عملية براغ هي انعكاس فرينل، حيث ينتقل الضوء في وسط ذو قرائن انكسار مختلفة، مما قد يسبب انعكاس و انكسار على السطح، و بالتالي تعمل هذه الشبكة كخط تأخير ضوئي لتعويض التشتت اللوني، و الذي يعدل أزمنة نقل أطوال موجية مختلفة في النبضة لتصبح متساوية تقريباً.

2- نموذج محاكاة نظام اتصالات ضوئي باستخدام Optisystem:

نستخدم البارامترات في الجدول (1) في محاكاة النظام، نموذج محاكاة النظام يظهر بالشكل (3). يتكون النموذج المدروس (الشكل (3)) من مولد إشارة ليزر الموجة المستمرة ذات تردد 193.1Thz واستطاعة خرج 1mW، وتعدل خارجياً بسلسلة معطيات عشوائية رقمية Pseudo Random Bit Sequence وفق نمط عدم العودة للصفر Non Return To Zero(NRZ) بمعدل 10Gb/s باستخدام معدل Mach Zehnder(MZ) بنسبة تخميد 30dB.حيث يوجد نمطين للتعديل الناتج، وهما نمط العودة للصفر RZ، ونمط عدم العودة للصفر NRZ، في النمط

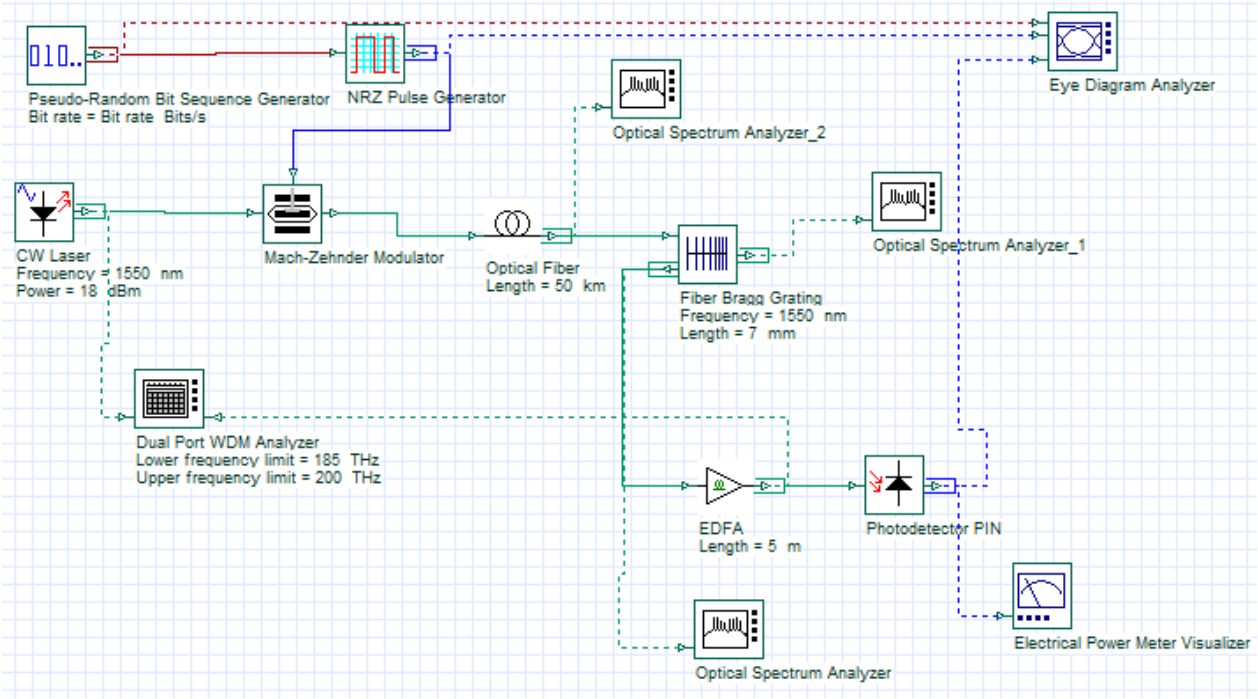
الأول كل نبضة ضوئية ممثلة بالرمز 1 تأخذ حيز زمني أقصر من زمن البت وتعود للصفر قبل انتهاء زمن البت، بينما في نمط NRZ تحافظ النبضة الضوئية على مطالها خلال الحيز الزمني المخصص للبت ولا تعود للصفر قبل انتهاء زمن البت.

ترسل الإشارة الضوئية المعدلة عبر ليف ضوئي أحادي النمط لأنه يملك معدل إرسال أعلى وتشتت اقل 17[ps/nmkm] وبالتالي مناسب للإرسال لمسافات طويلة جداً، حيث يبلغ طول هذا الليف الضوئي 50km.

يستخدم في النموذج مضخم EDFA وذلك للتغلب على ضياعات الليف ذات التخميد 0.2dB/km، ولتضخيم الإشارة قبل استقبالها من قبل الكاشف الضوئي، وتستخدم شبكة براغ الليفية FBG من اجل تعويض التشتت في نظام الإرسال، تملك الشبكة البارمترات المذكورة بالجدول (1)، أما باقي البلوكات Eye diagram, optical spectrum analyzer, electrical meter visualizer فتستخدم لإظهار كل من المخطط العيني و الطيفي لإشارة الخرج وقيم استطاعة الإشارة المستقبلة واستطاعة الضجيج الناتجة.

الجدول (1) بارامترات النظام الضوئي المستخدم:

طول الليف	التشتتD	التخميدα	قرينة الانكسار n	طول الموجة العاملة
50km	17ps/nmkm	0.2dB/km	1.45	1550nm
طول شبكة براغ	طول المضخم	استطاعة إشارة الدخل		معدل الإرسال
7mm	5m	20dBm		10Gb/s



الشكل(3) نموذج محاكاة للنظام الضوئي الذي يستخدم شبكة براغ FBG

النتائج والمناقشة:

تمكنا باستخدام Optisystem من دراسة أداء النظام الضوئي ومقدار التشوه الحاصل في الإشارة المرسلة نتيجة التشتت والتخميد، ودراسة تأثير تغيير بارامترات شبكة براغ الليفية والليف الضوئي المستخدم ومضخم EDFA على أداء النظام الضوئي وعلى جودة الإشارة المستقبلة.

1- دراسة تأثير تغير طول شبكة براغ الليفية على أداء النظام:

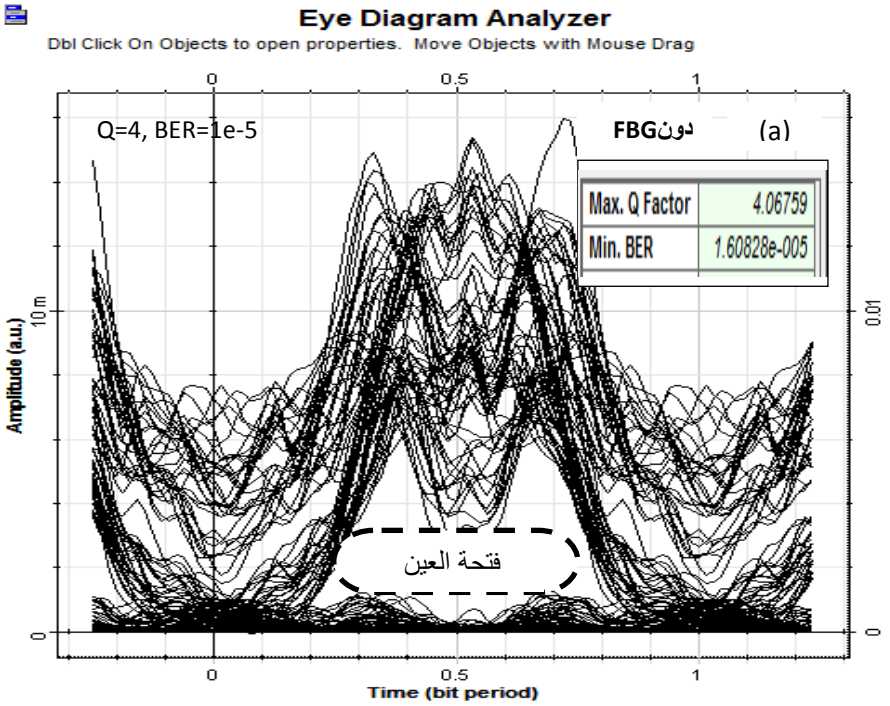
تم هنا اختبار جودة الإشارة المستقبلة عند استخدام أطوال مختلفة لشبكة براغ، حيث قمنا بتغيير طول الشبكة بين عدة قيم mm(2, 4, 6, 7) وحصلنا في كل مرة على المخطط العيني الذي يعطينا قيم معدل خطأ البت BER وعامل الجودة Q الذي يقيم جودة الإشارة المستقبلة، وحصلنا على استطاعة الإشارة المستقبلة والضجيج الناتج عن الليف الضوئي والذي يؤثر سلباً على الإشارة المنتشرة عبره.

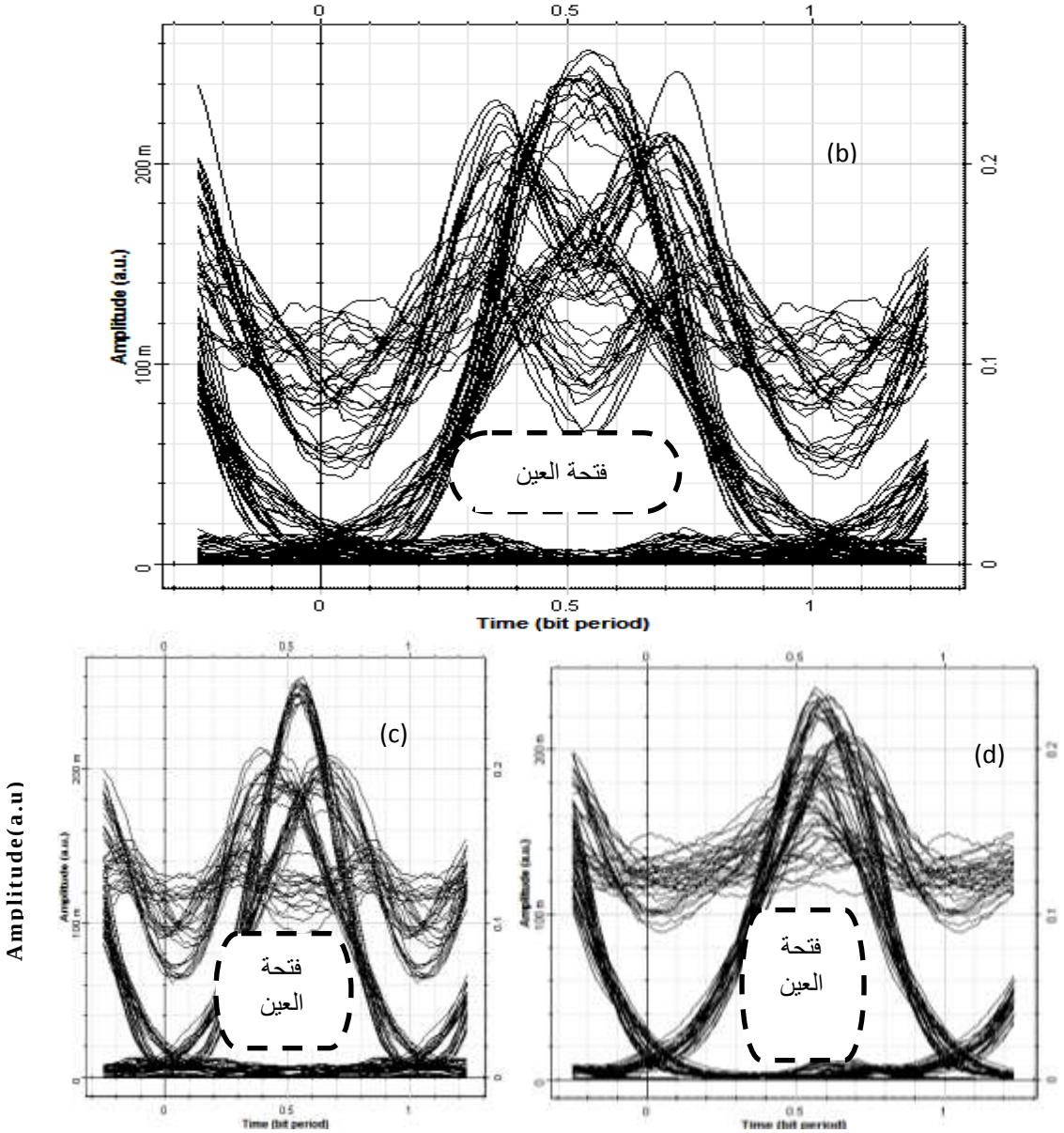
إن الطريقة المناسبة لرؤية التشوه في القناة هي النموذج العيني أو المخطط العيني (Eye Diagram)، ومن خلاله يمكن استنتاج قيم Q, BER:

$$BER = \frac{\exp\left(-\frac{Q^2}{2}\right)}{Q\sqrt{2\pi}} \quad (3)$$

ويتيح برنامج Optisystem إظهار مباشر لقيم Q, BER الموافقة للمخطط العيني الناتج عن عملية المحاكاة، ويمكننا من الحصول على قيم استطاعة الإشارة المستقبلة واستطاعة الضجيج الناتجة المرافقة للإشارة المستقبلة من خلال Electrical Power Meter Visualizer، حيث تم إدراج هذه القيم في الجدول (2).

والأشكال الأربعة التالية (4-a,b,c,d) تمثل المخطط العيني لإشارة الخرج عند استخدام FBG من أجل قيم مختلفة لطول شبكة براغ الليفية، حيث يتضح لنا زيادة فتحة العين مع زيادة طول الشبكة، وزيادة عامل الجودة Q ومن ثم تناقص BER، وتحسن الأداء مع زيادة طول الشبكة.



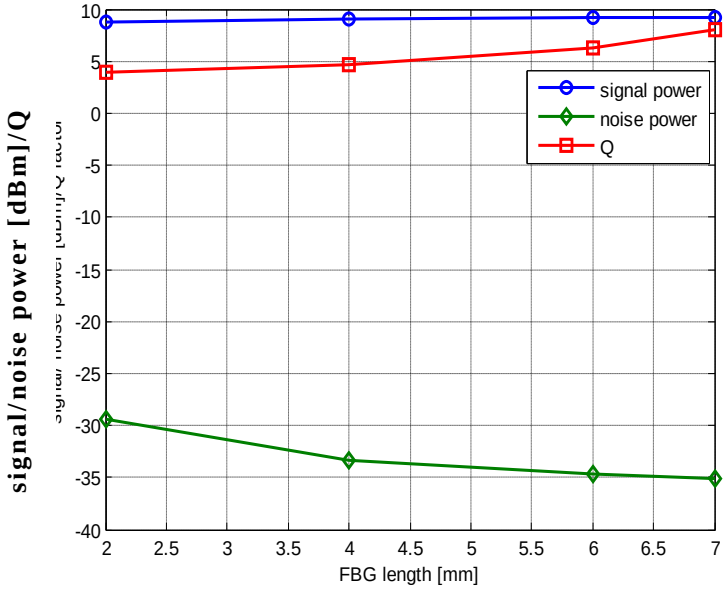


الشكل (4) المخطط العيني للإشارة المستقبلة بدون استخدام FBG(a) وعند استخدام FBG بطول 2mm(b) و 4mm(c) و 7mm(d)

الجدول (2) القيم المقاسة عند تغيير طول شبكة براغ:

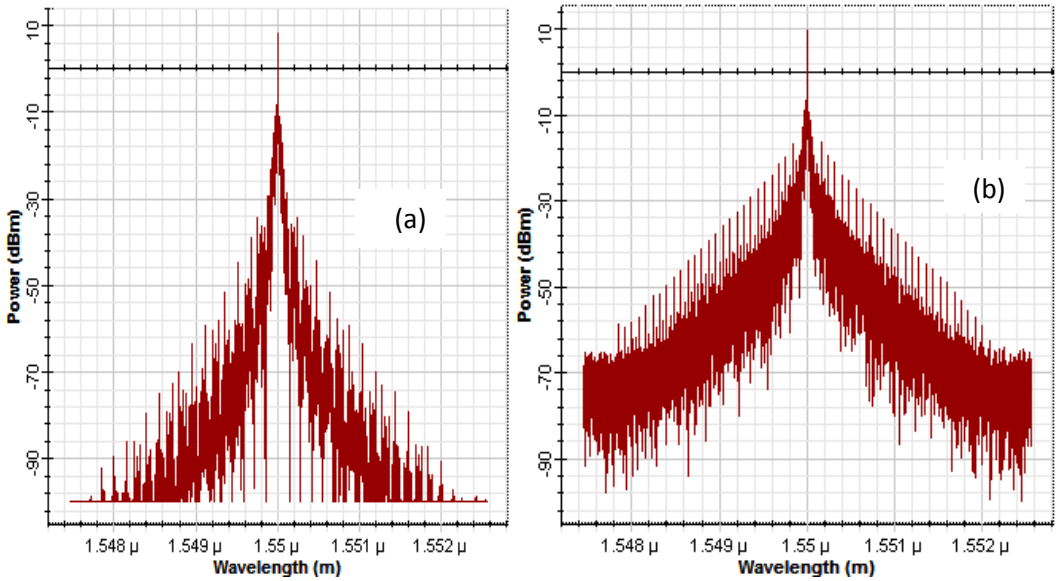
طول شبكة براغ	استطاعة الإشارة المستقبلة	استطاعة الضجيج	عامل الجودةQ	BER
2mm	8.79[dBm]	−29.4[dBm]	4	10^{-5}
4mm	9.092[dBm]	−33.3 [dBm]	4.7	10^{-7}
6mm	9.153[dBm]	−34.7[dBm]	6.2	10^{-10}
7mm	9.132[dBm]	−35.06[dBm]	8	10^{-16}

ويظهر الشكل (5) تغير استطاعة الإشارة المستقبلة واستطاعة الضجيج وعامل الجودة Q مع تغير طول شبكة براغ، ويوضح هذا الشكل الذي تم الحصول عليه باستخدام برنامج MATLAB تحسن الأداء، وزيادة في استطاعة الإشارة المستقبلة بنسبة 3.5% بينما تتناقص استطاعة الضجيج بنسبة 13.2% مع زيادة طول شبكة براغ.



الشكل (5) تغير استطاعة الإشارة/ الضجيج وعامل الأداء Q مقابل طول شبكة براغ الليفية FBG

يبين الشكل (6) المخطط الطيفي للإشارة الضوئية المنعكسة عند طول موجة شبكة ليف براغ (a)، والمخطط الطيفي لإشارة خرج شبكة ليف براغ (b)، حيث نلاحظ أن طول الموجة المنعكسة هو 1550nm.



الشكل (6) المخطط الطيفي للإشارة الضوئية المنعكسة عند طول موجة شبكة براغ (a) والمخطط الطيفي لإشارة خرج شبكة براغ (b)

2- دراسة تأثير بارامترات المضخم EDFA على أداء النظام الضوئي:

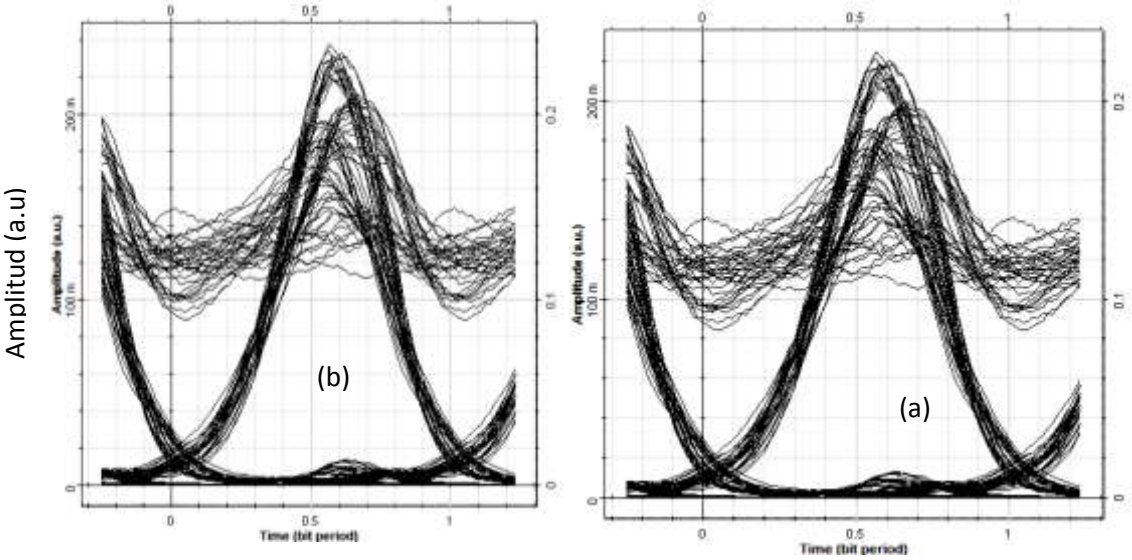
تمت دراسة تأثير تغير بارامترات المضخم EDFA على أداء النظام الضوئي في عدة حالات:

2-1- الحالة الأولى: دراسة تأثير تغير طول المضخم EDFA المستخدم على الأداء:

في هذه الحالة قمنا بتغيير طول المضخم من القيمة (5m) إلى القيم (7m,10m,12m)، وقمنا بإيجاد قيم Q،BER من المخططات العينية الناتجة عن تشغيل المحاكاة. ولاحظنا تناقص استطاعة الإشارة المستقبلة وزيادة استطاعة الضجيج المرافق لها مع زيادة طول المضخم، كما هو موضح بالجدول (3) و (الشكل (7)).

الجدول (3) القيم المقاسة عند تغير طول المضخم المستخدم (EDFA):

طول المضخم EDFA [m]	استطاعة الإشارة المستقبلة [dBm]	استطاعة الضجيج [dBm]	عامل الجودة Q	BER
5	9.132	−35.06	8	10^{-16}
7	9.03	−34.96	8	10^{-16}
10	8.64	−35	8.13	10^{-16}
12	8.37	−35.034	8.139	10^{-16}



الشكل (7) تأثير تغيير طول مضخم EDFA من القيمة (a)5mإلى(b)10m على المخطط العيني للإشارة المستقبلة

2-2- تأثير تغير تركيز ايونات الإيربيوم المحقونة على أداء النظام:

تضمن البحث دراسة واختبار لأداء النظام الضوئي عند تغيير تركيز ايونات الايربيوم المحقونة في مضخم الليف المشاب بالإيربيوم EDFA وتأثيرها على قيم استطاعة الإشارة المستقبلة والضجيج، ومعامل الجودة Q ومعدل خطأ البت الموضحة في الجدول (4).

حيث قمنا بتغيير قيم تركيز ايونات الايربيوم وفي كل مرة قمنا بقياس بارامترات النظام وقمنا بتشغيل المحاكاة من اجل كل قيمة مع تثبيت باقي قيم بارامترات المضخم والليف الضوئي وشبكة براغ وحصلنا على نتائج المحاكاة الموضحة بالجدول (4).

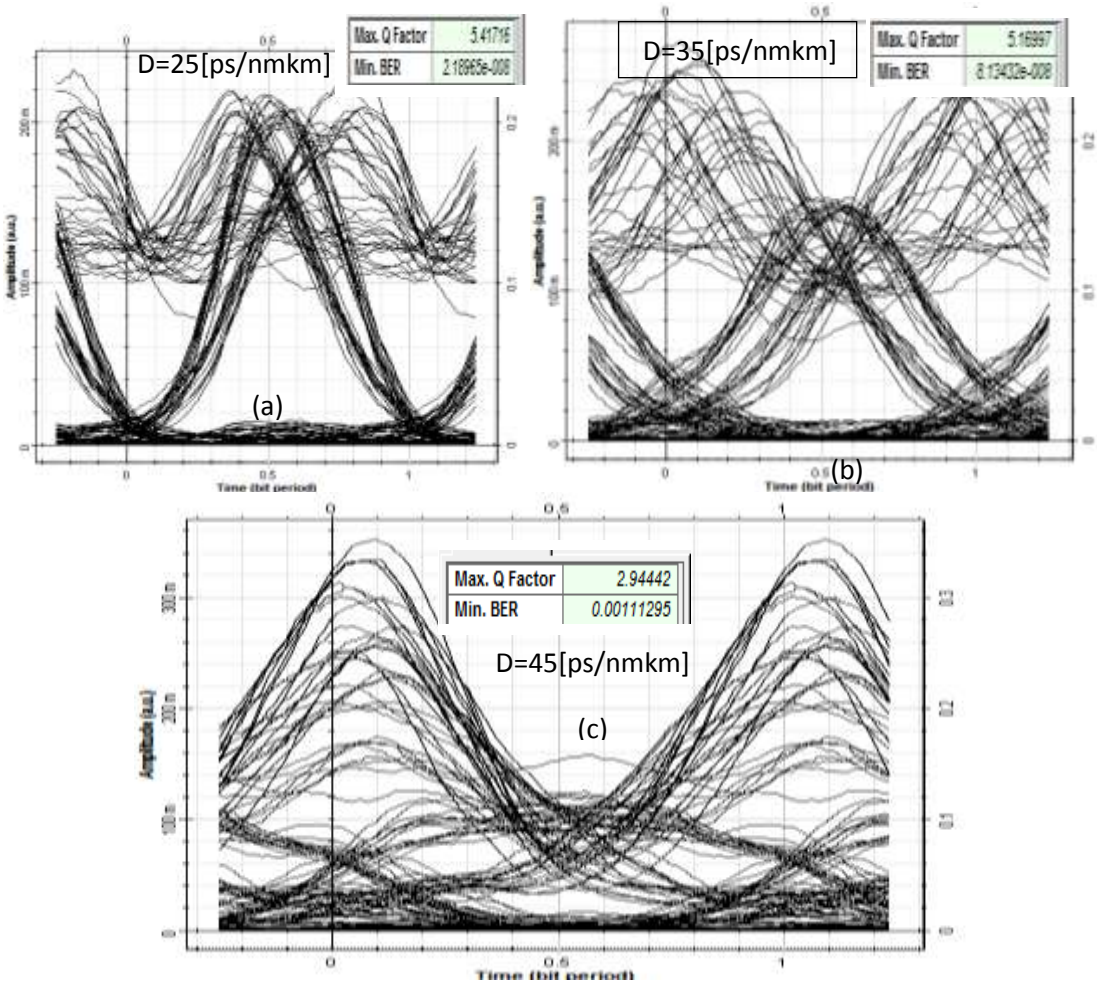
الجدول (4) القيم المقاسة عند تغير تركيز أيونات الايربيوم في المضخم EDFA:

تركيز ايونات الايربيوم$[m^{-3}]$	استطاعة الإشارة المستقبلة [dBm]	استطاعة الضجيج [dBm]	معامل الجودةQ	BER
5×10^{24}	7.26	−37.215	8.11	10^{-16}
7×10^{24}	8.7	−35.653	8.1	10^{-16}
10×10^{24}	9.132	−35.060	8	10^{-16}

تبين القيم الموجودة بالجدول زيادة في استطاعة الإشارة المستقبلة واستطاعة الضجيج وتناقص بسيط في معامل الجودة Qمع زيادة تركيز ايونات الايربيوم.

3- تأثير تغير عامل تشتت الليف على الأداء:

لدراسة تأثير زيادة عامل التشتت D على أداء النظام الضوئي باستخدام شبكة براغ الليفية FBG، قمنا بزيادة قيمة D مع تثبيت باقي بارامترات النظام الضوئي كما في الجدول (1)، ومن أجل كل قيمة لـ D قمنا بتشغيل المحاكاة وإيجاد قيم كل من استطاعة الإشارة المستقبلة واستطاعة الضجيج وعامل الجودة Q ومقارنتها، حيث لاحظنا أن زيادة العامل D تؤدي إلى تناقص فتحة العين في المخططات العينية الناتجة الشكل(8) ومن ثم تناقص واضح في العامل Q، BER وتناقص بالأداء، كما هو مبين بالجدول (5) الناتج عن عملية المحاكاة.

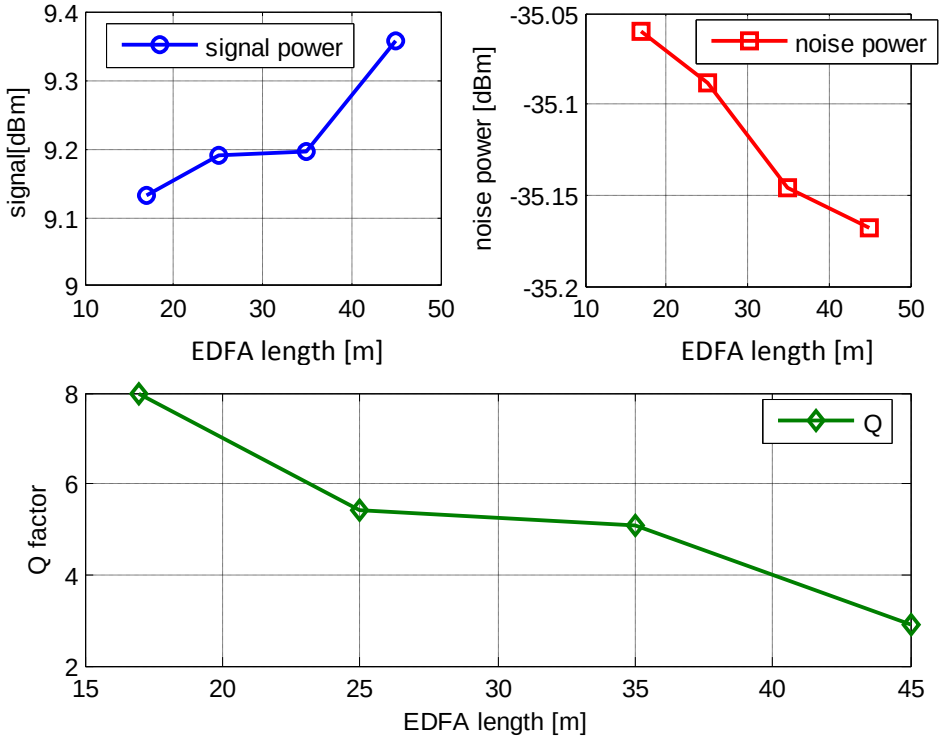


الشكل (8) المخططات العينية الناتجة عند تغيير عامل التشتت D بين القيم (a)25، (b)35، (c)45

الجدول (5) القيم المقاسة عند تغير عامل تشتت الليف:

تشتت الليف D[ps/nmkm]	استطاعة الإشارة المستقبلة [dBm]	استطاعة الضجيج [dBm]	عامل الجودة Q	BER
17	9.132	−35.060	8	10^{-16}
25	9.193	−35.088	5.4	10^{-8}
35	9.196	−35.146	5.1	10^{-8}
45	9.36	−35.168	2.9	0.00111

يوضح الشكل (9)، الذي تم رسمه باستخدام برنامج MATLAB، تغير استطاعة الإشارة المستقبلة و الضجيج والعامل Q مع عامل تشتت الليف D، حيث تزداد استطاعة الإشارة المستقبلة، أيضاً تتناقص استطاعة الضجيج مع زيادة التشتت D، بالمقابل يتناقص عامل الجودة Q مع زيادة D، بالنتيجة يزداد معدل خطأ البت BER مع زيادة D، وتم التوصل إلى هذه النتائج من خلال اختبار أداء النظام الضوئي الذي يستخدم FBG ومضخم EDFA، عند قيم مختلفة للعامل D وصلت حتى 45[ps/nmkm] حيث كانت قيمة العامل Q المقابلة لها 2.9 ومن ثم $BER = 0.00111$ من أجل ليف بطول 50km يملك البارامترات المذكورة في الجدول (1).



الشكل (9) تغيرات استطاعة الإشارة المستقبلة والضجيج والعامل *Q* مع تغير عامل تشتت الليف *D*

الاستنتاجات والتوصيات:

تم في هذا البحث محاكاة نظام ضوئي يستخدم شبكة براغ الليفية FBG ومضخم الليف المطعم بالإيربيوم EDFA وتمت دراسة تأثير بارامترات كل من شبكة براغ والليف الضوئي المستخدم ومضخم EDFA على أداء هذا النظام وتوصلنا من خلال النتائج:

1- زيادة استطاعة الإشارة المستقبلة بنسبة 3.5"% وتناقص استطاعة الضجيج بنسبة 13.2% وزيادة العامل Q مع زيادة طول FBG وبالتالي تحسن أداء هذا النظام الضوئي.

2- زيادة استطاعة الإشارة والضجيج مع زيادة تركيز ايونات الايربيوم المحقونة في ليف المضخم EDFA في حين يتناقص العامل Q بقيمة ضئيلة.

3- تناقص العامل Q وزيادة استطاعة الإشارة المستقبلة مع زيادة عامل تشتت الليف D، وتناقص استطاعة الضجيج مع زيادة التشتت D.

ويمكن من خلال نموذج المحاكاة المستخدم دراسة تأثير بارامترات العناصر الضوئية الأخرى المستخدمة على أداء النظام ودراسة تأثير أنماط تعديل مختلفة لإشارة الدخل على أداء النظام الضوئي الذي يستخدم شبكة FBG.

المراجع:

[1] OTHMAN, M. A.; ISMAIL, M. M; SULAIMAN, H. A. *An Analysis of 10 Gbits/s Optical Transmission System using Fiber Bragg Grating (FBG)***.**IOSR Journal of Engineering (IOSRJEN), Malaysia, Volume 2, Issue 7(July 2012), PP 55-61.

[2] RAGHAV, P. K.; SINGH, M. P. ; Chaudhary, R. *Optimized Dispersion Compensation with Post Fiber Bragg Grating in WDM Optical Network*. International Journal of Scientific & Engineering Research, Volume 3, Issue 10, October-2012, 5.

[3] BHARDWAJ, A.; SONI, G. *Performance Analysis of 20Gbps Optical Transmission System Using Fiber Bragg Grating*. International Journal of Scientific and Research Publications, Volume 5, Issue 1, January 2015, 4.

[4] WILEY, J. *Fiber-Optic Communication Systems*. Third Edition, New York, 2002, 567.

[5] BANAZ, O. R.; PERYKHAN, M. J. *Gain and Noise Figure Performance of Erbium-Doped Fiber Amplifiers at 10Gbps*. University of Sulaimani / College of science, 2012, 8.

[6] ADNAN, S.; SHELLAL, M.; KADHIM, A. *Simulation of Gaussian Pulses Propagation Through Single Mode Optical Fiber Using MATLAB*. Iraqi Journal of Science, 2013, Vol.54, No.3, pp.601-606.

[7] HAO A. B.; JIANPING, Y. *Fiber chromatic dispersion measurement based on wavelength-to-time mapping using a femtosecond pulse laser and an optical comb filter*. Optics Communications science direct, China, 2007, Vol. 280, 337–342. 16

[8] MOHAMED, L.*Comparison between different chromatic dispersion compensation schemes in high bit rate communication systems with important nonlinear effects*. 12th International Conference on COMMUNICATIONS, Heraklion, Greece, July 2008, 7.

[9] HUMMAD, A.M.; MAHMOOD, I. A. *Quality Factor Compensation of Single Mode Optical Fiber by using Uniform Fiber Bragg Grating*. Journal of Babylon University/Engineering Sciences/ No.(2)/ Vol.(22): 2014, 9.

[10] PRASANT K, S.; SANJAY, K. C. G.; MAHAPATRA, S.; BISWAS, J. C. *Numerical modeling and simulation of Fibre –Bragg Grating based devices for all-optical communication network.* Dept. of E&ECE, IIT, Kharagpur, Pin-721302, India, 2006, 4.

[11] AB-RAHMAN, S. M.; NAIM, N. F.; TANRA, M. ; RAMZA, H. *Optical System Monitoring Based on Reflection Spectrum of Fiber Bragg Grating.* Journal of Computer Science, 8 (6), 2012,1001-1007.

[12] AGARWAL, A. J.; KUMAR, M. ; JAISWAL, A.K .; SAXENA, R. *Analysis to Compensate Dispersion in Optical Communication Link Using Chirp Grating.* International Journal of Electronics and Computer Science Engineering, Available Online at www.ijecse.org ISSN- 2277-1956, 2013, 7.

[13] SANGEETHA, N.; GARG, R.; PURWAR, S.; SINGH, A. *Performance Analysis of FBG DEMUX based WDM System by Varying Chirp Functions and Data Rates at Different Electrical Filters.* International Journal of Advanced Research in Computer and Communication Engineering, India, Vol. 3, Issue 3, March 2014, 4.