

UDK 621.391

THE INFLUENCE OF INACCURACY OF DISPERSION CORRECTION ON DWDM SYSTEM QUALITY PARAMETERS

Mazur A.D., Pedyash V.V.

O. S. Popov Odesa national academy of telecommunications,

*1 Kuznechna St., Odesa, 65029, Ukraine.
pedyash@onat.edu.ua*

ВПЛИВ ПОХИБКИ КОРЕКЦІЇ ДИСПЕРСІЇ НА ЯКІСНІ ПОКАЗНИКИ ВОСП DWDM

Мазур Г.Д., Педяш В.В.

*Одеська національна академія зв'язку ім. О.С. Попова,
65029, Україна, м. Одеса, вул. Кузнечна, 1.
pedyash@onat.edu.ua*

ВЛИЯНИЕ ПОГРЕШНОСТИ КОРРЕКЦИИ ДИСПЕРСИИ НА КАЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ВОСП DWDM

Мазур А.Д., Педяш В.В.

*Одесская национальная академия связи им. А.С. Попова,
65029, Украина, г. Одесса, ул. Кузнечная, 1.
pedyash@onat.edu.ua*

Abstract. The wide distribution of broadband access services makes it necessary to increase the capacity of the transport systems of the telecommunications network. To solve the problem, fiber-optical transmission systems with wavelength division multiplexing are successfully used. An optical fiber introduces linear distortion signals that include attenuation and dispersion. Optical amplifiers are used to eliminate signal attenuation in modern optical systems. Therefore, dispersion distortion is the main cause of the degradation of the optical signals quality parameters. Dispersion compensation devices are used to eliminate this phenomenon. However, the parameters of the available compensators do not always completely eliminate the introduced distortions. The study of the inaccuracy of the correction of chromatic dispersion on the Q-factor of the optical channel signal was performed in the article. A functional diagram of the fiber-optic transmission system with intensity modulation to solve the problem has been developed. The corresponding simulation model of the system has been developed in the Optiwave Optisystem software environment. The graphs of the signal immunity loss from the magnitude of the dispersion correction inaccuracy were obtained. It is recommended to perform the selection of dispersion compensation devices with an error of less than 5%.

Key words: transport network, optical communication system, distortions, dispersion, compensation, Q-factor, simulation model.

Анотація. Значне поширення широкосмугових послуг доступу приводить до необхідності підвищення пропускної здатності систем транспортної ділянки телекомунікаційної мережі. Для вирішення поставленого завдання успішно використовуються волоконно-оптичні системи передачі зі спектральним розподілом каналів. В оптичному волокні виникають лінійні спотворення сигналів, які включають загасання та дисперсію. У сучасних оптичних системах для боротьби із загасанням сигналу успішно використовуються оптичні підсилювачі на базі оптичного волокна, легованого ербієм, або раманівського ефекту. Отже, дисперсійні спотворення стають основною причиною, що приводить до деградації параметрів якості оптичних сигналів. У системах передачі транспортної мережі застосовується одномодове оптичне волокно, тому домінуючим видом спотворень для протяжних ліній стає хроматична дисперсія. Для усунення даного явища розроблені та серійно випускаються пристрої компенсації дисперсії. Однак параметри наявних компенсаторів не завжди дозволяють повністю виконати усунення внесених спотворень, що приводить до зменшення розкриття око-діаграми вихідного

Mazur A.D., Pedyash V.V.

20

сигналу та відповідної втрати захищеності. У [статті](#) виконане дослідження неточності впливу корекції хроматичної дисперсії на Q-фактор сигналу оптичного каналу. Запропоновано вираз для розрахунків величини похибки корекції дисперсійних спотворень. Для вирішення поставленого завдання розроблена структурна схема волоконно-оптичної системи передачі з модуляцією по інтенсивності. На її основі в програмному середовищі Optiwave Optisystem розроблена відповідна імітаційна модель системи. З її допомогою отримані графіки залежності Q-фактора від величини похибки корекції та відповідна втрата захищеності сигналу порівняно з випадком повного усунення спотворень. Сформульовано висновок про доцільність вибору пристроїв компенсації дисперсії з похибкою не більше ніж 5%.

Ключові слова: транспортна мережа, волоконно-оптична система передавання, спотворення, дисперсія, компенсація, Q-фактор, імітаційна модель.

Аннотація. В работе выполнен анализ видов искажений сигнала в оптическом волокне. Для систем передачи со скоростью ниже 10 Гбит/с основной причиной снижения качества выходного сигнала является эффект хроматической дисперсии. В настоящее время он успешно устраняется при помощи устройств компенсации дисперсии. Однако параметры имеющихся устройств не всегда позволяют полностью устранить эффект дисперсионных искажений. В работе разработана функциональная схема и соответствующая ей имитационная модель оптической системы DWDM. С ее помощью получена зависимость параметра качества выходного сигнала (Q-фактора) от погрешности компенсации дисперсии. Сформулирован вывод о целесообразности выбора устройств компенсации дисперсии с погрешностью не более 5%.

Ключевые слова: транспортная сеть, волоконно-оптическая система передачи, искажения, дисперсия, компенсация, Q-фактор, имитационная модель.

The requirements to capacity of transmission systems of a transport network are permanently increased during the Internet development and implementation of new broadband access technologies. The perspective decision is the fiber optical transmission systems with wavelength division multiplexing (DWDM) [1]. The presence of linear distortions (attenuation and dispersion) in the optical propagation medium limits the length of the 3R regeneration section. The optical amplifiers based on erbium-doped fiber or Raman effect are used successfully to eliminate attenuation. Increasing the transmission distance while maintaining the normative parameters of optical channels is possible by using dispersion compensation devices (CD). In the general case, the parameters of the compensator do not always allow the complete elimination of dispersion distortions, which reduces the signal-to-noise ratio of the received signal.

Therefore, the purpose of this work is to study the effect of the inaccuracy in dispersion compensation on the quality characteristics of the optical channel of a DWDM system.

In fiber optics, dispersion is the phenomenon of the optical signal pulses duration increasing at the output of the propagation medium, which leads to inter-symbol interference:

$$t_{out} = \sqrt{t_{in}^2 + \tau_{\Sigma}^2},$$

where t_{in} and t_{out} – are the durations of the input and output pulses;

τ_{Σ} – the value of the dispersion broadening signal in the fiber.

In general, there are three types of dispersion: modal τ_{md} , chromatic τ_{chr} (consists of waveguide and material) and polarization mode dispersion τ_{pol} . The total dispersion is the sum of the corresponding components:

$$\tau_{\Sigma}^2 = \tau_{md}^2 + \tau_{chr}^2 + \tau_{pol}^2.$$

The transport network systems contain single-mode optical fiber variants (SMF G.652, NZ-DSF G.655, etc.) in which modal dispersion is absent ($\tau_{md} = 0$). In optical systems with a transmission rate of less than 10 Gbit/s, the phenomenon of polarization dispersion can also be neglected ($\tau_{pol} \ll t_{in}$). As a result, chromatic dispersion is the dominant factor that determines the transmission process quality.

The phenomenon of chromatic dispersion arises due to the unequal phase velocity of propagation of light waves with different wavelengths in the optical medium. Its elimination is performed in dispersion compensation devices [2]. Several dispersion compensator construction schemes are used currently, one of which is the dispersion compensation fiber (DCF).

The study of the quality parameters of the DWDM system in this work was carried out by a simulation model using with a functional diagram according to Fig. 1. It includes three main units: transmitter, propagation medium and receiver. At the transmitter, the input signal controls the operation of the optical modulator (OM), which performs modulation of the carrier signal intensity outputted from the continuous-wave laser (CWL). Next, the optical signal passes through a model of a fiber-optic line path (FOLP), which includes a recirculation loop and an optical section (single mode fiber SMF and dispersion compensation fiber). The recirculation loop is used to reduce the complexity of the system model and is installed instead of the N_{sect} same optical sections usage. The dispersion compensator contains two optical amplifiers (OA) based on erbium doped fiber (EDFA) and a segment of DCF fiber. At the receiver, the signal from the line path output passes through an optical bandpass filter (OBF), a photodetector (PD) and an electrical low pass filter (LPF).

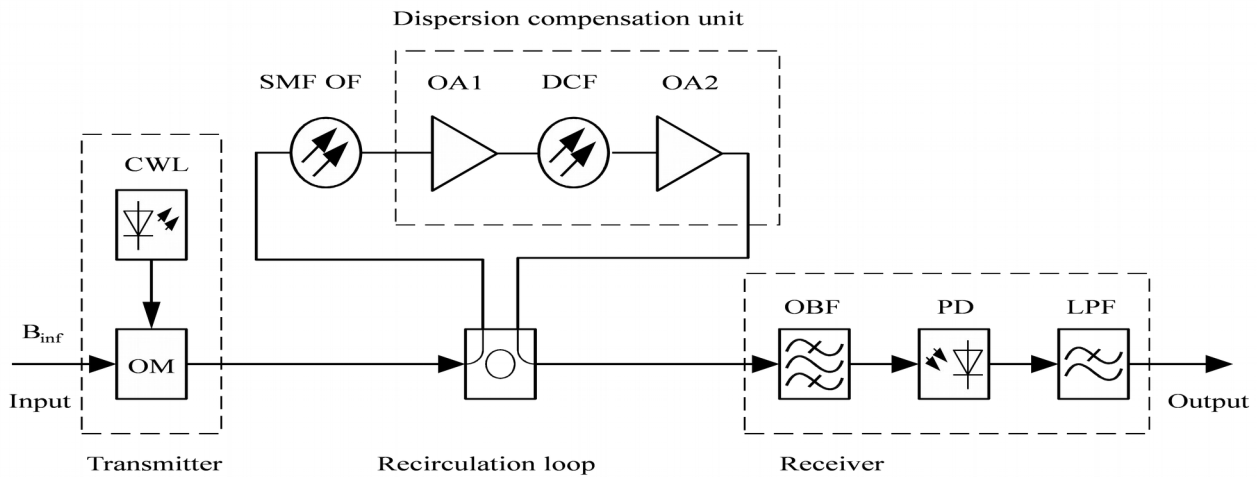


Figure 1 – Functional diagram of the DWDM system channel model

The magnitude of the dispersion distortions in the line path is calculated by the expression:

$$D_{\Sigma} = (\sigma_{SMF} L_{SMF} + \sigma_{DCF} L_{DCF}) N_{sect},$$

where σ_{SMF} and σ_{DCF} - chromatic dispersion coefficients for SMF and DCF fibers (ps/nm/km);

L_{SMF} and L_{DCF} - SMF and DCF fiber lengths, km.

The total dispersion is zero at its full compensation ($D_{\Sigma} = 0$), so knowing the parameters of the propagation medium components, it is possible to calculate the required length of DCF fiber:

$$L_{DCF} = L_{SMF} \left| \frac{\sigma_{SMF}}{\sigma_{DCF}} \right|.$$

The corresponding simulation model based on the functional block diagram of the optical fiber system (Fig. 1) was developed in the demo version of the Optiwave Optisystem software. The parameters of its functional blocks are shown in Table 1. The influence of the dispersion

compensation inaccuracy on the Q-factor of the received signal (Fig. 2) was investigated with its help. The calculation of the dispersion compensation inaccuracy was performed by the expression:

$$\Delta_{\text{comp}} = \frac{D_{\Sigma}}{\sigma_{SMF} L_{SMF} N_{\text{sect}}} \cdot 100\% .$$

Table 1 – Parameters of the optical system simulation model

Simulation block	Parameter	Value
Transmitter	Information bit rate B_{inf}	10 Gbps
	Output power	0 dBm
	Wavelength CWL	1550 nm
SMF-28e+ optical fiber	Attenuation	0,2 dB/km
	Dispersion coefficient	16,75 ps/(nm*km)
	Length	100 km
DCF38 optical fiber	Attenuation	0,265 dB/km
	Dispersion coefficient	-38 ps/(nm*km)
Optical amplifier (OA1 and OA2)	Noise figure	5,5 dB
Receiver	OBF passband	100 GHz
	Photodiode response	1 A/W
	LPF passband	$0,75 B_{inf}$

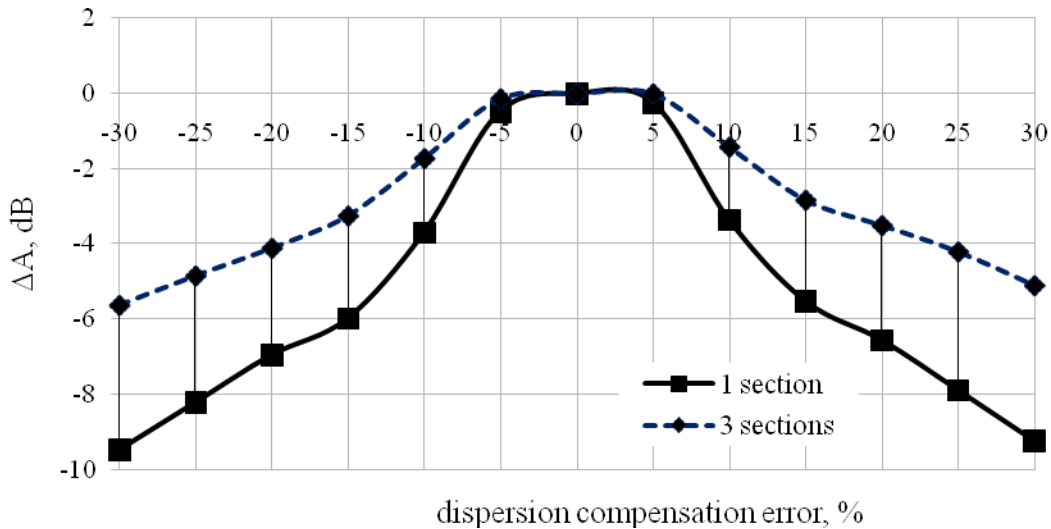


Figure 2 – Dependence of the Q-factor value loss on the dispersion compensation error

The shape of the graphs shows that the influence of the dispersion compensation error on the channel quality of the DWDM system is non-linear. This is explained by the exponential form of the transient response of an optical fiber [3]. With a small compensation error (-5% Δ_{comp} 5%), the value of the Q-factor reduction does not exceed 10%. An increase in the error compensation to

10% leads to a significant loss of signal-to-noise ratio. The Q-factor decreases by 34% for a linear path with a single optical section. The obtained results prove that dispersion compensation should be performed with an error of less than 5%.

In conclusion, we can say that the task of studying the effect of the dispersion compensation error on the parameters of the optical channel of the DWDM system was fulfilled. The simulation model of the optical channel was developed in the Optiwave Optisystem program. It is recommended to perform dispersion compensation with an error not exceeding 5%.

REFERENCES:

1. Agrawal, G.P. Fiber-Optic Communication Systems. New York: Wiley-Interscience, 2002. Print.
2. Kaminow, I.P. Optical Fiber Telecommunications IV-A: Components. – New York: Academic Press, 2002. Print.
3. Shaw, J.K. Mathematical Principles of Optical Fiber Communication. Blacksburg: Virginia Polytechnic Institute and State University, 2004. Print.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Agrawal G.P. Fiber-Optic Communication Systems / Agrawal G.P. – New York: Wiley-Interscience, 2002. – 580 p.
2. Kaminow I.P. Optical Fiber Telecommunications IV-A: Components / Kaminow I.P., Li T. – New York: Academic Press, 2002. – 876 p.
3. Shaw J.K. Mathematical Principles of Optical Fiber Communication / Shaw J.K. – Blacksburg: Virginia Polytechnic Institute and State University, 2004. – 103 p.

[DOI 10.33243/2518-7139-2018-1-2-20-24](https://doi.org/10.33243/2518-7139-2018-1-2-20-24)