

**СТАБІЛІЗАЦІЯ ВИПРОМІНЮВАННЯ
ПЕРЕДАВАЧІВ ОПТИЧНОГО ДІАПАЗОНУ**

Стабілізація зв'язку значною мірою визначається стабілізацією оптичних випромінювачів, лазерів. Розглядається особливість використання передавачів та методи їх стабілізації. Запропоновані ряд структурних схем, які можна використовувати в системі стабілізації режимів оптичних випромінювачів. Наведено приклади стабілізації

Ключові слова: стабілізація, потужність, температура, струм, лазер, передавач.

O.O. DRYUCHYN, V.I.OTT
Vinnitsia National Technical University, Vinnitsa, Ukraine

STABILIZATION RADIATION TRANSMITTER OPTICAL RANGE

Abstract. The stabilization due largely determined by stabilization optical emitters, lasers. We consider the use of transmitters feature and methods of stabilization. A number of block diagrams that can be used in the system stabilization mode optical emitters. examples of stabilization

Keywords: stabilization, power, temperature, current, laser transmitter.

Вступ

Оптичні системи зв'язку дозволяють значно збільшити швидкість передачі інформації, проте якість та надійність зв'язку залежить від стабільності роботи передавача ОПД. Тому задачам стабілізації пікової потужності та температури лазера надається постійна увага.

Оптичний передавач(ОП) - пристрій, що забезпечує перетворення електричного сигналу в оптичний. До складу ОПД входять виконані в єдиному конструктивному виконанні джерело оптичного випромінювання, електронні пристрої для перетворення вхідних електричних сигналів і стабілізації режимів роботи каскадів, а також оптичний з'єднувач, або облаштування введення випромінювання в ОВ. Він повинен задовольняти наступним основним вимогам:

- генерувати оптичне випромінювання на заданій довжині хвилі, яка має один з мінімумів згасання в ООВ;
- забезпечувати високий ККД введення оптичного випромінювання в ООВ;
- мати малі габарити, масу і споживану потужність;
- відрізнятися простотою, надійністю і довговічністю.

До основних характеристик цих ОП відносяться:

- швидкість передачі;
- модовий склад випромінювання;
- довжина хвилі оптичного випромінювання і характеристики його спектру;
- тип вживаного джерела випромінювання;
- номінальна вихідна потужність оптичного випромінювання;
- характеристики спотворень переданого сигналу, що вносяться ;
- характеристики надійності.

Цим вимогам як найповніше відповідають джерела оптичного випромінювання, побудовані на основі напівпровідникових структур. Тому в якості джерел у ВЦСП практично використовують два типи напівпровідникових випромінювачів : світловипромінюючі діоди і напівпровідникові лазери.

Розв'язання задачі

В сучасних передавачах ВОСП - джерелами оптичного випромінювання є напівпровідникові лазери. Лазер оснований на використанні так званого стимульованого випромінювання, яке виникає при виконанні особливих умов в квантових системах. Для ослаблення впливу хроматичної дисперсії вони повинні працювати в одномодовому двочастотному режимі, тому що в цьому випадку досягається мінімальна ширина спектра випромінювання. Найбільш широке застосування в апаратурі ВОСП - знаходять джерела випромінювання наступних типів:

В напівпровідникових лазерах розглядається як генератор когерентного випромінювання в ультрафіолетовій, видимій або інфрачервоній області на основі напівпровідникового кристала. В системах зв'язку використовують інжекційні лазери , лазери з оптичним накачуванням і лазери з накачуванням пучком швидких електронів. Інкєкційні лазери (ІЛ) складаються з активного середовища і резонатора. Інкєкційні лазери із зарощеною структурою дозволяють отримати оптичне випромінювання однієї моди, мають кращу тимчасову стабільність і підвищену лінійність потужності вихідного випромінювання. В свою чергу лазери розділяють на такі групи:

- лазери з розподіленням зворотним зв'язком (DFB) - лазер, резонатор якого складається з

активного середовища, що включає в себе дифракційну ґратку, яка являє собою розподілений відбивач в діапазоні довжин хвиль лазерної генерації і, зазвичай, виконується з рівномірним фазовим зсувом;

- лазери з розподіленими бреггівськими відбивачами (DBF) - лазер, де в якості дзеркал резонатора використовується як мінімум один розподілений бреггівський відбивач, що знаходиться поза активним шаром;

- лазери на вертикальних резонаторах (VCSEL) - різновид діодного напівпровідникового лазера, що випромінює світло в напрямку, перпендикулярному поверхні кристала, на відміну від звичайних лазерних діодів, випромінюючих в площині, паралельній поверхні.

Слід зазначити, що для стабільності випромінюваної потужності, лазерні ОП найчастіше оснащуються контуром зворотного зв'язку. Такі системи по струму або пікової потужності включають до свого складу фотодіод зворотного зв'язку, інтегруючий підсилювач і регулюючий елемент, що впливає на середнє значення струму накачування. Також в деяких схемах застосовується і стабілізація робочої температури лазерного кристала на значенні близько 20°C. Застосування усіх цих заходів забезпечує стабілізацію випромінюваної потужності ОП. Зміна пікової потужності найбільшою мірою проявляється при передачі імпульсних послідовностей, які в загальному випадку мають випадковий характер і ведуть до спотворень форми імпульсу та зміни їх часових параметрів. Використання стабілізації струму заміщення можна реалізувати відносно просто, але практично носить параметричний характер, по відношенню до випромінювача. Щоб подолати багатомодове випромінювання, яке веде до зменшення рівня точкового перепаду при передачі цифрової послідовності та появи фонових випромінювань, в таких схемах потрібно встановлювати рівень зміщення вище порогової.

Зміна пікової потужності найбільшою мірою проявляється при передачі імпульсних послідовностей, які в загальному випадку мають випадковий характер і ведуть до спотворень форми імпульсу та зміни їх часових параметрів. Використання стабілізації струму заміщення [1] можна реалізувати відносно просто, але практично носить параметричний характер, по відношенню до випромінювача. Такий характер стабілізації суттєво обмежує можливість стабілізації потужності випромінювання за рахунок неявного зв'язку між I_{zm} і генератором виправлення у динаміці

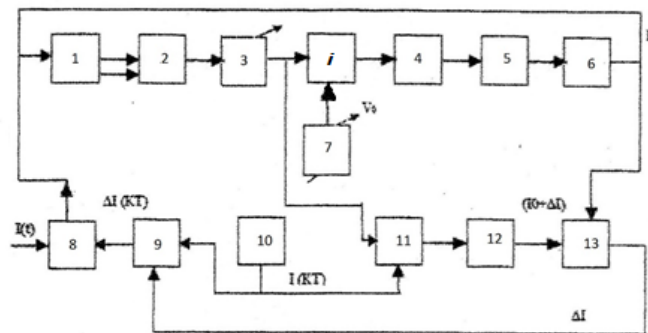


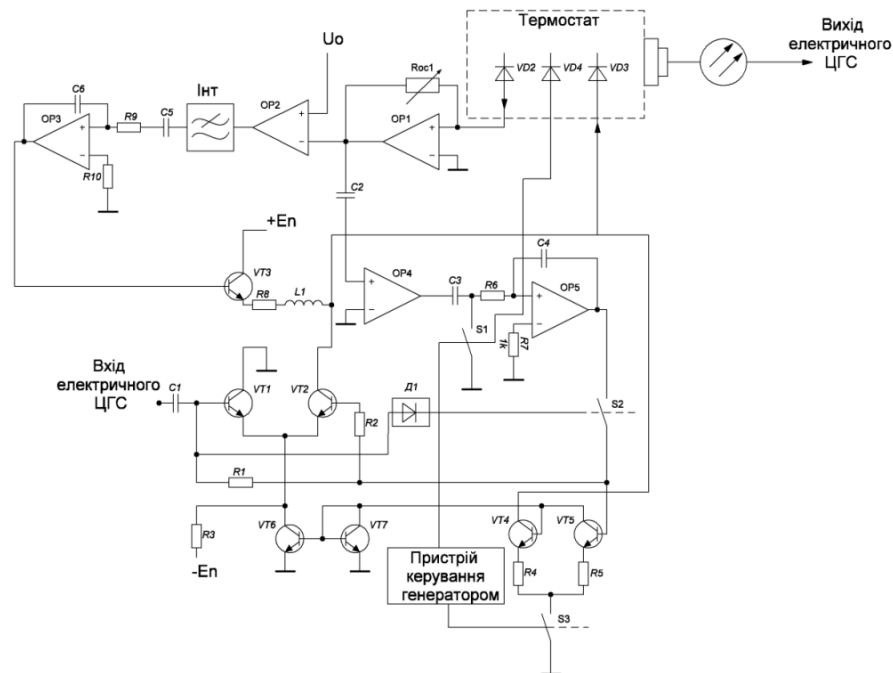
Рис. 1. Структурна схема стабілізації оптичної потужності

Запропонована структурна схема для реалізації такого способу наведена на рисунку 1. Система стабілізації зворотна. Середня потужність стабілізується струмом зміщення ДІ у верхньому контурі: 1- фотопередавач; 2 - фотоприймач; 3 - регульований підсилювач; 4 - інтегратор; 5- смуговий фільтр; 6- керування генератором струму; 7- джерело оптичної напруги для встановлення номінального значення V_0 , і –компаратор. В такій схемі використовується двоконтурна система стабілізації. Пікова потужність стабілізується у другому контурі за рахунок проведення НЧ модуляції вхідної послідовності $I(t)$. Частота модуляції задається тактовим генератором (10) який синхронізує роботу синхронного детектора (11) і синхронного ключа (9). Стабілізація здійснюється по середньому за період T значенню приросту потужності (струму ДІ) (KT) . До другого контуру також входить: 8-суматор; 12 - фільтр низьких частот; 13- компаратор; С- розділова ємність.

В реальних ОПЕРП також передбачаються схеми захисту від кидків струму при включенні-виключенні живлення, та від нестаціонарних струмів, які виникають внаслідок припинення потоку даних.

Спосіб стабілізації вихідної потужності лазера з використанням НЧ підмодуляції ґрунтується на тому, що вхідні відеоімпульси модулюються НЧ - допоміжним сигналом. Принципова схема ОПД, в якому для стабілізації вихідної потужності оптичного випромінювання використовується НЧ- підмодуляція, приведена на рис. 4.7. У цій схемі по НЧ - складовій ускладні сигналу оптичного випромінювання автоматично регулюються струм зміщення і вхідний струм модуляції лазера. Тому схема містить два контури стабілізації вихідної потужності оптичного випромінювання.

Перший контур стабілізує середню потужність оптичного випромінювання, регулюючи постійний струм зміщення лазера V_I . До складу контура входять такі пристрої: фото діод зворотного зв'язку V_2 , підсилювач A_1 , компаратор A_2 , інтегратор I_{int} , регульоване джерело струму зміщення на транзисторі T_3 . Контур працює таким чином. Фотострум, пропорційний випромінюваній оптичній потужності, з фотодіода зворотного зв'язку $У_2$ поступає на вхід підсилювача A_1 , де перетворюється у відповідну напругу. Коефіцієнт



Другий контур регулює вхідний струм модуляції переданого сигналу так, щоб результуючий сигнал НЧ - складових у складі лазерного випромінювання дорівнював нулю. До складу другого контура входять: фотодіод зворотного зв'язку У2, підсилювачі А1 і А3, інтегратор-компаратор R6, С4, А4 і регулятор вхідного струму на транзисторах Т1, Т2.

Другий контур працює таким чином. Результуючий сигнал НЧ - складових у складі лазерного випромінювання з фото діода зворотного зв'язку V2 поступає на вхід підсилювача A1. З виходу підсилювача цей сигнал через конденсатор C2, підсилювач A3 і конденсатор C3 подається на ключ K1, який управляє генератором Г. Ключ K1 і генератор Г утворюють синхронний детектор.

Переданий ЦГС поступає на вхід 1 схеми і через конденсатор С1 впливає на бази транзисторів Т1, Т2, на яких зібрана схема регулятора вхідного струму. Одночасно диференціальний підсилювач на транзисторах Т1, Т2 являється формувач модулюючих імпульсів струму, які управляють випромінюванням лазера V1.

Розглянутий спосіб стабілізації вихідної потужності випромінювання лазера є прийнятнішим в порівнянні з приведеним вище параметричним способом, оскільки тут здійснюється автоматичне регулювання струму зміщення струму модуляції, які залежать від температури і старіння лазера.

У схемі передбачений детектор вхідного сигналу Д, який за відсутності переданих імпульсів на вході 1 схеми за допомогою ключа К2 відключає регулювання струму підмодуляції, тобто розриває ланцюг з виходу інтегратора - компаратора R6; C4, A4 на бази транзисторів Т1, Т2. Так знімається невизначеність в роботі другого контура. Інакше регулювання струму модуляції могло б розпочатися з його максимального значення.

Імпульсний спосіб стабілізації вихідної потужності випромінювання лазера ґрунтується на порівнянні параметрів імпульсів на виході фотодіода зворотного зв'язку з еталонними імпульсами. Для реалізації способу потрібні швидкодіючий фотодіод зворотного зв'язку, а також тракт виміру і посилення вихідних імпульсів. Це істотно ускладнює завдання побудови такої схеми ОПД.

Методи стабілізації, спрямовані на зменшення ширини лінії випромінювання лазера і зменшення спектрального дрейфу лінії випромінювання за тривалий час. У пасивних методах стабілізація здійснюється вибором для резонатора лазера матеріалів з низьким коефіцієнтом теплового розширення (інвар, ситал, кварц і так далі), віброізоляцією резонатора лазера за допомогою матеріалів, що гасять механічні і акустичні обурення (гума, пінопласт, і так далі). Ширина лінії випромінювання пасивно стабілізованих одно-частотних лазерів складає, як правило, одиниці МГц. У системах активної стабілізації частоти генерації лазера використовується який-небудь частотний репер (пік пропускання інтерферометра, атомна або молекулярна лінія поглинання і так далі), до якого за допомогою електронної системи "прив'язується" частота лазера. Ширина лінії випромінювання активно стабілізованого одночастотного лазера складає зазвичай менше 1 МГц.

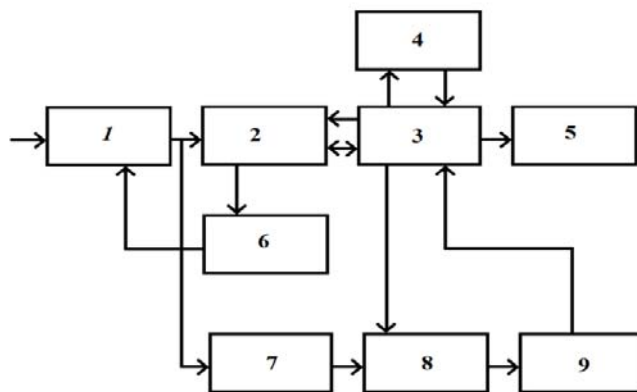


Рис. 3 Функціональна схема ОПД, в якій використаний параметричний спосіб стабілізації вихідних потужностей лазера

Повернемося до способів підтримки постійної потужності оптичного випромінювання на виході лазера. Параметричний спосіб заснований на тому, що враховується інформаційно-статистична структура переданого сигналу. Різницевий сигнал підтримується незмінним автоматичним регулюванням струму зміщення лазера. Функціональна схема ОПД, в якій використаний перший параметричний спосіб стабілізації вихідної потужності і лазера і другої з описаних вище методів модуляції його випромінювання, приведена на рис 1: 1-вентильна схема, 2- ФМІ струму, 3-формував струму накачки, 4-контроленр температури, 5- лазер, 6- контроль рівня вхідного сигналу, 7-формував оптичної напруги, 8- інтегратор, 9- регулятор струму зміщення. Така структура може бути реалізована на великих інтегральних схемах

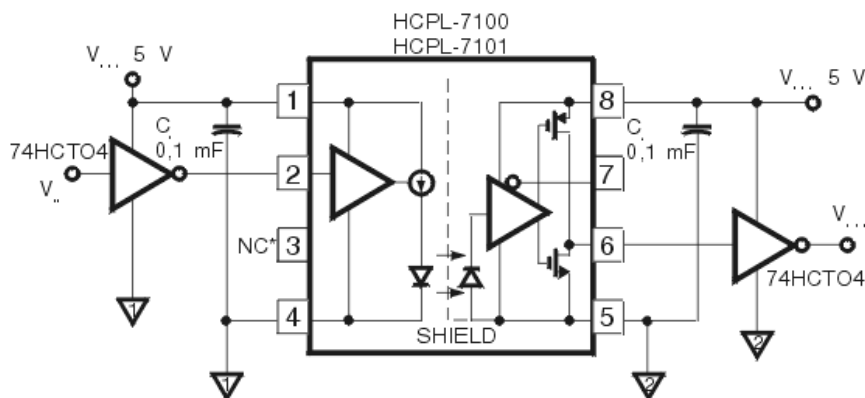


Рис. 4 Інтегральна схема оптичного передавача

Слід відзначити, що незалежні від структури систем стабілізації ефективність роботи такої системи залежить від вхідної величини стабілізатора, тобто від величини, яка найкраще відображає найбільш адекватно рівень потужності випромінювання. В одній з основних умов є необхідність підтримки зв'язку. Контроль потужності повинен здійснюватись без втрачання в процесі передачі і прийому інформації. Це вимагає непрямих способів вимірювання потужності випромінювання серед яких найбільш повно рівень потужності відображає енергію і відповідно середньоквадратичне значення.

Середньоквадратичне значення на інтервалі контролю

$$y(t) = \sqrt{\frac{1}{(t_1 - t_0)} \int_{t_0}^{t_1} x^2(t) dt} \quad (1)$$

де t_0, t_1 визначають початок і закінчення інтервалу вимірювання

Алгоритми вимірювання середньоквадратичного значення відносно складний [4] і вимагають використання спеціалізованих перетворювачів і проведення обчислювальних операцій. В той же час відомо, що найбільш ефективна оцінка середньоквадратичного значення є середньо випрямлене значення [5]

$$y(t) = \frac{1}{t_1 - t_0} \int_{t_0}^{t_1} |x(t)| dt \quad (2)$$

Це дає можливість використовувати фільтр, який синхронізується після приймального елемента від приймальної частини оптопари. Для того щоб зміст інформації, кількість нулів і одиниць не впливають на рівень сигналу керування, доцільно поєднати синхронізацію фрейма, наприклад в мережах SDH з передачею байтів А секційного заголовку.

Висновки

Приведені способи та методи стабілізації режимів передавача оптичних сигналів. Визначена причина актуальності задачам стабілізації пікової потужності та температури лазера. Для стабільності випромінюваної потужності, лазерні ОП найчастіше оснащуються контуром зворотного зв'язку, застосовується стабілізація робочої температури лазерного кристала, використання стабілізації струму заміщення. Зміна пікової потужності найбільшою мірою проявляється при передачі імпульсних послідовностей, які в загальному випадку мають випадковий характер і ведуть до спотворень форми імпульсу та зміни їх часових параметрів. Використання стабілізації струму заміщення реалізується відносно просто, але практично носить параметричний по відношенню до випромінювача характер. В таких схемах приходится встановлювати рівень зміщення вище порогового, для подолання багатомодового випромінювання, що веде до появи фонового випромінювання і зменшення рівня точкового перепаду при передачах цифрових послідовностей. Спосіб НЧ під модуляції відеоімпульсів дозволяє автоматизувати контроль не тільки середньої, а і пікової потужності, а також температурного регулювання лазера в порівнянні з відомим способом модуляції

Література

1. Бутусов М.М. Волоконно - оптические системы передачи/ М.М. Бутусов, СМ. Верник, СЛ. Баякин и другие. ~М: Радио и связь, 1992 -416с.
2. Хмелёв К. Ф. Основы SDH: Монография / К.Ф. Хмелёв. - К.: ®Ц «Видавництво "Політехніка"», 2003.-584 с.
3. О. К. Складов Волоконно - оптические сети и системы связи: Учебное пособие. 2е изд., стер. — СПб.: Издательство «Лань», 2010. — 272 с.: ил. — (Учебники для вузов. Специальная, 218-226 с.
4. Поліщук Є.С., Дорожовець М.М., Яцук В.О. т ін. Метрологія та вимірювальні техніки: Підручник/ Є.С. Поліщук, М.М. Дорожовець, В.О. Яцук, В.М. Ванько, Т.Г. Бойко; за ред. проф. Є.С. Поліщука. - Львів: Видавництво "Бески Бі", 2003. - 544 с.
5. Справочник по математике для научных работников и инженеров. Корн Г., Корн Т. М.: Наука, 1974.— 832 с.

References

1. Butusov M.M. Volokonno - opticheskie sistemyi peredachi/ M.M. Butusov, SM. Vernik, SL, Bayakin i drugie. ~M: Radio i svyaz, 1992 -416s.
2. Hmelyov K. F. Osnovy SDH: Monografiya / K.F. Hmelyov. - K.: ®Ts «Vidavnitstvo "Politehnika"», 2003.-584 s.
3. O. K. Sklyarov Volokonno - opticheskie seti i sistemyi svyazi: Uchebnoe posobie. 2e izd., ster. — SPb.: Izdatelstvo «Lan», 2010. — 272 s.: il. — (Uchebniki dlya vuzov. Spetsialnaya, 218-226 s.
4. Polishuk Ye.S., Dorozhovets M.M., Yatsuk V.O. t in. Metrolohiia ta vymiriuvaln tekhnika: Pidruchnyk/ Ye.S. Polishchuk, M.M. Dorozhovets, V.O. Yatsuk, V.M. Vanko, T.H. Boiko; za red. prof. Ye.S. Polishchuka. - Lviv: Vydavnytstvo "Besky Bi", 2003. - 544 s.
5. Spravochnik po matematike dlya nauchnykh rabotnikov i inzhenerov. Korn G., Korn T. M.: Nauka, 1974.— 832 s.

Рецензія/Peer review : 17.5.2016 р.

Надрукована/Printed :28.6.2016 р.

Стаття рецензована редакційною колегією