

7. Solonina A.I. *Fundamentals of Digital Signal Processing*. Saint Petersburg: BHV-Peterburg, 2005, 768 p. (In Russ.)
8. Ivanov A.B. *Fiber Optics. Components, Transmission Systems, Measurements*. Moscow: SYRUS SYSTEMS, 1999, 671 p. (In Russ.)
9. Gauer J. *Optical Transmission Systems*. English trans. Moscow: Radio i svjaz', 1989, 501 p. (In Russ.)
10. Anderson D.R., Johnson L.M., Bell F.G. *Troubleshooting Optical Fiber Networks: Understanding and Using Optical Time*. Amsterdam: Elsevier Academic Press, 2004, 437 p.
11. Baklanov I.G. *Testing and Diagnostics of Communication Systems*. Moscow: Eko-Trendz, 2001, 264 p. (In Russ.)

Received 12.04.2021

УДК 621.39

ОБРАБОТКА СИГНАЛА В ОПТИЧЕСКОМ КОРРЕЛЯЦИОННОМ РЕФЛЕКТОМЕТРЕ, ИСПОЛЬЗУЮЩЕМ ДЛЯ ЗОНДИРОВАНИЯ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКОГО ТРАКТА ФРАГМЕНТЫ М-ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ

Архангельский В.Б.¹, Глаголев С.Ф.², Хричков В.А.²

¹ ООО «Оптические технологии», Всеволожск, РФ

² Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций

имени профессора М.А. Бонч-Бруевича, Санкт-Петербург, РФ

E-mail: v.b.arh@mail.ru, glagolevsf@yandex.ru, hrichkovv@gmail.com

В ранее проведенной работе была рассмотрена возможность применения комбинации фрагментов М-последовательности с изменяющимися начальными фазами для зондирования волоконно-оптического тракта. Предложенный способ позволяет регистрировать рефлектограмму волоконно-оптического тракта с высокой точностью, но при его реализации существенно увеличивается необходимый объем памяти и значительно увеличивается объем вычислений из-за необходимости проводить корреляционную обработку сигнала обратного рассеяния от каждого фрагмента М-последовательности по отдельности, а после обработки необходимо осуществить операцию суммирования всех полученных автокорреляционных функций. В данной статье рассматривается применение кольцевого регистра памяти для сокращения объема занимаемой памяти рефлектометра и количества вычислительных операций. Предлагается записывать значения сигналов обратного рассеяния от каждого фрагмента М-последовательности в один общий кольцевой регистр, после чего производить корреляционную обработку всего массива данных одновременно с использованием опорного сигнала в виде полной М-последовательности.

Ключевые слова: *оптическое волокно, оптическая рефлектометрия, сигнал обратного рассеяния, сложный зондирующий сигнал, корреляционный рефлектометр, кольцевой регистр, динамический диапазон*

Введение

В предыдущей статье под названием «Возможности использования фрагментов М-последовательностей с изменяющейся начальной фазой для корреляционных оптических рефлектометров» показано, что зондирующие сигналы, сформированные по рассмотренному алгоритму, могут использоваться в корреляционных рефлектометрах, так как их суммарная автокорреляционная функция имеет основной лепесток максимальной амплитуды и не имеет боковых лепестков.

Алгоритм регистрации рефлектограммы

В предложенном корреляционном рефлектометре лазерный диод излучает пачки импульсов,

интенсивность которых изменяется по закону М-последовательности. Это излучение через направленный ответвитель вводится в исследуемый волоконно-оптический тракт, а сигнал обратного рассеяния тракта через этот же направленный ответвитель поступает на фотоприемник. Фотоприемник преобразует сигналы обратного рассеяния в электрические сигналы, а для исключения перегрузок блокируется на время излучения пачек. АЦП оцифровывает мгновенные значения каждого сигнала обратного рассеяния и заносит их в отдельный регистр памяти рефлектометра. После излучения полного набора фрагментов М-последовательности, и накопления в памяти рефлектометра мгновенных значений всех сигналов обратного рассеяния вычисляется взаимно

корреляционная функция каждого сигнала обратного рассеяния и порождающего его фрагмента, и на дисплее отображается сумма всех взаимно корреляционных функций, которая и является рефлектограммой исследуемого волоконно-оптического тракта.

Выражение для одного периода непрерывной M -последовательности:

$$A_M = \{a(k)\}, \quad k = 1, 2, \dots, M,$$

где $a(k)$ – принимает значения (-1) или $(+1)$; $M = (2^\gamma - 1)$ – число символов в M -последовательности; γ – любое целое число.

Рассмотрим совокупность из M фрагментов, состоящих из K элементов, вырезанных из одного периода M -последовательности, отличающихся сдвигом на $(m - 1)$, элементов относительно первого элемента в одном периоде M -последовательности. Запишем выражение для m -ного фрагмента, который при определенных условиях может использоваться в качестве зондирующего сигнала в корреляционном рефлектометре:

$$E_{AM} = \begin{cases} \{a(k+m-1)\}, & (k+m-1) \leq M, \\ \{a(k+m-1-M)\}, & (k+m-1) > M, \end{cases} \\ k = 1, 2, \dots, K, \quad m = 1, 2, \dots, M.$$

Для неискаженной регистрации сигнала обратного рассеяния в корреляционном рефлектометре необходим, как будет показано ниже, еще один дополнительный фрагмент:

$$E_{A0} = \{c(k)\}, \quad k = 1, 2, \dots, K,$$

где $c(k) = 1$.

Волоконно-оптический тракт может быть представлен в дискретной форме последовательностью, каждый элемент которой определяет отражение и рассеяние света в этом элементе и его затухание при распространении света до этого элемента и обратно.

$$X_R = \{x(j)\}, \quad j = 1, 2, \dots, R,$$

где R – число элементов последовательности, которая зависит от тактового интервала τ зондирующего сигнала, коэффициента преломления сердцевины оптического волокна n , скорости света c и максимальной длины L оптического тракта:

$$R = 2nL/c\tau.$$

Совокупность сигналов обратного рассеяния от каждой точки волоконно-оптического тракта с индексом r при использовании m -го фрагмента зондирующего сигнала можно представить в виде

$$Y_E = E_{AM} \otimes X_R = \{y_E(j, m)\} = \\ = \left\{ \sum_{k=1}^K a(k+m-1)x(j-k+1) \right\}$$

и для дополнительного фрагмента:

$$Y_{E0} = E_{A0} \otimes X_R = \\ = \{y_{E0}(j)\} = \left\{ \sum_{k=1}^K c(k)x(j-k+1) \right\}, \\ j = 1, 2, \dots, (R+K-1).$$

Зарегистрированные сигналы обратного рассеяния с учетом интервалов блокировки фотоприемника:

$$Z_E = \{z_E(j, m)\} = \left\{ \sum_{k=1}^K a(k+m-1)x(j-k+1) \right\}, \\ Z_{E0} = \{z_{E0}(j)\} = \left\{ \sum_{k=1}^K c(k)x(j-k+1) \right\}, \\ j = (1+K), (2+K), \dots, (R+K-1).$$

Изменяя нумерацию ячеек памяти регистра, принимая за первый номер – первый отсчет после блокировки фотоприемника $i = j - K$:

$$Z_E = \{z_E(i, m)\} = \\ = \left\{ \sum_{k=1}^K a(k+m-1)x(i+K-k+1) \right\}, \\ Z_{E0} = \{z_{E0}(i)\} = \left\{ \sum_{k=1}^K c(k)x(i+K-k+1) \right\}, \\ i = 1, 2, \dots, (R-1).$$

Для корреляционной обработки зарегистрированных сигналов используются опорные сигналы, кодовые последовательности которых совпадают с кодовыми последовательностями зондирующих сигналов, но сдвинутые на K для учета интервалов блокировки фотоприемника:

$$F_{BM} = \{b(i+m+K-1)\}, \\ F_{BM0} = \{d(i+K)\}, \\ i = 1, 2, \dots, K.$$

Взаимно корреляционные функции зарегистрированных сигналов обратного рассеяния и их опорных сигналов:

$$W_{EF} = \{w_{EF}(u, m)\} = \left\{ \sum_{i=1}^R \sum_{k=1}^K a(k+m-1) \times \right. \\ \left. \times x(i+K-k+1)b(i-u+K+m) \right\}, \\ W_{EF0} = \{w_{EF0}(u)\} = \left\{ \sum_{i=1}^R \sum_{k=1}^K c(k) \times \right. \\ \left. \times x(i+K-k+1)d(i-u+K+1) \right\},$$

$$u = 1, 2, \dots, (R-1),$$

где u – номера ячеек памяти, в которые занесены мгновенные значения взаимно корреляционных функций.

Так как автокорреляционные функции любого фрагмента имеют боковые лепестки, то ни одна из полученных выше взаимно корреляционных функций не отражает рефлектограмму волоконно-оптического тракта без искажений. Для получения рефлектограммы без искажений все взаимно корреляционные функции необходимо просуммировать.

Сумма взаимно корреляционных функций всех фрагментов М-последовательности и дополнительной последовательности:

$$W_{\Sigma} = \{w_{\Sigma}(u)\} = \left\{ \sum_{i=1}^R \sum_{k=1}^K x(i+K-k+1) \times \right. \\ \left. \times \left[\sum_{m=1}^M a(k+m-1)b(i-u+K+m) + c(k)d(i-u+K+1) \right] \right\}, \\ u = 1, 2, \dots, (R-1).$$

Из этого выражения видно, что если $(i-u+K) \neq (k-1)$, то при любых u, i, k символы $a(k+m-1)$ и $b(i-u+K+m)$ при изменении m от 1 до M образуют две сдвинутые друг относительно друга М-последовательности. Посимвольное перемножение двух М-последовательностей дает новую М-последовательность, сдвинутую относительно исходных. В полной М-последовательности символов со значением (+1) на один меньше, чем со значением (-1). Так как член $c(k)d(i-u+K+1)$ в рассматриваемом выражении всегда равен (+1), то выражение обращается в ноль.

Если $(i-u+K) = (k-1)$, то

$$W_{\Sigma} = \{w_{\Sigma}(u)\} = S(u)(M+1)\{x(u)\}, \\ u = 1, 2, \dots, (R-1).$$

Функция $S(u)$ показывает зависимость числа накоплений сигнала обратного рассеяния в различных точках рефлектограммы. Эта функция определяется числом зарегистрированных мгновенных значений сигнала обратного рассеяния при зондировании каждым фрагментом М-последовательности.

$$S(u) = (k_{\max} - k_{\min} + 1),$$

при этом

$$k_{\min} = (u - K) \geq 1, \\ k_{\max} = u \leq (R + K).$$

В зависимости от соотношения K и R возможны два варианта.

Если $K < R$, то:

Интервал 1:

Если $1 \leq u \leq K$, то $k_{\min} = 1, k_{\max} = K$.

Следовательно, $S(u) = u$.

Интервал 2:

Если $K \leq u \leq R$, то $k_{\min} = (u - K), k_{\max} = u$.

Следовательно, $S(u) = K$.

Если $K \geq R$, то:

Интервал 1:

Если $1 \leq u \leq R$, то $k_{\min} = 1, k_{\max} = R$.

Следовательно, $S(u) = u$.

Рассмотренный способ позволяет регистрировать рефлектограмму волоконно-оптического тракта с высокой точностью, но при его реализации все мгновенные значения сигнала обратного рассеяния от каждого фрагмента зондирующего сигнала заносятся в отдельный регистр памяти и отдельно производится корреляционная обработка каждого занесенного в регистр памяти сигнала. Это существенно увеличивает необходимый объем памяти и значительно увеличивает объем вычислений.

Применение кольцевого регистра памяти для записи значений СОР

Для сокращения объема памяти и вычислений может использоваться кольцевой регистр памяти с числом ячеек, равным числу символов М-последовательности. Сигналы обратного рассеяния от всех фрагментов М-последовательности заносятся в этот кольцевой регистр памяти со сдвигом, аналогичным сдвигу фрагментов зондирующего сигнала, и суммируются с занесенными ранее. Сигнал обратного рассеяния от дополнительного фрагмента записывается в дополнительный регистр памяти.

Сумма зарегистрированных сигналов обратного рассеяния с учетом сдвига адреса ячеек памяти и интервала блокировки фотоприемника:

$$Z_E = \{z_E(j)\} = \\ = \left\{ \sum_{k=1}^K \sum_{m=1}^M a(k+m-1)x(j-k-m+1) \right\}, \\ j = (1+K), (2+K), \dots, (R+K-1).$$

Дополнительный зарегистрированный сигнал:

$$Z_{E0} = \{z_{E0}(j)\} = \left\{ \sum_{k=1}^K c(k)x(j-k+1) \right\}, \\ j = (1+K), (2+K), \dots, (R+K-1).$$

Изменяя нумерацию ячеек памяти регистра, принимая за первый номер – первый отсчет после блокировки фотоприемника $i = j - K$:

$$Z_E = \{z_E(i)\} =$$

$$= \left\{ \sum_{k=1}^K \sum_{m=1}^M a(k+m-1)x(i+K-k-m+1) \right\},$$

$$Z_{E0} = \{z_{E0}(i)\} = \left\{ \sum_{k=1}^K c(k)x(i+K-k+1) \right\},$$

$$i = 1, 2, \dots, (R-1).$$

Для корреляционной обработки зарегистрированного в кольцевом регистре сигнала используется один опорный сигнал, представляющий собой полную M -последовательность, сдвинутую на K для компенсации интервалов блокировки фотоприемника:

$$F_M = \{b(i+K)\}, \quad i = 1, 2, \dots, M$$

и дополнительный опорный сигнал:

$$Z_{M0} = \{d(i+K)\}, \quad i = 1, 2, \dots, K.$$

Взаимно корреляционная функция зарегистрированного в кольцевом регистре сигнала обратного рассеяния и опорного сигнала:

$$W_M = \{w_M(u)\} = \left\{ \sum_{i=1}^M \sum_{k=1}^K \sum_{m=1}^M a(k+m-1) \times \right.$$

$$\left. \times x(i+K-k-m+1)b(i-u+K) \right\},$$

$$u = 1, 2, \dots, M.$$

Взаимно корреляционная функция зарегистрированного в дополнительном регистре сигнала и опорного сигнала:

$$W_{M0} = \{w_{M0}(u)\} = \left\{ \sum_{i=1}^R \sum_{k=1}^K c(k) \times \right.$$

$$\left. \times x(i+K-k+1)d(i-u+K+1) \right\},$$

$$u = 1, 2, \dots, (R-1).$$

Сумма этих взаимно корреляционных функций:

$$W_{M\Sigma} = \{w_{M\Sigma}(u)\} = \left\{ \sum_{i=1}^M \sum_{k=1}^K x(i+K-k-m+1) \times \right.$$

$$\left. \times \left[\sum_{m=1}^M a(k+m-1)b(i-u+K) + \right. \right.$$

$$\left. \left. + c(k)d(i-u+K+1) \right] \right\},$$

$$u = 1, 2, \dots, M.$$

Это выражение аналогично, рассмотренному выше и при равенстве $(k+m-1) = (i-u-K)$ полностью с ним совпадает:

$$W_{M\Sigma} = \{w_{M\Sigma}(u)\} = S(u)(M+1)\{x(u)\},$$

$$u = 1, 2, \dots, M.$$

Заключение

Способ регистрации рефлектограммы оптического тракта с помощью зондирующих сигналов в виде фрагментов M -последовательности с изменяющимися начальными фазами, накоплении сигналов обратного рассеяния в кольцевом регистре памяти и вычислении корреляционной функции при использовании в качестве опорного сигнала этой же M -последовательности, позволяет существенно уменьшить объем памяти рефлектометра, сократить объем вычисления при корреляционной обработке, увеличить динамический диапазон и повысить разрешающую способность корреляционного рефлектометра.

Работа выполнена при финансовой поддержке Фонда содействия инновациям в рамках договора № 3855ГС1/63276.

Литература

1. Финкельштейн М.И. Основы радиолокации. М.: Радио и связь, 1983. 536 с.
2. Варакин Л.Е. Системы связи с шумоподобными сигналами. М.: Радио и связь, 1985. 384 с.
3. Оптимальный алгоритм генерации и обработки шумоподобных сигналов в оптической рефлектометрии / В.Б. Архангельский [и др.] // Обработка сигналов в системах связи: сб. науч. тр. учебн. завед. связи. 1996. С. 36–39.
4. Листвин А.В., Листвин В.Н. Рефлектометрия оптических волокон. М.: ЛЕСАРпт, 2005. 208 с.
5. Измерение параметров волоконно-оптических линейных трактов: учеб. пособие / М.С. Былина [и др.]. СПб.: СПбГУТ, 2002. 80 с.
6. Измерения на ВОЛП методом обратного рассеяния: учебное пособие / В.А. Андреев [и др.]. Самара: СРТТЦ ПГАТИ, 2001. 121 с.
7. Солонина А.И. Основы цифровой обработки сигналов. СПб.: БХВ-Петербург, 2005. 768 с.
8. Иванов А.Б. Волоконная оптика. Компоненты, системы передачи, измерения. М.: SYRUS SYSTEMS, 1999. 671 с.
9. Гауэр Дж. Оптические системы передачи / пер. с англ. М.: Радио и связь, 1989. 501 с.
10. Anderson D.R., Johnson L.M., Bell F.G. Troubleshooting Optical Fiber Networks: Understanding and Using Optical Time. Amsterdam: Elsevier Academic Press, 2004. 437 p.
11. Бакланов И.Г. Тестирование и диагностика систем связи. М.: Эко-Трендз, 2001. 264 с.

Получено 16.06.2021

Архангельский Владимир Борисович, к.т.н., старший научный сотрудник ООО «Оптические технологии». 188643, Российская Федерация, г. Всеволожск, ул. Первомайская, 26а. Тел. +7 950 019-21-95. E-mail: v.b.arh@mail.ru

Глаголев Сергей Федорович, к.т.н., доцент кафедры фотоники и линий связи (ФиЛС) Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций имени М.А. Бонч-Бруевича (СПбГУТ). 193232, Российская Федерация, г. Санкт-Петербург, пр. Большевиков, 22, корп. 1. Тел. +7 921 887-67-95. E-mail: glagolevsf@yandex.ru

Хричков Валентин Александрович, старший преподаватель кафедры ФиЛС СПбГУТ. 193232, Российская Федерация, г. Санкт-Петербург, пр. Большевиков, 22, корп. 1. Тел. +7 911 849-49-82. E-mail: hrichkovv@gmail.com

SIGNAL PROCESSING IN AN OPTICAL CORRELATION REFLECTOMETER USING FRAGMENTS OF THE M-SEQUENCE FOR PROBING A FIBER-OPTIC PATH

Arkhangelsky V.B.¹, Glagolev S.F.², Khrichkov V.A.²

¹ Optical Technologies LLC, Vsevolozhsk, Russian Federation

² St. Petersburg State University of Telecommunications

named after Professor M.A. Bonch-Bruевич, Saint Petersburg, Russian Federation

E-mail: v.b.arh@mail.ru, glagolevsf@yandex.ru, hrichkovv@gmail.com

In an earlier work, the possibility of using a combination of M-sequence fragments with varying initial phases for probing a fiber-optic path was considered. The proposed method makes it possible to record the reflectogram of a fiber-optic path with high accuracy, but when it is implemented, the required memory volume increases significantly and the amount of computations increases significantly, due to the need to carry out correlation processing of the backscatter signal from each fragment of the M-sequence separately, and after processing it is necessary to carry out the operation of summing all the obtained autocorrelation functions. In this paper, we consider the use of a circular memory register to reduce the amount of memory occupied by the reflectometer and the number of computational operations. It is proposed to record backscatter signals from each fragment of the M-sequence into one common circular register, and then perform correlation processing of the entire data array at a time using a reference signal in the form of a complete M-sequence.

Keywords: *optical fiber, optical reflectometry, backscatter signal, complex probe signal, correlation reflectometer, ring register, dynamic range*

DOI: 10.18469/ikt.2021.19.3.05

Arkhangelsky Vladimir Borisovich, LLC «Optical technology», 26a, Pervomayskaya Street, Vsevolozhsk, 188643, Russian Federation; Senior Researcher, PhD in Technical Sciences. Tel. +7 950 019-21-95. E-mail: v.b.arh@mail.ru

Glagolev Sergey Fedorovich, The Bonch-Bruевич St. Petersburg State University of Telecommunications, 22, building 1, Bolshevikov Avenue, Saint Petersburg, 193232, Russian Federation; Associate Professor of Photonic and Telecommunication Lines Department, PhD in Technical Sciences. Tel.+7 921 887-67-95. E-mail: glagolevsf@yandex.ru

Khrichkov Valentin Alexandrovich, The Bonch-Bruевич St. Petersburg State University of Telecommunications, 22, building 1, Bolshevikov Avenue, Saint Petersburg, 193232, Russian Federation; Senior Lecturer of Photonic and Telecommunication Lines Department. Tel. +7 911 849-49-82. E-mail: hrichkovv@gmail.com

References

1. Finkel'shtejn M.I. *Radar Basics*. Moscow: Radio i svjaz', 1983, 536 p. (In Russ.)
2. Varakin L.E. *Communication Systems with Noise-Like Signals*. Moscow: Radio i svjaz', 1985, 384 p. (In Russ.)
3. Arkhangel'skiy V.B. et al. Optimal algorithm for generating and processing noise-like signals in optical reflectometry. *Obrabotka signalov v sistemah svyazi: sb. nauch. tr. uchebn. zaved. svyazi*, 1996, pp. 36–39. (In Russ.)
4. Listvin A.V., Listvin V.N. *Optical Fiber Reflectometry*. Moscow: LESARart, 2005, 208 p. (In Russ.)
5. Bylina M.S. et al. *Measurement of Parameters of Fiber-Optic Line Paths*. A Tutorial. Saint Petersburg: SPbGUT, 2002, 80 p. (In Russ.)
6. Andreev V.A. et al. *Backscattering Fiber Optic Measurements*. A Tutorial. Samara: SRTTTs PGATI, 2001, 121 p. (In Russ.)
7. Solonina A.I. *Fundamentals of Digital Signal Processing*. Saint Petersburg: BHV-Peterburg, 2005, 768 p. (In Russ.)
8. Ivanov A.B. *Fiber Optics. Components, Transmission Systems, Measurements*. Moscow: SYRUS SYSTEMS, 1999, 671 p. (In Russ.)
9. Gauer J. *Optical Transmission Systems*. English trans. Moscow: Radio i svjaz', 1989, 501 p. (In Russ.)
10. Anderson D.R., Johnson L.M., Bell F.G. *Troubleshooting Optical Fiber Networks: Understanding and Using Optical Time*. Amsterdam: Elsevier Academic Press, 2004, 437 p.
11. Baklanov I.G. *Testing and Diagnostics of Communication Systems*. Moscow: Eko-Trendz, 2001, 264 p. (In Russ.)

Received 16.06.2021

УДК 621.39

АНАЛОГО-ЦИФРОВОЙ НАКОПИТЕЛЬ С КОЛЬЦЕВЫМ РЕГИСТРОМ ПАМЯТИ

Архангельский В.Б.¹, Глаголев С.Ф.², Хричков В.А.²

¹ ООО «Оптические технологии», Всеволожск, РФ

² Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций

имени профессора М.А. Бонч-Бруевича, Санкт-Петербург, РФ

E-mail: v.b.arh@mail.ru, glagolevsf@yandex.ru, hrichkovv@gmail.com

В данной работе рассматривается необходимость фрагментарной регистрации рефлектограммы для увеличения динамического диапазона рефлектометра. Для обеспечения высокой точности оцифровки сигнала предлагается разбить линию связи на несколько фрагментов и регистрировать сигнал обратного рассеяния каждого фрагмента с разными коэффициентами усиления, изменяя их с помощью масштабных усилителей. Это решение позволит поддерживать амплитуду сигнала на входе аналого-цифрового преобразователя, близкую к номинальному значению, и тем самым снизить погрешности преобразования сигнала. После оцифровки сигналы каждого фрагмента записываются в свой кольцевой регистр памяти для последующего проведения их корреляционной обработки. В предложенном способе для получения полной рефлектограммы необходимо сложить автокорреляционные функции всех фрагментов. Представленные диаграммы работы рефлектометра показывают эффективность предложенного способа.

Ключевые слова: оптическое волокно, оптическая рефлектометрия, сигнал обратного рассеяния, сложный зондирующий сигнал, корреляционный рефлектометр, кольцевой регистр памяти

Введение

В корреляционных рефлектометрах, зондирующие сигналы которых представляют собой фрагменты M -последовательностей (рисунок 1, а) с изменяющейся начальной фазой, длительность импульсов τ определяет разрешающую способность рефлектометра, а длительность M -последовательности —

длительности — длину исследуемого волоконно-оптического тракта.

Сигналы обратного рассеяния с выхода усилителя фототока оцифровываются аналого-цифровым преобразователем (АЦП) и накапливаются в кольцевом регистре памяти. Число ячеек памяти регистра равно числу символов периода