

растворенных в масле газов / В.Б. Абрамов // Электрические сети и системы. – 2012. – №4. – С. 77–79;

Bibliography (transliterated): 1. Diagnostika maslonapovnennogo transformatornogo obladnannja za rezul'tatami hromatografichnogo analizu vil'nih gaziv, vidibranih iz gazovogo rele, i gaziv, rozchinenih u izoljacionomu masli SOU-N EE 46.501:2006. – Kiiv. – 2007. – 92 s; 2. Bojarchukov G. M. Prakticheskie problemy ocenki sostojanija vysokovol'tnogo oborudovanija po sodержaniju gazov v transformatornom masle. *Novini energetiki*. 2010. No 7. 23–33. Print. 3. Birger I.A. *Tehnicheskaja diagnostika* Moscow: Mashinostroenie. 1978. 4. Davidenko I.V. Issledovanie pokazatelej, opisyvajushhih rabochee sostojanie maslonapolnennyh vvodov, metodami matematicheskoj statistiki // *Zhurnal Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Severo-Kavkazskij region: Tehnicheskie nauki*. 2006. No 15 31-33. Print. 5. Davidenko I.V. Opredelenie dopustimyh znachenij kontroliruemyh parametrov maslonapolnennogo oborudovanija na osnove massiva nabljudаемых данных. *Elektrichestvo*. 2009. No 6. 81 – 82. Print 6. Chupak T. M., Juzhannikov A.Ju. Ocenka sostojanija transformatora na osnove zolotogo sechenija. *Fundamental'nye issledovanija*. 2006. No 9. 10 – 21. Print. 7. Zaharov A.V. Obnaruzhenie defektov silovyh maslonapolnennyh transformatorov kak procedura proverki statisticheskikh gipotez. *Novoe v rossijskoj jenergetike*. 2001. No 2. 19 – 28 Print. 8. Shutenko O.V., Baklaj D.N. Osobennosti statisticheskoj obrabotki rezul'tatov ekspluatacionnyh ispytanij pri issledovanii zakonov raspredelenija rezul'tatov hromatograficheskogo analiza rastvorenyh v masle gazov. *Visnik NTU «HPI»*. 2013. No 60 (1033). 136–150. Print 9. Shutenko O.V., Baklaj D.N. *Planirovanie jeksperimental'nyh issledovanij v jelektrojenergetike. Metody obrabotki jeksperimental'nyh dannyh*. Har'kov: NTU «HPI». 2013. 10. Abramov V.B. Osobennosti kontrolja maslonapolnennogo jelektrooborudovanija po rezul'tatam hromatograficheskogo analiza rastvorenyh v masle gazov. *Jelektricheskie seti i sistemy*. 2012. No 4. 77–79. Print.

Надійшла (received) 24.03.2014

УДК 621.315.2

Л.А. ЩЕБЕНЮК, канд.техн.наук.,проф., НТУ «ХПИ»

О.И. ПЕТРЕНКО, студ., НТУ «ХПИ»

И.И. УДОВЕНКО, студ., НТУ «ХПИ»

КРИТЕРИЙ ВЫБОРА КОЭФИЦИЕНТА ПРЕЛОМЛЕНИЯ СВЕТА ДЛЯ ПОЛИМЕРНЫХ ОБОЛОЧЕК ОПТИЧЕСКОГО ВОЛОКНА

Выполнен анализ результатов сравнения свойств кабельных полимеров для применения в оптических кабелях. Различные фирмы производители оптического волокна предлагают использование оптического волокна с различными коэффициентом преломления n_1 . При этом возникает вопрос о соответствующем выборе коэффициента преломления n_2 для полимерной оболочки, поскольку разность $n_1 - n_2$ определяет большинство эксплуатационных характеристик оптического кабеля.

Ключевые слова: кабельные полимеры, коэффициент преломления, параметры оптического волокна

Постановка проблемы. При разработке конструкций и выборе параметров кабельных полимерных материалов, при выборе оптимального материала для конкретного променения всегда возникает проблема ограничения спектра параметров материала, которые являются определяющими.

Для обеспечения соответствия эксплуатационным требованиям к кабельным полимерам используют огромное количество различных параметров: механическая и электрическая прочность, электрофизические и оптические параметры, параметры пожарной безопасности и многие, многие другие.

Анализ литературы. Различные фирмы производители оптического волокна предлагают использование оптического волокна с различными коэффициентом преломления n_1 (см. табл.1). При этом возникает вопрос о соответствующем выборе коэффициента преломления n_2 для полимерной оболочки, поскольку разность $n_1 - n_2$ определяет большинство эксплуатационных характеристик оптического кабеля.

Так модовая дисперсия как результат фазового запаздывания передаваемых волн является одной из причин расплывания импульса при его передаче по оптическому волокну (ОВ) [1].

Цель работы. Выбор оптимального критерия для

© Л. А. Щебенюк, О. И. Петренко, И. И. Удовенко, 2014

определения разность $n_1 - n_2$, которая определяет большинство эксплуатационных характеристик оптического кабеля.

Основные результаты. На рис. 1 приведены зависимости дисперсии, которая является важнейшим параметром оптического волокна и определяет его пропускную способность для передачи информации, от коэффициента преломления n_2 для полимерной оболочки.

Дисперсия τ – рассеяние во времени спектральных или модовых составляющих оптического сигнала, при увеличении которого увеличивается длительность импульса оптического излучения при распространении его по ОВ:

$$\tau = (n_1 - n_2) \cdot K_y \cdot 10^9 \cdot l_s / c_0, \quad (1)$$

где K_y – коэффициент укрутки;

l_s – средняя длина участка (показатель разветвленности цепи);

c_0 – скорость света.

Таблица – Коэффициенты преломления света оптоволокна, используемого различными производителями

Производитель	Значение показателя преломления для длины волны 1550 нм	Поправочный коэффициент пересчета
Fujikura	1,4673	0,9995
Lucent	1,4670	0,9993
Alcatel	1,4700	1,0013
Samsung	1,4695	1,0010
Pirelli	1,4681	1,0000

Там же нанесена зависимость коэффициента широкополосности k_p от коэффициента преломления n_2 для полимерной оболочки:

$$k_p = 1 / (n_1 - n_2) \cdot K_y / c_0, \quad \text{где } n_1 = 1,46. \quad (3)$$

Из рис. 1 видно, что дисперсия уменьшается при увеличении коэффициента преломления n_2 для полимерной оболочки, но

производная этой зависимости по абсолютной величине тем меньше, чем меньше l_s – средняя длина участка (показатель разветвленности цепи).

Следовательно применение больших значений коэффициента преломления n_2 для полимерной оболочки позволяет достаточно эффективно уменьшить дисперсию для менее разветвленных цепей (магистральные оптические кабели). Но этот же прием практически неэффективен в сильно разветвленных цепях.

Коэффициент широкополосности k_p нелинейно увеличивается при увеличении коэффициента преломления n_2 для полимерной оболочки. На рис. 1 нанесены горизонтальные прямые, которые ограничивают дисперсию ОВ: $\tau = 3$ нс, с одной стороны, и коэффициент широкополосности $k_p \leq 5 \cdot 10^5$ МГц, с другой.

Волноводная среда, образованная для ОВ двумя середками, – сердцевинной и оболочкой, обуславливает волноводную дисперсию, которая обусловлена эффективным показателем преломления моды.

У одномодовых ОВ волноводная дисперсия практически отсутствует, потому одномодовые ОВ имеют сравнительно меньшее затухание и соответственно большее расстояние между усилителями.

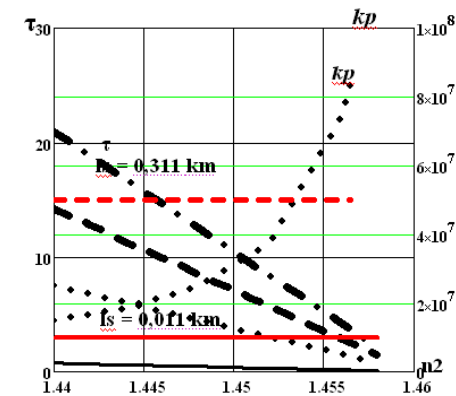


Рис. 1 – Зависимости дисперсии τ оптического волокна (ОВ) от коэффициента преломления n_2 для полимерной оболочки при различной средней длине l_s участка ОВ (показатель разветвленности цепи) и зависимость коэффициента широкополосности k_p от коэффициента преломления n_2 для полимерной оболочки при одинаковых значениях коэффициента преломления ОВ, который равен 1,46

Полученные результаты свидетельствуют о том, что для разветвленных цепей оптической сети при заданном значении показателя преломления ОВ допустимый диапазон значений коэффициента преломления n2 для полимерной оболочки быстро сужается по мере увеличения разветвленности. В таких случаях оптимальным является выбор больших значений показателя преломления ОВ.

На рис.1 видно, что дисперсия ОВ τ снижается по мере увеличения коэффициента преломления n2 для полимерной оболочки, причем, тем быстрее, чем менее разветвленная сеть оптической связи. С другой стороны, сами значения дисперсия ОВ τ меньше для более разветвленной сети.

Коэффициент широкополосности kp напротив, – ускоренно растет по мере увеличения коэффициента преломления n2 для полимерной оболочки.

Given

$$\text{Zatr} = \text{Cik} \cdot L \cdot Kk + L \cdot 2 \cdot kz \cdot \frac{\text{Cik}}{ls} \quad \tau = (n1 - n2) \cdot \frac{Ky \cdot 10^9 \cdot ls}{C0}$$

$$A_0 = 4.34 \cdot \frac{8 \cdot \pi^3 \cdot (n1^2 - 1)}{3 \cdot \lambda^4} \cdot k \cdot \beta \cdot T \cdot (1 + Kn) \cdot 10^3 \quad kp = \left(\frac{\tau}{ls} \cdot 10^{-9} \right)^{-1}$$

$$N = \frac{\left[2 \cdot \pi \cdot a \cdot \frac{(n1^2 - n2^2)^{0.5}}{\lambda} \right]^2}{2} \quad \text{Find}(\text{Zatr}, \tau, kp, N, A_0) = \begin{pmatrix} 1.05 \times 10^5 \\ 12.12 \\ 2.475 \times 10^7 \\ 191.339 \\ 0.148 \end{pmatrix}$$

Рис.2 – Система уравнений, решаемых совместно для анализа влияния разветвленности оптической сети при заданных значениях показателей преломления ОВ и оболочки: Zatr – затраты на кабели и кабельный гарнитур; τ – дисперсия; A_0 – апертура; kp – коэффициент широкополосности

Выводы. 1) Дисперсия ОВ τ снижается по мере увеличения коэффициента преломления n2 для полимерной оболочки, причем, тем быстрее, чем менее разветвленная сеть оптической связи. С другой стороны, сами значения дисперсия ОВ τ меньше для более

разветвленной сети. Значение коэффициента преломления ОВ одинаково ($n1 = 1,46$).

2) Коэффициент широкополосности kp ускоренно растет по мере увеличения коэффициента преломления n2 для полимерной оболочки.

3) Для разветвленных цепей оптической сети при заданном значении показателя преломления ОВ допустимый диапазон значений коэффициента преломления n2 для полимерной оболочки быстро сужается по мере увеличения разветвленности. В таких случаях оптимальным является выбор больших значений показателя преломления ОВ.

Список литературы: 1. И.Б. Пешков. Материалы кабельного производства. – М.: Машиностроение. 20013.- 455 с 2. М.А. Колтунов, В.П. Майборода, В.Г. Зубчанинов. Прочностные расчеты изделий из полимерных материалов – М.: Машиностроение. 1983.- 239 с.

Bibliography (transliterated): 1. I.B. Peshkov. *Materialy kabel'nogo proizvodstva*. Moscow: Mashinostroenie. 2013. DSTU IEC 811-1-1:2003 Materiali izoljacii ta obolonok elektrichnih ta optichnih kabeliv. Zagal'ni metodi viprobuvan' Chastina 1-1. 2. M.A. Koltunov, V.P. Majboroda, V.G. Zubchaninov. *Prochnostnye raschety izdelij iz polimernyh materialov* – Moscow: Mashinostroenie. 1983.

Надійшла (received) 24.11.2013