

ТРАНСПОРТНАЯ ЭНЕРГЕТИКА

УДК 535.51 : 621.372.822

DOI 10.46973/0201-727X_2025_2_19

*E. 3. Савин***ВОЗДЕЙСТВИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ ЭЛЕКТРИФИЦИРОВАННЫХ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ ОДНОФАЗНОГО ПЕРЕМЕННОГО ТОКА НА ПОЛЯРИЗАЦИОННЫЕ ЯВЛЕНИЯ В ВОЛОКОННЫХ СВЕТОВОДАХ**

Аннотация. Показано, что под действием внешнего электрического поля в одномодовом волоконном световоде проявляется эффект Керра, а под действием магнитного поля – эффект Фарадея. При этом происходит изменение эллиптичности поляризованного излучения и поворот большой оси эллипса. Изменение указанных параметров поляризованного излучения приводит к усилению поляризационной модовой дисперсии. Выполнена оценка суммарного уширения импульсов за счет воздействия электромагнитного поля. В работе констатируется, что такое уширение импульсов совместно с уширением импульсов за счет хроматической дисперсии становится причиной значительного ограничения длины регенерационного участка и уменьшения пропускной способности волоконных световодов.

Ключевые слова: электромагнитное поле, волоконный световод, эффект Керра, эффект Фарадея, длина регенерационного участка, скорость передачи информации.

Для цитирования: Савин, Е. З. Воздействие электромагнитного поля электрифицированных железных дорог однофазного переменного тока на поляризационные явления в волоконных световодах / Е. З. Савин // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2025. – № 2. – С. 19–27. – DOI 10.46973/0201-727X_2025_2_19.

Введение

Основу волоконно-оптического кабеля (ВОК) составляет волоконный световод (ВС), который в данный момент является самой перспективной направляющей средой для передачи информации. При использовании методов волнового мультиплексирования пропускная способность волоконных световодов действительно не знает границ.

При строительстве волоконно-оптической магистрали на железнодорожном транспорте наиболее производительным способом является подвеска ВОК на опорах контактной сети электрифицированных железных дорог. В работе [1] рассматриваются внешние факторы, которые при этом могут оказать воздействие на поляризационные явления в волоконных световодах. К числу подобного внешнего воздействия можно отнести следующие факторы, суть которых приведена в соответствующей литературе: механические вибрации [2], электромагнитное поле [3], температура окружающей среды [4], поле сверхвысоких частот [5].

Реальный волоконный световод представляет собой анизотропную среду, в которой фаза для двух ортогонально поляризованных мод имеет различные значения. Вследствие этого составляющие электромагнитной волны распространяются с разной скоростью, что приводит к уширению импульсов. Это явление называется поляризационной модовой дисперсией (*PMD*), но проявляется она значительно слабее, чем основной вид дисперсии в одномодовых оптических волокнах – хроматическая. Однако внешние факторы вносят свой вклад в усиление анизотропии волоконного световода и соответственно к увеличению *PMD*.

При распространении электромагнитной волны в волоконном световоде наблюдается эллиптическая поляризация, когда конец вектора напряженности электрического поля описывает поверхность эллиптического цилиндра. Эллиптическая поляризация характеризуется двумя параметрами: эллиптичностью (отношение малой оси к большой оси эллипса) и углом поворота большой оси эллипса. Действие внешних факторов приводит к изменению указанных параметров поляризованного излучения.

Анализируя степень влияния вышеприведенных причин на поляризационную модовую дисперсию, необходимо отметить, что доминирующее воздействие на параметры волоконного световода оказывает электромагнитное поле электрифицированных железных дорог, так как волоконно-оптический кабель располагается на незначительном удалении от контактной подвески. В настоящее время существует утверждение, что волоконные световоды обладают высокой защищенностью от воздействия

внешних электромагнитных полей [6]. Однако, доказательства, представленные в настоящей работе, опровергают это общепринятое положение. Целью данной работы является определение дальности непосредственной связи и пропускной способности волоконных световодов с учетом проявления поляризационной модовой дисперсии, которая возникает за счет действия внешнего электромагнитного поля электрифицированных железных дорог.

Основная часть

Для более детальной реализации поставленной цели электромагнитное воздействие на поляризационные явления в волоконном световоде может быть условно представлено в виде суммарного действия отдельно электрического и магнитного полей.

В лаборатории «Волоконная оптика» Дальневосточного государственного университета путей сообщения была разработана экспериментальная установка по исследованию влияния электрического поля на поляризационные явления в волоконном световоде [7].

Выполненные экспериментальные исследования можно представить в виде соответствующих графиков, которые приведены на рис. 1 и 2. При этом прослеживается четкая связь между полученными результатами и так называемой начальной эллиптичностью, которая наблюдается на выходе волоконного световода при отсутствии воздействия внешнего электрического поля.

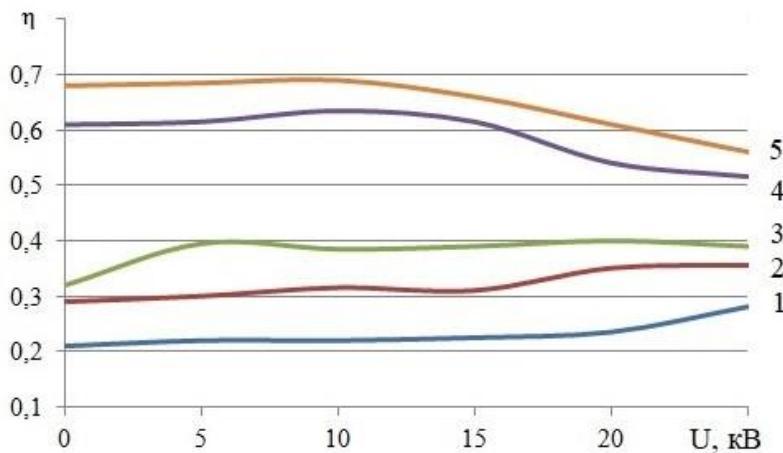


Рис. 1. Зависимость эллиптичности излучения для волокна типа NZDSF от напряжения внешнего электрического поля и соответствующих значений начальной эллиптичности:

1 – $\eta_0 = 0,21$; 2 – $\eta_0 = 0,29$; 3 – $\eta_0 = 0,32$; 4 – $\eta_0 = 0,61$; 5 – $\eta_0 = 68$.

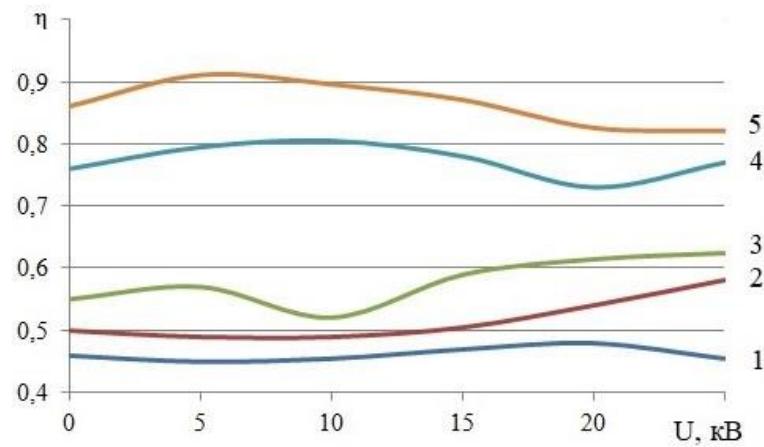


Рис. 2. Зависимость эллиптичности излучения для волокна типа SF от напряжения внешнего электрического поля и соответствующих значений начальной эллиптичности:

1 – $\eta_0 = 0,46$; 2 – $\eta_0 = 0,50$; 3 – $\eta_0 = 0,55$; 4 – $\eta_0 = 0,76$; 5 – $\eta_0 = 0,86$

В ходе экспериментальных исследований было установлено, что угол поворота большой оси эллипса поляризованного излучения остается величиной постоянной. Изменяется только эллиптичность. Этот факт свидетельствует о том, что в волоконном световоде, помещенном во внешнее электрическое поле, проявляется электрооптический эффект Керра. В волоконном световоде усиливается

анизотропия, что приводит к появлению разности фаз ортогональных мод и соответствующему уширению импульсов оптических сигналов.

Уширение импульсов $\tau_{\text{еп}}$ за счет разности фаз $\Delta\phi$ ортогональных составляющих электромагнитной волны, распространяющейся по волоконному световоду, определится [8]:

$$\tau_{\text{еп}} = \Delta\phi \cdot \lambda / 2\pi c.$$

Соответствующая разность фаз рассчитывается по формуле:

$$\Delta\phi = \arccos(\eta_0) \left(\frac{1}{1 - \eta} \right),$$

где η – эллиптичность на выходе волоконного световода при воздействии внешнего электрического поля.

Тогда уширение импульсов, вызванное влиянием внешнего электрического поля, рассчитывается по формуле:

$$\tau_{\text{еп}} = \frac{\lambda \cdot \arccos(\eta_0) \left(\frac{1}{1 - \eta} \right)}{2\pi c} \cdot \frac{c}{\text{км}}. \quad (1)$$

Выполненные теоретические расчеты [9], основу которых составили уравнения Максвелла, показали, что в точке расположения ВОК на опорах контактной сети в зависимости от наличия и расположения проводов ДПР значения индуцируемого напряжения находятся в пределах 9–12 кВ.

Если воспользоваться данными из вышеприведенных графиков (рис. 1, 2) и формулой (1), то можно рассчитать уширение импульсов для различных типов волоконных световодов. При этом для оптических волокон типа NZDSF расчеты выполнены на длине волны $\lambda = 1550$ нм, а для волокон типа SF на длине волны $\lambda = 1310$ нм при воздействии электрического поля, величина потенциала которого находится в пределах 9–12 кВ. Соответствующие результаты расчетов приведены в табл. 1, 2.

Таблица 1

Уширение импульсов в оптическом волокне типа NZDSF в зависимости от напряжения внешнего электрического поля

$\tau_{\text{еп}}$, пс/км	Напряжение внешнего электрического поля (кВ)				Среднее значение $\tau_{\text{еп}}$, пс/км
	9	10	11	12	
$\tau_{\text{еп}}$ (пс/км) при $\eta_0 = 0,21$	1,43	1,44	1,44	1,44	1,44
$\tau_{\text{еп}}$ (пс/км) при $\eta_0 = 0,29$	1,53	1,54	1,54	1,53	1,54
$\tau_{\text{еп}}$ (пс/км) при $\eta_0 = 0,32$	1,69	1,67	1,67	1,68	1,68
$\tau_{\text{еп}}$ (пс/км) при $\eta_0 = 0,61$	2,08	2,08	2,08	2,08	2,08
$\tau_{\text{еп}}$ (пс/км) при $\eta_0 = 0,68$	2,22	2,18	2,15	2,12	2,17

Таблица 2

Уширение импульсов в оптическом волокне типа SF в зависимости от напряжения внешнего электрического поля

$\tau_{\text{еп}}$, пс/км	Напряжение внешнего электрического поля (кВ)				Среднее значение $\tau_{\text{еп}}$, пс/км
	9	10	11	12	
$\tau_{\text{еп}}$ (пс/км) при $\eta_0 = 0,46$	1,39	1,40	1,40	1,41	1,40
$\tau_{\text{еп}}$ (пс/км) при $\eta_0 = 0,50$	1,41	1,43	1,46	1,49	1,44
$\tau_{\text{еп}}$ (пс/км) при $\eta_0 = 0,55$	1,43	1,43	1,46	1,49	1,45
$\tau_{\text{еп}}$ (пс/км) при $\eta_0 = 0,76$	2,66	2,59	2,52	2,46	2,56
$\tau_{\text{еп}}$ (пс/км) при $\eta_0 = 0,86$	3,72	3,55	3,39	3,13	3,45

Из результатов, приведенных в табл. 1, 2, следует, что *PMD* проявляется сильнее в волоконных световодах типа SF. Кроме того, независимо от типа волокна уширение импульсов возрастает с увеличением начальной эллиптичности.

Для исследования влияния магнитного поля на поляризационные явления в волоконном световоде была также разработана экспериментальная установка, структурная схема которой приведена в [10].

В ходе экспериментов было установлено, что в результате воздействия внешнего магнитного поля в волоконном световоде возникает эффект Фарадея, который проявляется в изменении угла поворота большой оси эллипса поляризованного излучения.

Угол поворота большой оси эллипса в волоконном световоде при воздействии внешнего магнитного поля подчиняется следующему эмпирическому закону [11]:

$$\theta = VHl, \quad (2)$$

где V – постоянная Верде;

H – напряженность внешнего магнитного поля;

l – длина световодной линии. Для кварцевого стекла, легированного окисью германия, на длине волны $\lambda = 1550$ нм постоянная Верде соответствует значению $V = 3,13 \cdot 10^{-5}$, град/А, а на длине волны $\lambda = 1310$ нм – $V = 2,51 \cdot 10^{-5}$, град/А.

Известно, что модуль абсолютной величины напряженности магнитного поля контактной сети в рассматриваемой области рассчитывается по формуле [12]:

$$H = \sqrt{H_y^2 + H_x^2}, \quad (3)$$

где H_x и H_y – горизонтальная и вертикальная составляющие магнитного поля, А/м.

Данные составляющие вблизи контактной сети переменного тока находятся по формулам:

$$\begin{aligned} H_x &= \frac{1}{2\pi} \sum_{i=1}^N I_i \frac{y - y_i}{(x_i - x)^2 + (y_i - y)^2}; \\ H_y &= \frac{1}{2\pi} \sum_{i=1}^N I_i \frac{x - x_i}{(x_i - x)^2 + (y_i - y)^2}, \end{aligned} \quad (4)$$

где I_i – величина тока контактной сети, А;

x, y – координаты рассматриваемой точки;

i – соответствующий элемент тяговой сети (контактный провод, несущий трос, рельсы).

Изменение угла поворота большой оси эллипса также влияет на фазовую скорость ортогональных составляющих электромагнитной волны, что приводит к уширению импульсов, распространяющихся по волоконному световоду. Связь между уширением импульсов в результате воздействия внешнего магнитного поля ($\tau_{\text{МП}}$) и углом поворота большой оси эллипса поляризованного излучения установлена посредством следующего соотношения [5]:

$$\tau_{\text{МП}} = \frac{\theta \cdot \lambda}{2\pi c}, \frac{\text{с}}{\text{км}}.$$

Задаваясь возможным значением в контактном проводе по формулам (3, 4), можно рассчитать соответствующее значение напряженности магнитного в точке подвеса ВОК, а затем по формуле (2) – угол поворота большой оси эллипса и соответственно уширение импульсов ($\tau_{\text{МП}}$), которое возникает в волоконных световодах в результате воздействия внешнего магнитного поля. Результаты вычислений приведены в табл. 3 и 4.

Таблица 3

**Уширение импульсов в оптическом волокне типа NZDSF в зависимости от тока
в контактном проводе**

	Ток в контактном проводе (А)						
	300	400	600	800	1000	1200	1500
$\tau_{\text{МП}}$, пс/км	1,13	1,50	2,25	3,00	3,75	4,50	5,63

Таблица 4

**Уширение импульсов в оптическом волокне типа SF в зависимости от тока
в контактном проводе**

	Ток в контактном проводе (А)						
	300	400	600	800	1000	1200	1500
$\tau_{\text{МП}}$, пс/км	0,57	0,76	1,13	1,51	1,89	2,27	2,84

Тогда уширение импульсов за счет суммарного действия электрического и магнитного полей определяется:

$$\tau_{\text{ЭМП}} = \sqrt{\tau_{\text{ЭП}}^2 + \tau_{\text{МП}}^2}. \quad (5)$$

По формуле (5) выполнены расчеты уширения импульсов в волоконных световодах типа NZDSF и SF за счет суммарного действия электрического и магнитного полей для соответствующих значений тока в контактном проводе, результаты которых приведены в табл. 5 и 6.

Таблица 5

**Уширение импульсов в оптическом волокне типа NZDSF
за счет действия электромагнитного поля**

$\tau_{\text{ЭП}}$, пс/км	Уширение импульсов $\tau_{\text{ЭМП}}$ за счет действия электромагнитного поля для соответствующих значений $\tau_{\text{МП}}$ (пс/км)						
	1,13	1,50	2,25	3,00	3,75	4,50	5,63
1,44	1,83	2,08	2,67	3,33	4,02	4,73	5,81
1,54	1,91	2,15	2,73	3,37	4,06	4,76	5,84
1,68	2,02	2,25	2,81	3,44	4,11	4,81	5,88
2,08	2,37	2,57	3,07	3,65	4,29	4,96	6,00
2,17	2,44	2,64	3,13	3,70	4,34	5,00	6,03

Таблица 6

**Уширение импульсов в оптическом волокне типа SF
за счет действия электромагнитного поля**

$\tau_{\text{ЭП}}$, пс/км	Уширение импульсов $\tau_{\text{ЭМП}}$ за счет действия электромагнитного поля для соответствующих значений $\tau_{\text{МП}}$ (пс/км)						
	0,33	0,44	0,66	0,88	1,10	1,32	1,65
1,40	1,51	1,59	1,80	2,06	2,35	2,67	3,16
1,44	1,55	1,63	1,83	2,09	2,38	2,69	3,18
1,45	1,56	1,64	1,84	2,10	2,38	2,69	3,19
2,56	2,62	2,67	2,80	2,97	3,18	3,42	3,82
3,45	3,50	3,53	3,63	3,77	3,93	4,13	4,47

В одномодовых волоконных световодах со смещенной ненулевой дисперсией (NZDSF) доминирует хроматическая дисперсия. В соответствии с рекомендациями МСЭ-Т для оптического волокна типа G.655 удельный коэффициент хроматической дисперсии ($D(\lambda)$) на длине волны $\lambda = 1550$ нм составляет 1–10 пс/нм·км [11].

Уширение импульсов при этом рассчитывается по формуле:

$$\tau_{\text{xp}} = \Delta\lambda \cdot D(\lambda),$$

где $\Delta\lambda$ – ширина спектра источника излучения.

Тогда уширение импульсов за счет действия электромагнитного поля с учетом хроматической дисперсии определится

$$\tau_{\Sigma} = \sqrt{\tau_{\text{эмп}}^2 + \tau_{\text{xp}}^2}.$$

Задаваясь значением ширины спектра источника излучения $\Delta\lambda = 1\text{ нм}$, уширение импульсов за счет действия хроматической дисперсии составит следующий диапазон $\tau_{\text{xp}} = 1 - 10\text{ пс/км}$.

Суммарное уширение импульсов за счет влияния электромагнитного поля и хроматической дисперсии целесообразно оценивать с учетом максимального воздействия электрического поля, которое наблюдается при значении начальной эллиптичности $\eta_0 = 0,68$, то есть $\tau_{\text{эмп}} = 2,17\text{ пс/км}$.

Результаты расчетов суммарного уширения импульсов в волоконном световоде типа NZDSF с учетом хроматической дисперсии для диапазона $\tau_{\text{xp}} = 1 - 6\text{ пс/км}$ и воздействия внешнего электромагнитного поля приведены в табл. 7.

Таблица 7

Суммарное уширение импульсов в волоконном световоде типа NZDSF

τ_{xp} , пс/км	Суммарное уширение импульсов τ_{Σ} в зависимости от $\tau_{\text{эмп}}$ (пс/км)						
	2,44	2,64	3,13	3,70	4,34	5,00	6,03
1,0	2,64	2,82	3,28	3,84	4,45	5,10	6,12
2,0	3,16	3,31	3,71	4,21	4,77	5,38	6,36
3,0	3,87	4,00	4,33	4,77	5,27	5,83	6,74
4,0	4,69	4,79	5,08	5,45	5,90	6,40	7,24
5,0	5,57	5,65	5,90	6,22	6,62	7,07	7,84
6,0	6,48	6,55	6,77	7,05	7,40	7,81	8,51

Дисперсия в волоконных световодах ограничивает дальность непосредственной связи и скорость передачи информации.

Длина регенерационного участка с учетом дисперсионных явлений рассчитывается по следующей формуле [12]:

$$l_p = \frac{0,25 \cdot 10^6}{\tau_{\Sigma} \cdot B}, \text{ км},$$

где B – скорость передачи информации, Мбит/с.

Расчет длины регенерационного участка, как правило, производится для наихудших возможных условий. В данном случае такими условиями являются значения суммарного уширения импульсов, которые наблюдаются при $\tau_{\text{эмп}} = 6,03\text{ пс/км}$. Результаты выполненных расчетов длины регенерационного участка для различной скорости передачи информации и волоконного световода типа NZDSF в зависимости от суммарного значения уширения импульсов приведены в табл. 8.

Таблица 8

Длина регенерационного участка с учетом суммарного уширения импульсов для ВС типа NZDSF

Скорость передачи информации, Мбит/с	Длина регенерационного участка (км) при соответствующим τ_{Σ} (пс/км)					
	6,12	6,36	6,74	7,24	7,84	8,51
155	264	254	239	223	206	190
622	66	63	60	56	51	47
2500	16	16	15	14	13	12
10000	4	4	4	3	3	3

Выходы

Исходя из выполненных экспериментальных и теоретических исследований, можно сделать следующие выводы.

1 Установлено, что в одномодовых оптических волокнах в результате воздействия внешнего электрического поля проявляется электрооптический эффект Керра, а под действием внешнего магнитного поля – магнитооптический эффект Фарадея.

2 Дисперсионные явления в одномодовых волоконных световодах различного типа за счет действия электромагнитного поля проявляются по-разному. Так уширение импульсов за счет действия внешнего электрического поля в волоконных световодах типа SF преобладает над аналогичным параметром в волоконных световодах с ненулевой смещенной дисперсией типа NZDSF, а за счет действия магнитного поля, наоборот, уширение импульсов в волоконных световодах с ненулевой смещенной дисперсией типа NZDSF преобладает над таким же параметром в волоконных световодах типа SF.

3 Исследование поляризационных явлений в одномодовых волоконных световодах со смещенной ненулевой дисперсией типа NZDSF показали, что суммарное уширение импульсов при воздействии внешнего электромагнитного поля становится настолько значительным, что оказывается соизмеримым с уширением импульсов за счет проявления хроматической дисперсии. Поэтому в расчетах длины регенерационного участка и пропускной способности волоконных световодов необходимо учитывать поляризационную модовую дисперсию, обусловленную воздействием внешнего электромагнитного поля.

4 Из анализа данных, приведенных в табл. 8, следует, что использовать оптические волокна типа NZDSF для аппаратуры синхронной цифровой иерархии, работающей на скорости свыше 622 Мбит/с из-за воздействия внешнего электромагнитного поля, является нецелесообразным.

Список литературы

1 Савин, Е. З. Воздействие внешних факторов на поляризационные явления в волоконных свето-водах / Е. З. Савин. – Хабаровск : Изд-во ДВГУПС, 2011. – 111 с. – ISBN 978-5-262-00576-5.

2 Войкусов, Т. С. Воздействие механических вибраций на поляризационные явления в оптических волокнах / Т. С. Войкусов, Е. З. Савин // Известия РАН. Серия физическая, 2006. – Т. 70, № 9. – С. 1306–1309. – ISSN 03676765.

3 Мильков, Ю. А. Влияние электромагнитного поля электрифицированных железных дорог на поляризационные явления в волоконном световоде / Ю. А. Мильков, Е. З. Савин // Инновационные технологии – транспорту и промышленности. Труды 45-й Международной научно-практической конференции, ДВГУПС. – Хабаровск, 2007. – С. 160–164. – ISBN 978-5-907295-29-2.

4 Мильков, Ю. А. Температурно-зависимые поляризационные явления в волоконных световодах / Ю. А. Мильков, Е. З. Савин // Информационные технологии в науке и образовании : материалы Всероссийской научно-практической конференции. – Хабаровск : Изд-во ДВГУПС, 2024. – С. 125–129. – ISBN 978-5-262-00965-7.

5 Савин, Е. З. Воздействие поля сверхвысоких частот на поляризационные явления в оптических волокнах / Е. З. Савин // Цифровые инфокоммуникационные технологии :

References

1 Savin, E. Z. Effect of external factors on polarization phenomena in optical fibers / E. Z. Savin. – Khabarovsk : DVGUPS Publishing House, 2011. – 111 p. – ISBN 978-5-262-00576-5.

2 Voikusov, T. S. Effect of mechanical vibrations on polarization phenomena in optical fibers / T. S. Voikusov, E. Z. Savin // Bulletin of the Russian Academy of Sciences. Physical Series, 2006. – Vol. 70, No. 9. – P. 1306–1309. – ISSN 03676765.

3 Milkov, Yu. A. Influence of the electromagnetic field of electrified railways on polarization phenomena in a fiber optic light guide / Yu. A. Milkov, E. Z. Savin // Innovative technologies for transport and industry. Proceedings of the 45th International scientific and practical conference, DVGUPS. – Khabarovsk, 2007. – P. 160–164. – ISBN 978-5-907295-29-2.

4 Milkov, Yu. A. Temperature-dependent polarization phenomena in fiber optic light guides / Yu. A. Milkov, E. Z. Savin // Information technologies in science and education : materials of the All-Russian scientific and practical conference. – Khabarovsk : DVGUPS Publishing house, 2024. – P. 125–129. – ISBN 978-5-262-00965-7.

5 Savin, E. Z. The impact of the microwave field on polarization phenomena in optical fibers / E. Z. Savin // Digital infocommunication technologies : collection of scientific papers / FSBEI HE

сборник научных трудов / ФГБОУ ВО РГУПС. – Ростов-на-Дону : РГУПС. – 2023. – С. 85–89. – ISBN 978-5-907295-29-2.

6 Гроднев, И. И. Волоконно-оптические линии связи / И. И. Гроднев. – Москва : Радио и связь, 1990. – 224 с. – ISBN 5-256-00395-X.

7 Мильков, Ю. А. Воздействие электрического поля на волоконно-оптический кабель, подвешенный на опорах контактной сети электрифицированной железной дороги / Ю. А. Мильков, Е. З. Савин // Транспорт АТР. – 2017. № 1 (10). – С. 17–19. – ISSN 2415-8658.

8 Савельев, И. В. Курс общей физики / И. В. Савельев // Волны. Оптика. – Санкт-Петербург : Лань, 2021. – 256 с. – ISBN 978-5-8114-1210-5.

9 Савин, Е. З. Совместное воздействие внешних факторов на подвесной волоконно-оптический кабель / Е. З. Савин, А. Н. Шевцов // Транспорт АТР. – 2023. – № 4 (37). – С. 94–100. – ISSN 2415-8658.

10 Савин, Е. З. Физические явления в волоконных световодах / Е. З. Савин. – Хабаровск : Изд-во ДВГУПС, 2005. – 139 с. – ISBN 5-262-00239-0.

11 Сивухин, Д. В. Общий курс физики / Д. В. Сивухин // Оптика. – Москва : Изд-во МФТИ, 2002. – 792 с. – ISBN 5-9221-0228-1.

12 Сидоров, А. И. Исследование энергетической нагрузки ЭМП вблизи контактной сети / А. И. Сидоров, А. Р. Закирова, А. Н. Горожанкин // Вестник ЮУрГУ. Серия «Энергетика». – 2024. – Т. 24, № 1. – С. 80–87. – ISSN 1990-8512 (Print). – ISSN 2409-1057 (Online).

13 Рекомендация МСЭ-Т G.655 (03/2006). Характеристики одномодового волоконно-оптического волокна и кабеля с ненулевым дисперсионным смещением, UID 11.1002/1000/10390.

14 Савин, Е. З. Волоконно-оптические кабели и пассивные компоненты ВОЛП / Е. З. Савин. – Москва : УМЦ ЖДТ, 2012. – 223 с. – ISBN 978-5-9994-0093-2.

RSTU. – Rostov-on-Don : RSTU. – 2023. – P. 85–89. – ISBN 978-5-907295-29-2.

6 Grodnev, I. I. Fiber-optic communication lines / I. I. Grodnev. – Moscow : Radio i svyaz, 1990. – 224 p. – ISBN 5-256-00395-X.

7 Milkov, Yu. A. Effect of an electric field on a fiber-optic cable suspended on supports of the contact network of an electrified railway / Yu. A. Milkov, E. Z. Savin // Pacific Rim countries transportation system. – 2017. No. 1 (10). – P. 17–19. – ISSN 2415-8658.

8 Savelyev, I. V. General physics course / I. V. Savelyev // Waves. Optics. – Saint Petersburg : Lan, 2021. – 256 p. – ISBN 978-5-8114-1210-5.

9 Savin, E. Z. Combined impact of external factors on suspended fiber-optic cable / E. Z. Savin, A. N. Shevtsov // Pacific Rim countries transportation system. – 2023. – No. 4 (37). – P. 94–100. – ISSN 2415-8658.

10 Savin, E. Z. Physical phenomena in fiber optics / E. Z. Savin. – Khabarovsk: Publishing house DVGUPS, 2005. – 139 p. – ISBN 5-262-00239-0.

11 Sivukhin, D. V. General course of physics / D. V. Sivukhin // Optics. – Moscow : Publishing house of Moscow Institute of Physics and Technology, 2002. – 792 p. – ISBN 5-9221-0228-1.

12 Sidorov, A. I. Study of the energy load of EMF near the contact network / A. I. Sidorov, A. R. Zakirova, A. N. Gorozhankin // Bulletin of South Ural State University. Series “Power Engineering”. – 2024. – Vol. 24, No. 1. – P. 80–87. – ISSN 1990-8512 (Print). – ISSN 2409-1057 (Online).

13 Recommendation ITU-T G.655 (03/2006). Characteristics of single-mode optical fiber and cable with non-zero dispersion shift, UID 11.1002/1000/10390.

14 Savin, E. Z. Fiber-optic cables and passive components of fiber-optic transmission lines / E. Z. Savin. – Moscow : UMC ZDT, 2012. – 223 p. – ISBN 978-5-9994-0093-2.

E. Z. Savin

IMPACT OF THE ELECTROMAGNETIC FIELD OF SINGLE-PHASE ALTERNATING CURRENT ELECTRIFIED RAILWAYS ON POLARIZATION PHENOMENA IN FIBER OPTIC LIGHT GUIDES

Abstract. It is shown that under the action of an external electric field in a single-mode fiber optic light guide the Kerr effect appears, and under the influence of a magnetic field – the Faraday effect. In this case there is a change in the ellipticity of polarized radiation and rotation of the large axis of the ellipse. The change in the specified parameters of polarized

radiation leads to an increase in polarization mode dispersion. An estimate of the total pulse broadening due to the effect of the electromagnetic field is made. The paper states that such pulse broadening together with pulse broadening due to chromatic dispersion causes a significant limitation of the length of the regeneration section and a decrease in the throughput of fiber optic light guides.

Keywords: electromagnetic field, fiber optic light guide, Kerr effect, Faraday effect, the length of regeneration section, information transmission rate.

For citation: Savin, E. Z. Impact of the electromagnetic field of single-phase alternating current electrified railways on polarization phenomena in fiber optic light guides / E. Z. Savin // Vestnik Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putej Soobshcheniya. – 2025. – No. 2. – P. 19–27. – DOI 10.46973/0201-727X_2025_2_19.

Сведения об авторах

Савин Евгений Зиновьевич

Дальневосточный государственный
университет путей сообщения (ДВГУПС),
кафедра «Автоматика, телемеханика и связь»,
кандидат технических наук, профессор,
e-mail: ev.savin.49@mail.ru

Information about the authors

Savin Evgeniy Zinovievich

Far Eastern State Transport University (FESTU),
Chair “Automation, Telemechanics and
Communications”,
Candidate of Engineering Sciences, Professor,
e-mail: ev.savin.49@mail.ru