

ОСОБЕНОСТИ ПРИ ПРОЕКТИРАНЕ И ИЗГРАЖДАНЕ НА ОПТИЧНИ МРЕЖИ В ЖЕЛЕЗОПЪТНИЯ ТРАНСПОРТ

Емилия Димитрова, Божидар Розев
edimitrova@bitex.bg

*Висше транспортно училище „Тодор Каблешков“
1574 София, ул. „Гео Милев“ № 158
БЪЛГАРИЯ*

***Ключови думи:** оптични мрежи, железопътен транспорт, проектиране, изграждане*

***Резюме:** Основна цел на новоизградена телекомуникационна система е да задоволи повишените изисквания на железопътния транспорт за обслужване на влаковете в съответствие с ERTMS/ETCS. Оптичните кабели могат да удовлетворят тези изисквания и предлагат редица предимства в сравнение с медните коаксиални кабели: предоставят възможност за пренос на големи пакети от данни с чувствително по-ниски загуби на несравнимо по-дълги разстояния; цената им е значително по-ниска, а същевременно са по-леки; реално са освободени от външни смущения; увеличава се надеждността и сигурността на оптичната линия, намалява се рискът при експлоатация, което означава, че разходите за полагане и бъдещи проблеми по линията намаляват значително. В доклада са представени правила при проектирането на оптични мрежи. Показани са особености за изграждане и полагане на подземни оптични кабелни линии в участъци без канална мрежа, както и при изграждане на въздушни оптични кабелни линии. Разгледани са изискванията при встъпване от трасето към гарите в телекомуникационен възел посредством сървърни помещения, представени са етапите на пускане на линията в експлоатация и необходимите измервания и рефлектограми. Тези особености са неразделна част от изискванията за реализирането и изграждането на оптичната линия.*

ВЪВЕДЕНИЕ

За около 20 години оптичната мрежа е претърпяла огромно развитие, като в момента оптичните линии в България са около 10000 км. С развитието на технологиите и в съответствие с ERTMS/ETCS се повишават и изискванията към комуникационните услуги на железопътния трафик. Това доказва необходимостта от изграждане на оптични линии и използването на по-модерна технология в железопътния транспорт. Налага се използването на оптична свързаност, която гарантира по-високи скорости и производителност на линията и се създава по-добра комуникация между потребителите. В доклада се разглеждат особеностите при проектирането на оптични мрежи за жп транспорт – взема се решение за вида на полагането на кабела (подземно или въздушно), избира се типът на оптичния кабел, използваните муфи и други специфични особености. След трасиране на линията, съгласуване и одобряване на проекта съгласно

номиналните изисквания на оптичната линия в железопътния участък, следва да се предвидят дълбочината на изкопа или максималното разстояние между две поддържащи точки, като при големи разстояния трябва да се предвиждат допълнителни стълбове или подземно преминаване.

След инсталирането на оптичната линия се пристъпва към измервания от началната и крайната точка с необходимата апаратура. Пресмятат се затихванията по трасето и ако са в допустимите норми, оптичната линия се пуска в експлоатация.

ИЗГРАЖДАНЕ НА СЪРВЪРНО ПОМЕЩЕНИЕ В ЖП ГАРА

След като е подаден проект за изграждане на оптична линия, следва да бъде изградено помещение във всяка една от гарите, като размерите могат да варират според изискванията. Задължително изискване е оптичният кабел до сървърното помещение да бъде кабел за вътрешно полагане. Това се постига с оптична муфа, която е разположена в удобно място извън гарата (фиг. 1-а). Следователно, кабелът по дължината на трасето се сплайсва с кабела от сървърното помещение. Необходимо да се изберат подходящи кабели, шкафове в сървърни помещения на гарите (RACK – фиг. 1-б), оптични разпределителни пач панели (ODF – система - оптична кутия, в която се сплайсва станционния кабел), конектори и др. (фиг. 2) [1, 2]



а) б) Фиг. 1-а) Оптична муфа с кабел G652и кабел за вътрешно полагане ; б) Optical RACK



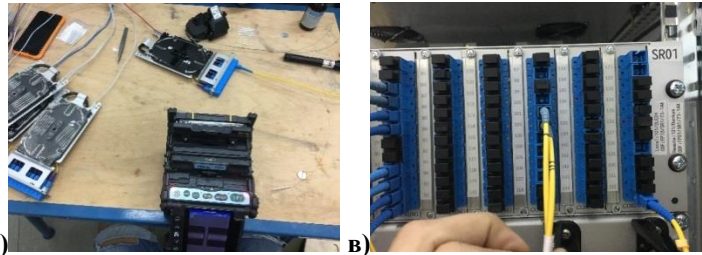
а) б) в) г) Фиг. 2-а) ODF-19"; б) кабел G652; в) кабел за вътрешно полагане ; г) конектор SC/UPC

В помещението се монтира UPS система и климатизация (температурата не трябва да надвишава 18°C) [1, 3]. След това се пристъпва към изграждането на RACK системата (Фиг. 1-б) – шкаф, в който се монтират и обезопасяват всички ODF и конектори. Според изискванията влакната се сплайсват по стандарти, за да се избегнат по нататъжни проблеми по цялото трасе (фиг. 3). На лицевата част на ODF са монтирани конектори, с помощта на които се свързват помежду си различни точки.

ПРОЕКТИРАНЕ НА ВЪЗДУШНИ ОПТИЧНИ КАБЕЛНИ ЛИНИИ (ВОКСЛ)

Трасето на линията, местоположението и конструктивното изпълнение на опорните точки се определя от задание и проект за ВОКСЛ. Специално внимание се отделя на проектните решения при пресичания с инженерни съоръжения, участъци с голяма денивелация и тежки теренни условия.

Fibre or group	Fin2012	ANSI/TIA 598-C	DIN/VDE 08888
	Color in English (IEC 60304)	Color in English (ANSI/TIA)	Color in English (IEC 60304)
1	Blue BU	Blue BL	Red RD
2	White WH	Orange OR	Green GN
3	Yellow YE	Green GR	Blue BU
4	Green GN	Brown BR	Yellow YE
5	Grey GY	Slate SL	White WH
6	Orange OG	White WH	Grey GY
7	Brown BN	Red RD	Brown BN
8	Turquoise TQ	Black BK	Violet VT
9	Black BK	Yellow YL	Turquoise TQ
10	Violet VT	Violet VI	Black BK
11	Pink PK	Rose RS	Orange OG
12	Red RD	Aqua AQ	Pink PK



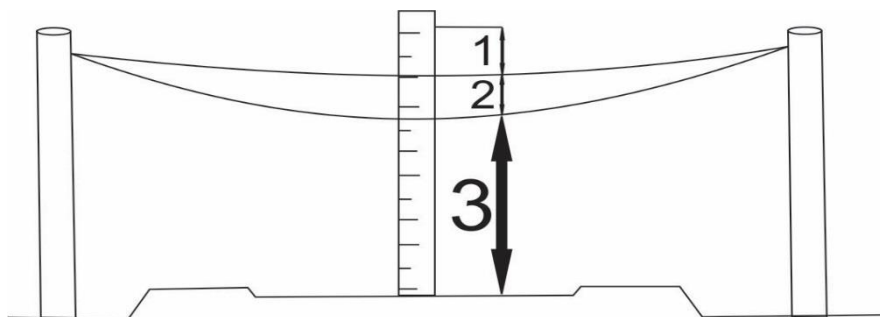
Фиг. 3-а) Стандарти за сплайсване по цветови код; б) сплайсване на касетки от ODF; в) ODF

При избор на трасе трябва да се спазват следните изисквания:

- избраната дължина на междостълбието трябва да се спазва еднаква по протежението на цялото трасе с изключение на ситуации, при които изчисленията и теренът не позволява това:

- до 20 m при надземно довеждане до сграда;
- до 35 m при кръстовища на шосета или пътища с автомобилен трафик;
- разстоянието от повърхността на земята до най-виоката точка на въздушната линия не трябва да надвишава 8 m.

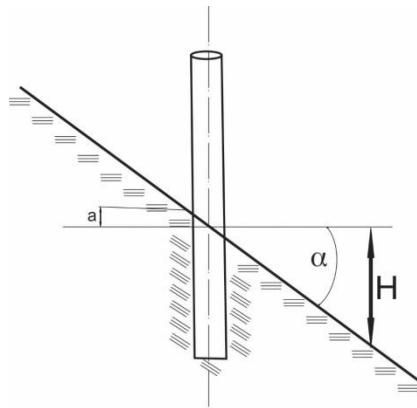
Преди започване на изграждането на ВОКСЛ, по трасето се поставят реперни знаци с означения, съответстващи на проекта. Изкопните работи за монтаж на стълбове се извършва ръчно или машинно, според конкретните условия [4, 5]. Забранява се работата със земекопни машини на разстояние, по-малко от 0,5 m от съществуващи подземни съоръжения. За изграждане на ВОКСЛ се използват дървени, стоманени или метални стълбове, които трябва да отговарят на изискванията за материалите, посочени в [2]. Дължините на стълбовете трябва да се избират, така че да се спазват предписаните минимални увеличения на провеса в зависимост от климатичните условия и теглото на кабела за всеки конкретен случай (фиг. 4).



Фиг. 4 Допустим провес на оптичен кабел: 1-минимален провес (при изтегляне); 2-провес при високи температури или натоварвания; 3-минимална височина до повърхността на терена

При монтаж на стълбове в скосени участъци и такива, подложени на странична ерозия (ъгъл на скосяване $\alpha < 45^\circ$), дълбочината на заравяне „Н” трябва да се увеличи с размер „а“ в зависимост от наклона (фиг. 5). Размерът „а“ трябва да бъде 15 - 30 cm.

При сближения и пресичания на ВОКСЛ с електрифицирани ж.п. линии преходните стълбове трябва да бъдат на разстояние по хоризонтала не по-малко от 15 m, считано от най-близко стоящия контактен проводник или външната линия на стълбовете, носещи контактната ж.п. мрежа на гаровите райони. Разстоянията между оптичен кабел и контактен проводник на електрифицирана ж.п. линия трябва да не е по-малка от 10 m. В гаровите райони това разстояние се отчита от външната контурна линия на

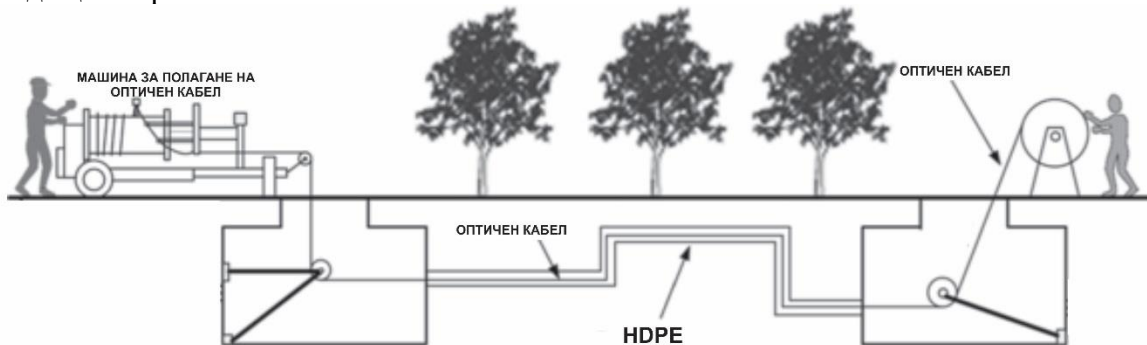


Фиг. 5 Монтаж на стълбове в специфични участъци

крайните стълбове, носещи контактната мрежа. Пресичането на ВОКСЛ с електрифицирани ж.п. линии и контактна мрежа се извършва само с подземна кабелна вставка.

ИЗГРАЖДАНЕ НА ПОДЗЕМНИ ОПТИЧНИ КАБЕЛНИ ЛИНИИ БЕЗ КАНАЛНА МРЕЖА

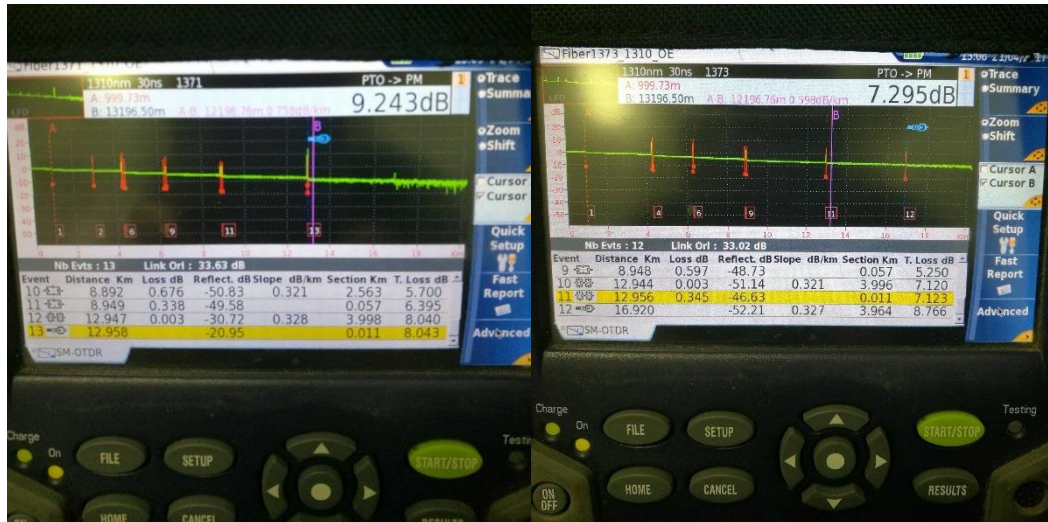
Точното място на кабелното трасе се определя от службите, поддържащи селищните и извънселищните мрежи, като се спазват всички изисквания относно доближаването или пресичането с други кабели, водопроводи и други съоръжения. След изкопните работи (ръчно или машинно в зависимост от трасето) се полага в защитна тръба HDPE оптичният кабел (фиг. 6). В повечето случаи дължината на положения кабел е около 2 km, за връзка се монтират съединителни муфи в защитна кутия (пластмасова шахта), която ги предпазва от външни въздействия. Във всяка предпазна кутия се остава технологичен аванс, около 30 m, който да се използва при бъдещи аварии.



Фиг. 6 Полагане на подземен оптичен кабел

ИЗМЕРВАНЕ НА ОПТИЧНАТА ЛИНИЯ И ПРОТОКОЛИ

Протоколите съдържат три части: първата се състои от визуална проверка на оптичната кабелна линия - за всяка инспектирана линия задължително се попълва по един протокол. Втората част включва визуална проверка в сървърните помещения на гарите. Само след подписването и на двата протокола може да се пристъпи към извършване на оптични измервания за общото затихване по отделни оптични влакна за оптичното затихване на съединителните муфи и на загубите от обратното отражение на оптичните съединители. Допустимите затихвания са систематизирани в табл. 1. В протоколите за направените оптични измервания се включват задължително копия, съдържащи записи на рефлектограмите на влакната от оптичната линия. Измерванията се извършват на всяко едно от оптичните влакна, изграждащо оптична връзка от ODF А до ODF Б, при $\lambda=1310$ и $\lambda=1550$ nm (фиг. 7). Примерен протокол е показан на фиг. 8.



Фиг. 7 Рефлектограми

Максималното оптично затихване се определя в зависимост от дължината на оптичната линия L , броя на сплайсванията N и на оптичните съединители n (вж. фиг.8):

$$(1) \quad a_{\max} = \alpha \cdot L + a_s \cdot N + a_c \cdot n, \text{ dB}$$

Табл. 1 Максимално допустима стойност на оптичното затихване

Елемент и параметър	Дължина на вълната	Средна стойност	Максимална стойност
Оптично влакно – коефициент на затихване	1310 nm	0.32 dB/km	0.35 dB/km
Оптично влакно – коефициент на затихване	1550 nm	0.19 dB/km	0.25 dB/km
Заварка на оптично влакно-затихване	***	0.10 dB	0.15 dB
Заварка на оптично влакно – от рефлектограмата	***	0.10 dB	0.20 dB
Оптичен съединител SC LC UPC - затихване	***	0.25 dB	0.5 dB
Оптичен съединител SC LC APC - затихване	***	0.30 dB	0.45 dB

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Оптичните кабели имат редица предимства пред стандартните медни коаксиални кабели: могат да пренасят по-големи пакети от данни с чувствително по-ниски загуби, разстоянията за пренос са несравнимо по-дълги, има нисък риск от корозия и реално са освободени от външни смущения. Оптичният кабел е значително по-малък и по-лек от електрическия със същото предназначение и е по-евтин от меден кабел със същия преносен капацитет. Това означава, че разходите за полагането на оптичния кабел значително се намаляват, увеличава се сигурността и надеждността на линията, намалява риска при експлоатацията на железопътния транспорт.

Фирма Изпълнител

ПРОТОКОЛ

от измерване на общото затихване на оптична кабелна линия

Оптична кабелна линия:	лист:	общо листа:
краен пункт А :	дата:	
краен пункт В :	означение на кабела:	
тип на кабела:	тип на оптичните съединители:	

Максимално допустима стойност на оптичното затихване

$$a_{\max} = \alpha \cdot L + a_s \cdot N + a_c \cdot n, \text{ dB}$$

a_{\max} - Максимално допустима стойност на оптичното затихване, dB

Параметър	$\lambda=1310 \text{ nm}$	$\lambda=1550 \text{ nm}$
α , dB/km километричен коефициент на затихване	0.40	0.25
L, km дължина на оптичната линията		
a_s , dB максимално средно внесено затихване от заварка	0.10	0.10
N брой на оптичните заварки		
a_c , dB максимално средно внесено затихване от съединител	0.50	0.50
n брой на оптичните съединители		

Измерени стойности на оптичното затихване (dB)

Дължина на вълната $\lambda=1310\text{nm}$				Дължина на вълната $\lambda = 1550\text{nm}$			
Влакно No	А към В	В към А	Разлика	Влакно No	А към В	В към А	Разлика
Макс. Стойност				Макс. стойност			

Измервателна апаратура

Вид	Производител	Модел	Фабр. No	Калибриран до
Източник				
Измерител				

Извършили измерването: 1. _____ 2. _____
Дата: /...../ /...../
За Изпълнителя: _____ За Инвеститора: _____
Дата: /...../ Дата: /...../

Фиг. 8 Примерен протокол за измерване на оптична линия

ЛИТЕРАТУРА:

- [1] Рабов С., Л. Христов, Оптични комуникации, Нови знания, 1999
- [2] Инструкция за изграждане на оптична линия, 2015
- [3] Димитров В., Г. Неджиб, Система за осигуряване на резервно електрозахранване на бизнес сграда, Годишник на ТУ – София, т.68, кн.1, 2018, стр. 339-344
- [4] Правилник по безопасността на труда при работа по въздушни и кабелни оптични линии Д-06-001, 2014
- [5] Сборник с инструкции за здравословни и безопасни условия на труд при работа в далекосъобщителни обекти, 2004

FEATURES IN THE DESIGN AND CONSTRUCTION OF OPTICAL NETWORKS IN RAILWAY TRANSPORT

Emiliya Dimitrova, Bozhidar Rozev

edimitrova@bitex.bg

*Todor Kableshkov University of Transport – Sofia
158 Geo Milev Str., Sofia 1574
BULGARIA*

Key words: *Optical Networks, Rail Transport, Design, Construction*

Abstract: *The main purpose of a newly built telecommunication system is to meet the increased requirements of rail transport to service trains in accordance with ERTMS / ETCS. Optical cables can meet these requirements and offer a number of advantages over copper coaxial cables: they provide the ability to transfer large data packets with significantly lower losses over unmatched long distances; their price is significantly lower and at the same time they are lighter; they are actually free from external disturbances; the reliability and security of the optical line are increased, the risk during operation is reduced, which means that the cost of laying and future problems on the line decrease significantly. The report presents rules for the design of optical networks. Particular features for the construction and laying of underground optical cable lines in non-grid sections, as well as for the construction of aerial optical cable lines are shown. The requirements for entering the route to the stations in a telecommunication unit through server premises are considered, the stages of commissioning of the line and the necessary measurements and reflexes are presented. These features are an integral part of the requirements for the realization and construction of the optical line.*