

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

**ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И
РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ
(ТУСУР)**

Кафедра сверхвысокочастотной и квантовой радиотехники
(СВЧиКР)

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой СВЧ и КР

_____ С.Н. Шарангович

“ ____ ” _____ 2019 г.

СВАРКА ОПТИЧЕСКОГО ВОЛОКНА

Методические указания к лабораторной работе для бакалавров направления подготовки

11.03.02 – Инфокоммуникационные технологии и системы связи, дисциплины:

«Проектирование, строительство и эксплуатация ВОЛС»

Разработчики:

доцент каф. СВЧ и КР

_____ А. С. Перин

магистрант группы 158-М

_____ С. Б. Зыль

Томск 2019

Оглавление

1 Введение	3
2 Теоретическая часть	3
3 Описание оборудования.....	6
4 Порядок выполнения работы	10
5 Содержание отчета	14
6 Контрольные вопросы.....	14
Рекомендуемая литература	14

1 Введение

Цель работы: Изучение автоматического сварочного аппарата FiberFox Mini 4S. Выполнение сварных соединений оптических волокон.

2 Теоретическая часть

Одной из важнейших операций при монтаже ВОЛС, определяющих параметры и качество ВОЛС, является операция сращивания волокон оптических кабелей. В настоящее время для сращивания ОВ используется два способа соединения: разъёмные и неразъёмные. Неразъёмные соединения ОВ осуществляются методом сварки и с помощью механических соединителей.

Соединение ОВ с помощью сварки — наиболее распространённый метод, применяемый на линиях связи. Сваривание ОВ производится путем нагрева их до расплавления с помощью электрической дуги, газовой горелки или лазерного излучения.

Сварка ОВ при помощи газовой горелки позволяет получить соединения, отличающиеся высокой механической прочностью. Но этот метод не позволяет добиться точной юстировки, даже незначительное смещение центров волокон приводит к увеличению потерь, поэтому применяется в основном при монтаже многомодовых оптических кабелей. А поскольку большее применение получают одномодовые каналы, то этот способ соединения оптоволокна используется все реже.

Сварка ОВ в поле электрического разряда выполняется с помощью специального сварочного аппарата за счет нагрева (сваривания) оптических волокон электрическим разрядом (электрической дугой). Недостатком этого метода является то, что современные аппараты, применяемые для сварки, стоят очень дорого.

Сварка ОВ с помощью лазера: на лазерный луч не влияют магнитные поля, это обеспечивает высокое качество сварочного шва и значительное снижение размеров вносимых потерь (0,05 дБ и менее). По причине высокой стоимости оборудования и больших размеров сварочных аппаратов данный метод применяется только при создании высокоскоростных ВОЛС.

Классификация сварочных приборов:

Аппараты для сварки оптических волокон — это высокотехнологичные устройства, задача которых заключается в автоматизации комплекса работ — от совмещения торцов волокна до защиты соединения. Современный аппарат для сварки оптических волокон позволяет сращивать волокна всех известных типов:

- одномодовые (G.652 (G.652D), G.657 (G.657A));

- многомодовые (G.651);
- со смещенной областью дисперсии (G.653);
- со смещенной ненулевой дисперсией (G.655).

Сварочные аппараты оснащены цветным жидкокристаллическим (ЖК) дисплеем, который позволяет визуально контролировать все этапы сварки оптических волокон. Благодаря встроенным в аппарат видеокамерам оператор может наблюдать за процессом с помощью цветного экрана и полностью контролировать процессы юстировки, стыковки и сварки оптических волокон. Применение в сварочных аппаратах видеосистемы позволяет перед началом сварки визуально контролировать результат центрирования, тип сердцевин, качество торцов и микрозагрязнения свариваемых оптических волокон, а по окончании сварки оценить качество свариваемых соединений. Кроме того, ряд сварочных аппаратов представляет в цифровом виде значение угла скола и сдвиге осей оболочек (сердцевин) волокон до и после сварки, а также расчетное значение потерь в месте сварки. Устройство имеет понятное и удобное меню. Такие аппараты для сварки оптоволокон содержат программы управления сварочным процессом как для основных типов выпускаемых ОВ, так и для оптических волокон специальных типов, а также предусматривают возможность установить дополнительно собственную индивидуальную программу сварки оптоволокон.

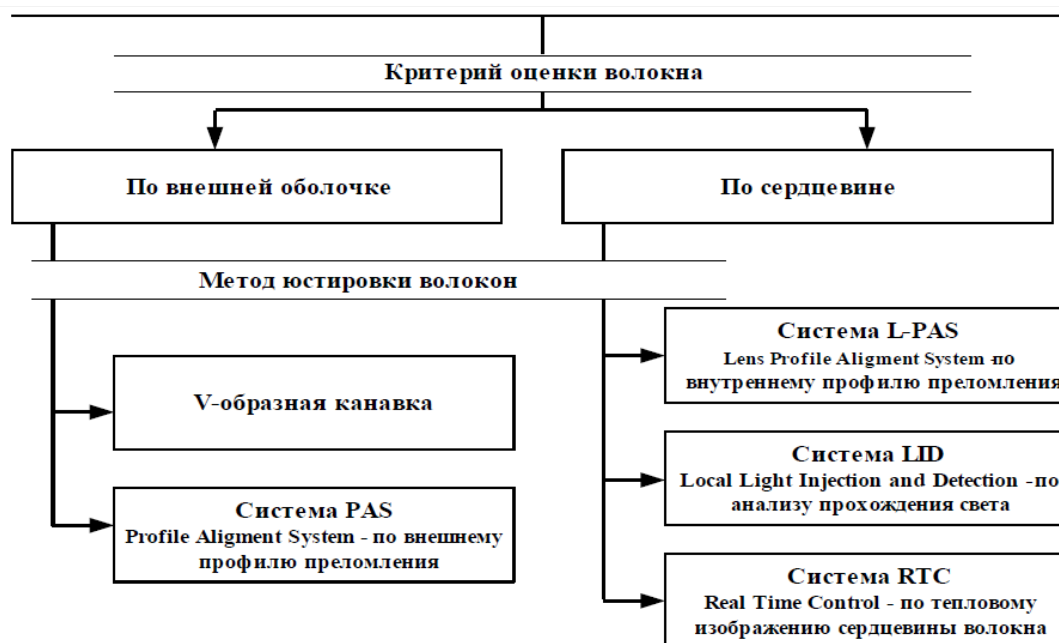


Рисунок 1 — Классификация сварочных приборов

В автоматических сварочных аппаратах выравнивание волокон может выполняться по оболочке с их центрированием в V-образном пазу, а также по сердцевине: по профилю преломления волокна (Profile Alignment System, PAS) или максимизацией передаваемого

через выравниваемые волокна сигнала (Local Injection and Detection, LID). Данная классификация представлена на рисунке 1.

Юстировка по оболочке ОВ является пассивным видом, осуществляемым с помощью V-образных направляющих, которые фиксируют концы сращиваемых ОВ. Данный вид юстировки используется преимущественно для сварки оптоволокон на городских и локальных сетях, где высоких требований к вносимым сварным соединением потерям не предъявляется.

Система LID. Принцип работы: оптический сигнал вводится через оболочку (за счет изгиба оптоволокон) одного из сращиваемых ОВ, а принимается – через оболочку другого сращиваемого ОВ. Затем происходит обработка оптического сигнала микропроцессором с последующей отработкой сигналов управления микропроцессора с помощью исполнительных устройств.

Для ввода и вывода сигналов используются изгибные ответвители. Недостаток такого подхода состоит в том, что метод LID допускает работу не со всеми типами одномодовых световодов, не позволяя применять автоматику к волокнам в буферном покрытии 0,9 мм, а использование изгибного ответвителя увеличивает риск возникновения скрытых дефектов в световоде. Однако этот метод позволяет решить проблему, связанную с тем, что силы поверхностного натяжения стремятся совместить оси оболочек, и, следовательно, развести (при наличии в волокнах эксцентриситета) оси сердцевины волокон. Как результат — дополнительные потери на шве. Поэтому при данном методе предусмотрена коррекция эксцентриситета. Оси волокон предварительно разводятся на такое расстояние, на которое, согласно компьютерному расчету, надо развести оси сердцевины волокон так, чтобы силы поверхностного натяжения совместили их при сварке.

Система PAS. В большинстве аппаратов применяется система выравнивания волокон по изображению в параллельном пучке света PAS-система.

При таком методе юстировки волокна освещаются сбоку параллельным пучком света так, что из-за разницы показателей преломления оболочка и сердцевина фокусируют свет, действуя как цилиндрические линзы. При этом формируется изображение, на котором видны границы сердцевины и оболочки волокна, что позволяет определить эксцентриситет в каждом из волокон.

Анализ изображения линии, выполняемый с помощью телекамеры и встроенного контроллера сварочного аппарата, позволяет осуществить юстировку световодов. Одновременно контроллер системы управления аппарата оценивает качество скола торцевой поверхности волокон и в случае выявления каких-либо дефектов прекращает

процесс сварки. Она используется и для грубой юстировки, и для тонкой подстройки волокон.

Схема центрирования по внешнему излучению (PAS метод). Для быстрого перехода от одного режима сварки к другому во всех автоматических сварочных аппаратах встроены программы сварки стандартных оптических волокон. Для задания иного режима предусмотрено запоминание установленных параметров, которые затем доступны при сварке аналогичных волокон, что естественно ускоряет проведение сварочных работ.

В современных сварочных аппаратах управление процессом сварки производится с учетом контролируемых параметров внешней среды (влажность, температура, атмосферное давление и др.).

Факторы, оказывающие влияние на процесс сварки

Существует множество факторов влияющих на процесс сварки:

- самоцентрирование (влияние сил поверхностного натяжения расплава стекла);
- эксцентриситет сердцевины оптоволокна;
- качество поверхности торцов ОВ;
- качество подготовки оптоволокна (наличие/отсутствие микротрещин);
- чистота V-образных ложементов ОВ (отсутствие загрязнений);
- термические характеристики оптоволокна;
- качество электродов.

В процессе изготовления оптических волокон имеют место некоторые отклонения от их номинальных размеров. Допускаемое отклонение составляет всего лишь тысячные доли миллиметра, но и такие отличия могут повлиять на потери сростка ОВ. В целом влияние на величину потерь, вносимых сростком оптоволокна, оказывают как отличия в геометрических характеристиках оптического волокна, так и погрешности его юстировки и монтажа.

3 Описание оборудования

Комплект инструментов для разделки ВОК:

Для разделки кабеля, как и для сварки, требуется ряд специфических инструментов, в соответствии с рисунком 2. Примером является чемодан с инструментами «FIS F10053».



Рисунок 2 — Комплект инструментов и приборов FIS-F1-0053

Комплектация набора инструментов FIS-F1-0053:

1. Изоляционная лента ПВХ (F1-0008)
2. Стриппер буферного слоя, оптический (F1-1301Т)
3. Устройство для чистки оптических коннекторов (F1-7020-С)
4. Ножницы для резки кевлара (F1-KS1)
5. Стриппер для снятия защитной оболочки 0.4 - 1.3 мм. (F1-0016)
6. Стриппер прищепка для продольного и поперечного реза модуля до 3.2 мм (F1-0017)
7. Стриппер с крюком для снятия внешней изоляции кабеля 4.5 - 28.5 мм. (МК02)
8. Кусачки-бокореzy 152 мм (200038)
9. Палочки для чистки оптических портов 2.5 мм. FC/SC/ST, 50 шт. (F1-0005)
10. Безворсовые салфетки, упаковка 280 шт. (F1-6705)
11. Нож (F1-0023)
12. Пинцет (F1-0019)
13. Длинногубцы (100021)
14. Проволочки для удаления обломков волокна из сердцевины коннекторов (F1-8265К)
15. Отвертка универсальная с 4 насадками (F1-0027)
16. Маркер черный (F1-9104)
17. Защитные очки (F1-1S13390С)

18. Подложка - коврик, черная (F1-0024)
19. Контейнер для сбора остатков сколотых волокон (F1-8327)
20. Линейка (RMC-6)
21. Рулетка (измерительная лента) (F1-8273)
22. Гаечный ключ-отвертка 1/2" (1UG30)
23. Маркировочные этикетки, 3 уп. (P50KIT)
24. Прочный кейс для транспортировки (F10053EY)
25. Термоусадочные защитные трубки КДЗС (F1-1002С)
26. Защитная фуркационная трубка 3 мм, 1 м. (F00FR3RO)
27. Защитная фуркационная трубка 900 мкм, 1 м. (F00FR900HW)

Комплект оборудования для сварки:

Автоматический сварочный аппарат Mini-4S - это современное оборудование корейской компании FiberFox, предназначен для сварного соединения оптических одномодовых и многомодовых волокон. Прибор оснащен механизмом сведения волокон по технологии DAA (Digitalized Active Alignment), системой точного мониторинга потерь и режимом автоматической калибровки дуги.



Рисунок 3 — Автоматический сварочный аппарат Mini-4S

Стандартная комплектация приведена в таблице 1

Таблица 1

Наименование	Количество
Сварочный аппарат Mini-4S	1 шт.
Скальватель Mini 50G	1 шт
Сетевой шнур	1 шт.
Зарядное устройство	1 шт.
Аккумуляторная батарея	2 шт.
Автомобильное зарядное устройство	1 шт.
Запасные электроды	1 пара.
Лоток для охлаждения КДЗС	1 шт.
Держатели для волокна	1 пара.
Универсальный прижим для SOC	1 шт.
Прижим к печке для SOC	1 шт.
CD - диск	1 шт.
USB кабель	1 шт.
Жесткий кейс для переноски	1 шт

На рисунках 4,5 представлен внешний вид сварочного аппарата.

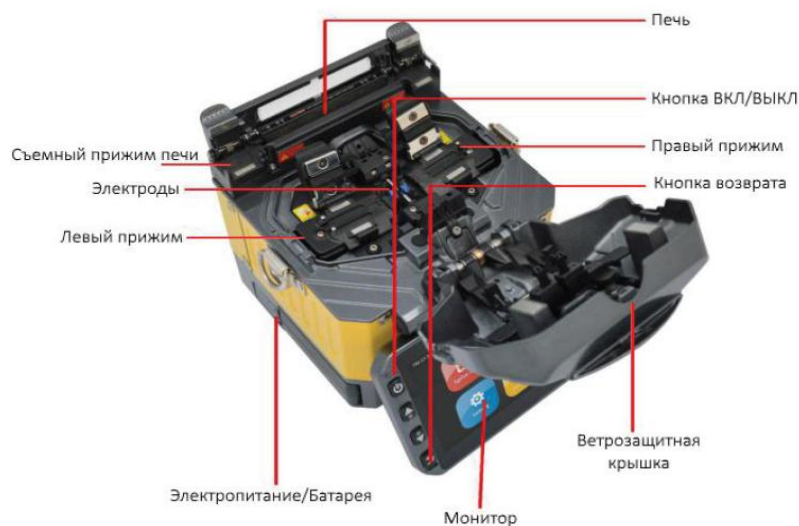


Рисунок 4 - Детали сварочного аппарата



Рисунок 5 - Детали сварочного аппарата

4 Порядок выполнения работы

Подготовка оптического кабеля:

1) Если кабель длительный промежуток времени находился в условиях сырости либо его торец не был гидроизолирован, то, если позволяет запас, с помощью ножовки нужно отрезать приблизительно 1 м данного кабеля. Это обусловлено тем, что продолжительное воздействие влаги оказывает отрицательное влияние на оптические волокна (могут помутнеть), а также на иные элементы кабеля.

2) Если в конструкцию кабеля входит трос для подвески (такой кабель в поперечном сечении выглядит в форме цифры «8»: нижняя часть – кабель, верхняя – трос), то его выкусывают кусачками-бокорежами и срезают ножом.

Важно! В момент срезания троса не повредите кабель!

3) Внешнюю оболочку кабеля снимают соответствующим стриппером. С его помощью делается круговой разрез на оптическом кабеле, а от него затем – параллельно два разреза с противоположных сторон кабеля в сторону его конца, чтобы внешняя кабельная оболочки распалась на две половинки.



Рисунок 6 — Снятие внешней оболочки кабеля ножом-стриппером

Важно! Перед разделкой кабелей, в том числе разных марок, важна правильная регулировка длины лезвия стриппера. Если лезвие будет слишком коротким, то внешняя оболочка кабеля на две половинки легко не распадется. Если же лезвие будет слишком длинным, то есть опасность повреждения модулей в кабеле или затупления лезвия о металлическую броню.

4) В случае разделки самонесущего кабеля с кевларом, последний срезают кусачками-бокорезами или специальными ножницами с керамическими лезвиями. Это обусловлено тем, что кевлар довольно быстро затупляет металлические лезвия.

Кабель для прокладки в телефонной канализации, имеющий в качестве брони только металлическую гофру, можно продольно разрезать с помощью специального инструмента – ножа, но делать это нужно очень аккуратно. В случае если кабельная броня состоит из круглых проволок, их целесообразно откусывать с помощью кусачек небольшими партиями от 2 до 4 проволок.

5) Для снятия внутренней тонкой оболочки, которая есть в некоторых кабелях, используется отдельный стриппер с правильно выставленной длиной лезвия. Эта длина будет меньше, чем в ноже для снятия внешней кабельной оболочки, так как данная внутренняя оболочка значительно тоньше и, кроме того, под ней расположены уже сами модули с оптическими волокнами.

6) С помощью салфеток и жидкости для удаления гидрофобного заполнителя удаляются нитки, пластмассовая пленка, другие вспомогательные элементы. Гидрофоб удаляется растворителем. Это токсичная жидкость, которая при отсутствии перчаток и попадании на руки тяжело с них смывается. А ведь для последующей операции по сварке волокон требуется чистота рук и рабочего места. Поэтому пользоваться растворителем рекомендуется в перчатках. Удалив нитки и разделив жгут модулей на отдельные модули, нужно каждый из них протереть салфеткой либо ветошью, а затем также спиртом до чистого состояния.

7) Стриппером для модулей каждый модуль на нужной длине надкусывается, после чего он легко стягивается с волокон. Модули-пустышки выкусываются под корень, главное быть точно уверенным, что в них нет волокон.

Важно! Важным является правильный выбор диаметра выемки для надкусывания модуля: при выемке большего диаметра модуль не надкусится до состояния, в котором его будет легко снять; при выемке меньшего диаметра существует риск повреждения находящихся в модуле волокон. Также в момент надкусывания одного из модулей активной помехой будут другие модули, которые нужно придерживать рукой. В связи с этим рекомендуется, при наличии возможности, разделку производить вдвоем. Если кабель имеет один модуль в виде жесткой пластиковой трубки, то для нормального снятия такого модуля нужно надрезать его по кругу с помощью маленького трубореза (если входит в комплект поставки), а после этого с осторожностью надломить в месте круговой риски. В момент стягивания модулей нужно оценить целостность волокон и то, что из стянутого модуля не торчит ни одно из волокон. В отдельных случаях (низкая температура, мало гидрофоба, большая длина модуля) стягивание модуля может осуществляться с усилием. Но тянуть сильно ни в коем случае нельзя, так как даже если волокна не порвутся, то растяжение может оказать влияние на их затухание в данном месте. В этом случае рекомендуется модуль надкусывать и снимать в несколько приемов и медленно.

Также следует обращать внимание на длину волокон при разделке кабеля. Она не должна быть меньше, чем указана в инструкции (в основном от 1,5 до 2 м). Меньшая длина волокон нежелательна, так как при укладке не будет возможности маневра, чтобы красиво уложить волокна в кассету.

8) Волокна нужно тщательно протереть. Сначала они протираются с помощью сухой безворсовой салфетки, а затем салфетками, смоченными в спирте (изопропиловом или этиловом). Именно данный порядок является верным, так как при первом протирании на салфетке остается большая капля гидрофоба, и спирт тут не нужен, а далее на последующих салфетках используется спирт для растворения остатков гидрофоба. Сам спирт быстро испаряется с волокон.

Важно! Для качественной последующей сварки чистота и целостность волокон имеют огромное значение. Нужно посмотреть, не повреждено ли их лаковое покрытие, нет ли грязи и сломанных частей. В противном случае можно создать себе в последующем дополнительную работу по разварке и переразделке.

9) Далее на разделанные кабели необходимо надеть специальные клеевые термоусадки, зачастую входящие в комплект оптической муфты. В случае если муфтой предусматривается зажим кабеля в сырой резине с герметиком, термоусадка не требуется.

Важно! Не забывайте надеть термоусадку. Когда оптическая муфта сварена, данная термоусадка надвигается на патрубок данной муфты и усаживается с помощью газовой горелки (паяльной лампы, промышленного фена). Этим обеспечивается герметичность ввода кабеля и его дополнительная фиксация.

Подготовка сварочного аппарата:

- 1) Включить Сварочный аппарат Mini-4S.
- 2) После загрузки программного обеспечения на дисплее отобразится меню управления (рисунок 7):



Рисунок 7 - Меню управления

3) В меню сварки (Splice Menu) необходимо выбрать (Select Splice Mode) необходимый режим сварки волокна и режим печи.

4) Выйти из главного меню

5) Установить ОВ в держатели на рабочем столе сварочного аппарата (открыть фиксаторы волокна, уложить волокна в V-образные канавки).

6) Опустить фиксаторы волокна, закрыть защитную крышку.

7) Запустить программу сварки. Аппарат самостоятельно производит сведение оптических волокон, а затем их сваривает при помощи разряда электрической дуги.

8) Вынуть ОВ из держателей и выполнить операцию термоусадки.

Для термоусадки применяются полиэтиленовые (ПЭТ) гильзы КДЗС, изготовленные из термоусаживаемого ПЭТ.

Гильза КДЗС при нагреве в специальной печи термоусаживается, при этом герметизируется сварной шов, находящийся внутри. Внутри гильзы КДЗС установлен

металлический стержень, который защищает сварной шов от механических нагрузок и сгибов.

Нагрев осуществляется в специализированном нагревателе (печке) с тефлоновым покрытием, чтобы ПЭТ КДЗС "не пригорали".

Снимаем только что сваренное ОВ с рабочего стола аппарата. Но, буквально сразу же, открывая ветрозащитную крышку, слышим срабатывание системы механической проверки прочности сварного шва. ОВ подвергаются дозированному натяжению для проверки прочности выполненной сварки.

Укладываем сварной шов в печь для термоусадки. Закрываем крышку печи, слегка надавливая на концы ОВ у границ сварного шва. Операция термоусадки начинается.

Во всех аппаратах FiberFox Mini 4S используется высокопроизводительная печь, позволяющая монтировать КДЗС за минимальные 18 секунд!

По окончании процесса термоусаживания, мы слышим характерный сигнал. Этим наш сварочный аппарат Fiber Fox дает понять, что термоусадка закончена.

5 Содержание отчета

Отчет должен содержать:

1. Цель работы;
2. Краткое описание аппарата FiberFox Mini 4S;
3. Результаты измерений;
4. Выводы по проделанной работе.

6 Контрольные вопросы

1. Какие существуют способы соединения оптического волокна?
2. Какой способ используется в настоящее время? Почему?
3. Какие типы оптических волокон вы знаете?

Рекомендуемая литература

1. «Автоматический сварочный аппарат FiberFox Mini-4S». Руководство пользователя Модель: Mini-4S. – 30с
2. Рабочая программа учебной дисциплины «Проектирование, строительство и эксплуатация ВОЛС» / Перин А.С. – Томск: ТУСУР. – 2018. – 20 с