

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт космических и информационных технологий
институт

Кафедра вычислительной техники
Кафедра

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
О.В.Непомнящий
подпись
«___» ____ 20 ____ г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

09.03.01 Информатика и вычислительная техника
Код и наименование направления

Бюджетная кольцевая структура ядра сети с резервированием и
оптимизацией загрузки

тема

Пояснительная записка

Руководитель

подпись, дата

Шмелёв О. В.

Студент КИ17-06Б, 031722311

подпись, дата

Осконова А. А.

Нормоконтролер

подпись, дата

Шмелёв О. В.

Красноярск 2021

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт космических и информационных технологий
институт

Кафедра вычислительной техники
кафедра

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
_____ О.В.Непомнящий
подпись
«____» _____ 20 ____ г.

**ЗАДАНИЕ
НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ
в форме бакалаврской работы**

Студенту Осконовой Анастасии Александровне
фамилия, имя, отчество

Группа КИ17-06Б Направление (специальность) 09.03.01
номер код

Информатика и вычислительная техника

Тема выпускной квалификационной работы Бюджетная кольцевая схема ядра сети с резервированием и оптимизацией загрузки

Утверждена приказом по университету № _____ от _____

Руководитель ВКР О.В. Шмелёв, старший преподаватель кафедры
Вычислительная техника

Исходные данные для ВКР: Изучить, как строится ядро сети, изучить перечень технологий для построения ядра сети, собрать лабораторный стенд из 5 коммутаторов, разработать план адресов и таблицы маршрутизации для протокола HSRP и OSPF, проверить работоспособность сети и провести нагрузочное тестирование.

Перечень разделов ВКР: Обзор решений, выбор элементной базы, разработка структуры ядра сети.

Перечень графического материала: презентация в формате PowerPoint, раздаточный материал.

Руководитель ВКР

подпись

О.В.Шмелёв

инициалы, фамилия

Задание приняла к исполнению

подпись

А.А.Осконова

инициалы, фамилия

«_____» _____ 2021 г.

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа по теме «Бюджетная кольцевая схема ядра сети с резервированием и оптимизацией загрузки» содержит 36 страницы текстового документа, 10 рисунков, 27 таблиц, 4 использованных источника.

ЯДРО СЕТИ, ПРОТОКОЛ, МАРШРУТИЗАЦИЯ, СЕТИ,
ДИНАМИЧЕСКАЯ МАРШРУТИЗАЦИЯ, СТАТИЧЕСКАЯ
МАРШРУТИЗАЦИЯ, ТОПОЛОГИЯ СЕТИ.

Цель работы: разработка бюджетной схемы ядра сети, обеспечивающей резервирование и оптимизацию загрузки.

Содержание работы: в работе выполнены поиски прототипа, построение структурной схемы. Осуществлен выбор элементной базы, оптимальной для реализации поставленных задач по цене и диапазону характеристик. Выбран протокол для построения ядра сети.

В результате выпускного проектирования была разработана бюджетная кольцевая схема ядра сети с резервированием и оптимизацией загрузки на основе коммутаторов Cisco 3560-24PS. Была разработана структурная схема, а также был выбран протокол для построения ядра сети.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
1 Обзор решений.....	4
1.1 Аналоги	4
1.2 Выводы.....	8
2 Выбор элементной базы.....	9
2.1 Коммутатор.....	9
2.2 Выводы.....	10
3 Разработка структуры ядра сети	10
3.1 Моделирование в Cisco Packet Tracer.....	10
3.2 Описание схемы коммутации.....	11
3.3 Описание работы стенда	12
3.3.1 Описание работы стенда с протоколом HSRP.....	12
3.3.2 Описание работы стенда с протоколом OSPF	15
3.4 Разработка адресации.....	16
3.5 Разработка маршрутизации	18
3.5.1 Разработка маршрутизации для протокола HSRP.....	18
3.5.2 Разработка маршрутизации для протокола OSPF с одним кольцом..	20
3.5.3 Разработка маршрутизации для протокола OSPF с пятью кольцами	21
3.6 Нагрузочное тестирование	23
3.7 Выводы	24
Заключение.....	25
Список используемых источников	26
Приложение А - Текст конфигурации	27
Приложение Б – Текст маршрутизации	36

ВВЕДЕНИЕ

В данной выпускной квалификационной работе производилась разработка бюджетной кольцевой схемы ядра сети, резервирование и оптимизацию загрузки.

На уровне ядра требуется быстрая и отказоустойчивая пересылка большого объема трафика без задержек. Ядро представляет собой комплекс сетевых устройств (маршрутизаторов и коммутаторов), которые обеспечивают резервирование каналов и высокоскоростную передачу данных между различными сегментами уровня распределения. Тут необходимо учитывать, что ACL и неоптимальная маршрутизация между сетями может замедлить трафик. Обычно, когда проблемы с производительностью возникают на уровне ядра, приходится не расширять, а обновлять оборудование, и иногда целиком менять на более производительное. Поэтому лучше сразу использовать максимально лучшее оборудование, не забывая о наличии высокоскоростных интерфейсов с запасом на будущее. Если применяется несколько узлов, то рекомендуется объединять их в кольцо для обеспечения резерва. На этом уровне применяют маршрутизаторы с принципом настройки — VLAN.[1]

Разработка структуры ядра сети позволит избежать больших затрат на покупку сетевого оборудования.

1. Обзор решений

1.1 Аналоги

Первый способ построения сети, который был рассмотрен, предлагает компания «Моха». Сеть построена на коммутаторах «Моха», в которых реализованы промышленные технологии резервирования Turbo Ring и Turbo Chain. Эти технологии позволяют создавать сети по топологии «Кольцо» или «Цепочка» с временем переключения основного канала связи на резервный не более 50 мс, это создает быстрое восстановление работоспособности сети в случае ее выхода из строя. Топология сети Turbo Ring представлена на рисунке 1.



Рисунок 1- Топология сети Turbo Ring

Принцип работы данной технологии заключается в том, что один из коммутаторов назначается на роль «Мастера». Во время нормальной работы, мастер блокирует один из своих портов, который является резервным, чтобы избежать широковещательного шторма. Кольцевая топология логически преобразована в шину. Когда соединение между коммутаторами в кольце потеряно, мастер активирует ранее заблокированный резервный порт. Данные будут передаваться через резервное соединение пока не будет восстановлен основной путь. Как только соединение будет восстановлено, мастер снова

заблокирует резервный порт.[3] Принцип работы данной технологии представлен на рисунке 2.

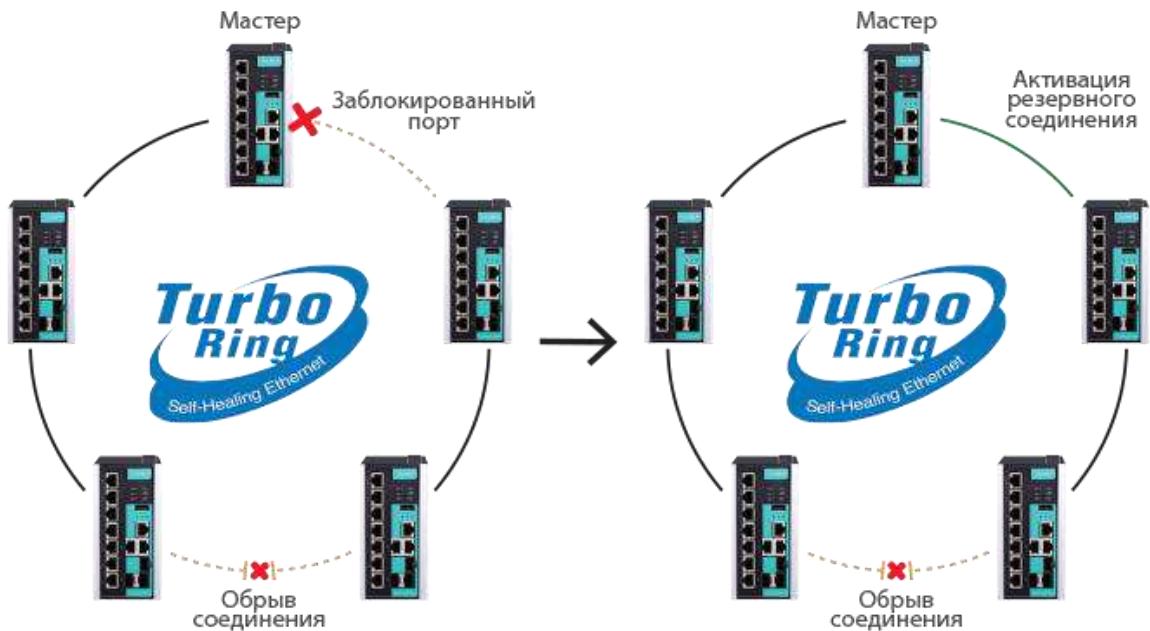


Рисунок 2 - Восстановление соединения

Резервирование по данной технологии настраивается довольно легко. Но стоимость за оборудование для реализации такой технологии в общей сумме достигает 600 тысяч рублей. Для крупной компании это стоимость будет приемлемой, а небольшая компания не каждая сможет позволить себе такие расходы.

Второй способ, это реализация с помощью протокола MPLS. MPLS – это высокопроизводительный механизм телекоммуникационной сети, который передает данные от одного узла сети к другому с помощью «меток». MPLS является независимым от каких-либо протоколов механизмом передачи данных. Эта технология основана на обработке заголовка, которые добавляются к каждому пакету данных. Заголовок MPLS может состоять из одной или нескольких «меток» (записей). Формат записи «меток»:

Таблица 1- формат записи меток

Название метки	Размер памяти, выделяемой под поле в метке			
Label	3 бита	20 бит		
TC		3 бита		
S		1 бит		
TTL		8 бит		

Label – значение метки;

TC – «класс трафика». Используется для реализации механизмов качества обслуживания и явного уведомления о перегрузке;

S – флаг «дно стека», показывает является ли эта метка последней в стеке меток;[4]

TTL – используется для предотвращения петель MPLS коммутации.

Схема коммутации MPLS представлена на рисунке 3.

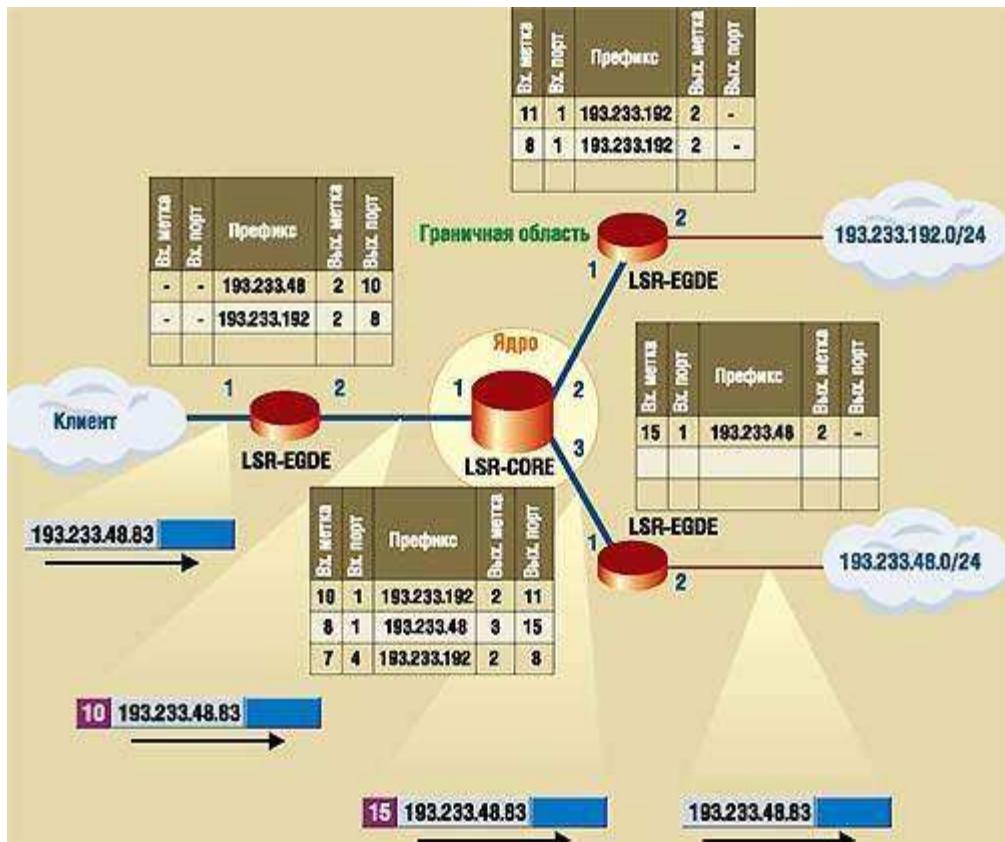


Рисунок 3- Схема коммутации MPLS

В выпускной квалификационной работе будет решаться поставленная задача с помощью создания сети с кольцевой топологией ядра. Сеть построена на коммутаторах уровня L3(сетевой уровень). Коммутаторы уровня L3 фактически являются маршрутизаторами, которые реализуют логическую адресацию и выбор пути доставки данных (маршрут) с использованием различных протоколов маршрутизации. Для данных коммутаторов разработаны оптимальные настройки протоколов уровня L2 (канальный уровень передачи данных). На уровне L2 коммутаторы идентифицируют устройства по MAC-адресам и передают информацию строго определенным отправителям и получателям. На уровне L3 коммутаторы работают с IP-адресами и строят оптимальные маршруты передачи данных. Схема кольцевой топологии представлена на рисунке 4.

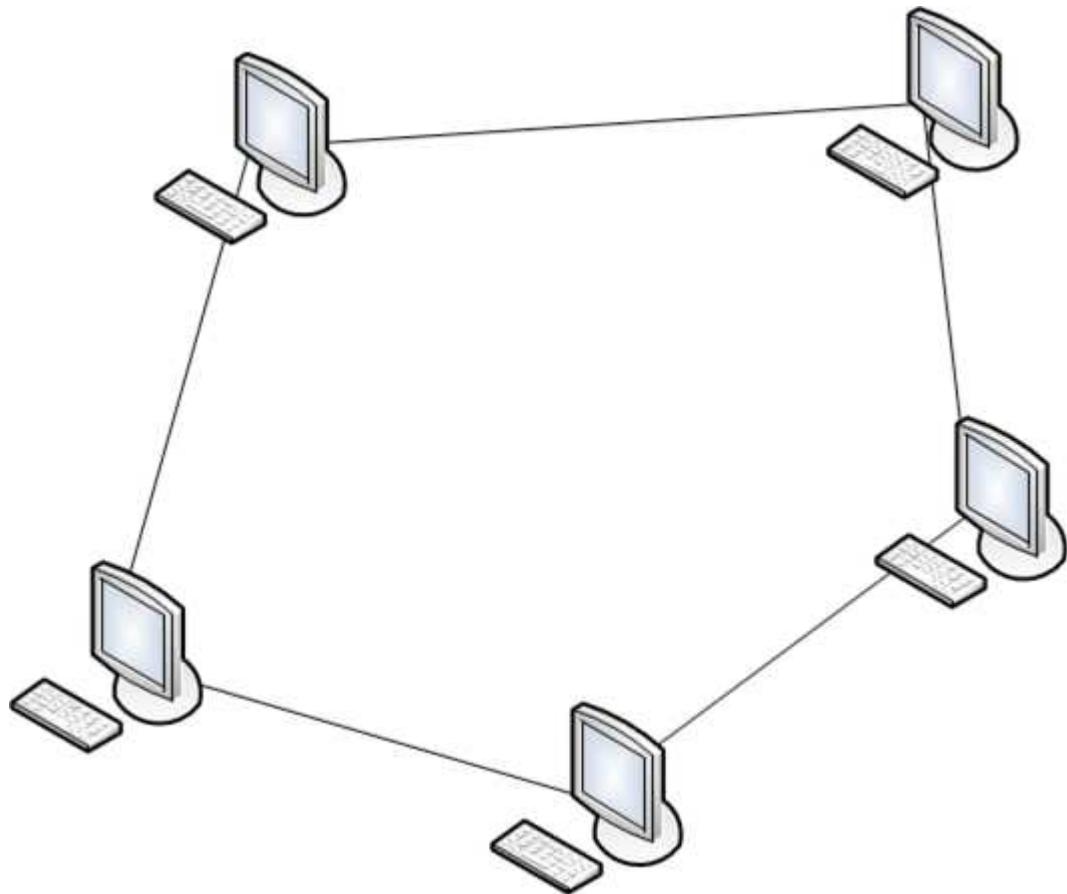


Рисунок 4 - Схема кольцевой топологии сети

1.2 Выводы

Рассмотренные аналоги имеют как преимущества, так и недостатки связанные с технической реализацией. Коммутаторы компании Moxa имеют высокое качество, дополненное надежностью и долговечностью, также они имеют ряд новшеств, которые облегчают работу персонала, который их обслуживает, и повышают эффективность самих устройств. Но коммутаторы также имеют недостатки, связанные с тем, что у данной компании отсутствуют полноценные гигабитные модели, пользователи регулярно отчитываются о проблемах, связанных с безопасностью устройств. Устанавливая коммутатор Moxa с оптическими портами, рекомендуется установить на другом конце SFP-модули от того же производителя. Коммутаторы данной компании находятся в ценовом сегменте от 50695,41 тысяч рублей и выше. Но несмотря на все недостатки большинство крупных компаний такие как «Российские Железные Дороги», «Лукойл» используют для построения своих сетей коммутаторы именно этого производителя.

Основными преимуществами технологии MPLS являются:

- Система меток значительно снижает время, необходимое на поиск IP-маршрутизации;
- Отсутствие необходимости поддержания нескольких сетей второго уровня.

Но у данной технологии есть недостаток в несовершенстве методов безопасности, так как LDP-сообщения (LDP – протокол распределения меток) не подвергаются шифрованию и аутентификации и это может привести к уязвимости к хакерским атакам, и недешёвое оборудование, так как для её реализации требуются специальное оборудование, поддерживающее протокол MPLS и специалист, умеющий его настраивать.

Решено разработать сеть на коммутаторах Cisco, стоимость которых будет 12000 тысяч рублей, но в тоже время будет удовлетворять всем требованиям, которые предъявляются к ядру сети.

2. Выбор элементной базы

2.1 Коммутатор

Cisco Catalyst 3560-24PS имеет 24 порта 10/100 Power over Ethernet (PoE) и 2 слота для подключаемых модулей малого форм-фактора (SFP). Цена на данный коммутатор приблизительно 12000 рублей. Этот коммутатор является коммутатором уровня L3. Такое устройство работает на сетевом уровне, оно способно оперировать IP-адресами отправителей и получателей информации и строить оптимальные маршруты передачи данных. Именно поэтому коммутатор уровня 3 имеет альтернативное название — маршрутизатор. Технические характеристики данного коммутатора представлены на рисунке 6.



Рисунок 5 - Cisco Catalyst 3560-24PS

Технические характеристики:

Входное напряжение переменного тока	От 100 до 240 В переменного тока (автоматический выбор диапазона) 5,5 – 2,8 А, 50 – 60 Гц
Входное напряжение постоянного тока для RPS 675	+12 В = при 7,5 А и -48 В = при 7,8 А
Максимальная потребляемая мощность	485 Вт
Максимальная рассеиваемая мощность	115 Вт, 393 БТЕ/ч
Номинальная мощность	0,485 кВА
Питание через Ethernet	
Максимум 15,4 Вт на порт, 370 Вт на коммутатор	
Физические размеры	
Вес	5,14 кг (11,3 фунта)
Размеры (В x Г x Ш)	4,39 x 30 x 44,45 см (1,73 x 11,81 x 17,5 дюйма)

Рисунок 6 – технические характеристики Cisco Catalyst 3560-24PS

2.2 Выводы

Коммутаторы семейства Cisco Catalyst 3560 имеют большой ряд преимуществ такие, как обеспечение высокопроизводительной маршрутизации IP-трафика, высокая безопасность, списки доступа для трафика, коммутируемого на канальном уровне, возможность определения максимальной полосы пропускания для определенного вида трафика и многие другие.

3 Разработка структуры ядра сети

3.1 Моделирование в Cisco Packet Tracer

В результате моделирования сети в Cisco Packet Tracer с использования моделей оборудования Cisco была разработана схематичная модель ядра сети. В проектируемой плоскости

расположились 5 участков абонентской сети для проверки работоспособности сети. Модель схематично демонстрирует работу локальной сети. На рисунке 7 представлена схема сети.

На модели ядра сети представлены:

- коммутаторы Cisco Catalyst 3560-24PS, Cisco Catalyst 2960-24TT
- рабочие станции

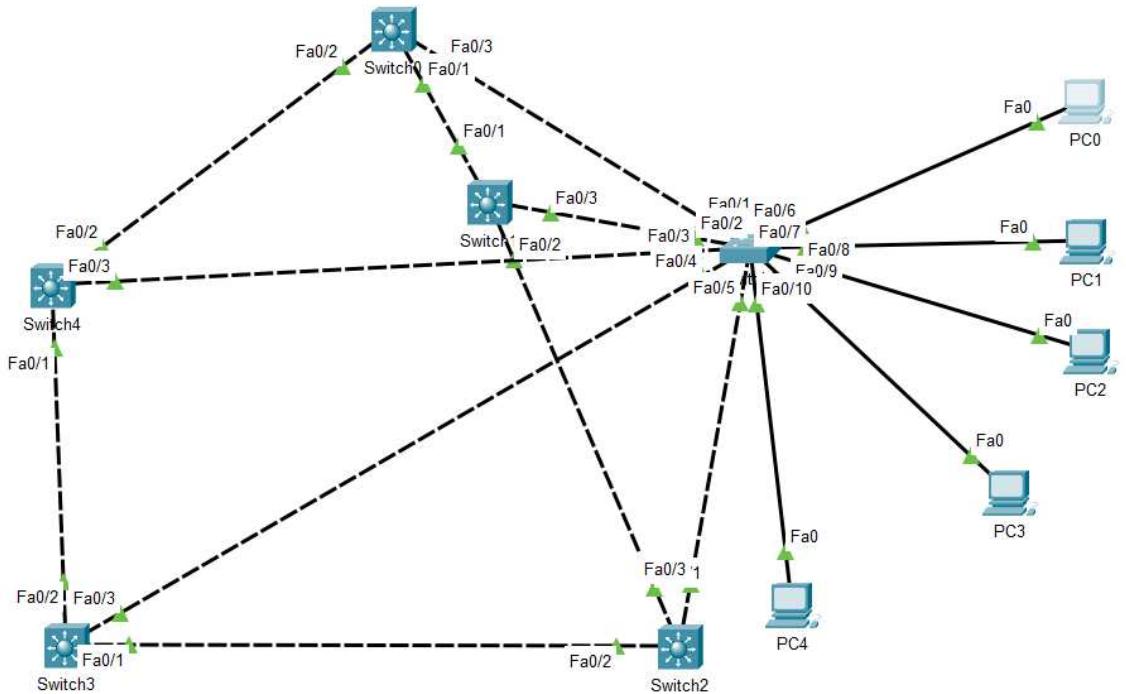


Рисунок 7 – схема сети

3.2 Описание схемы коммутации

Таблица 2 - Switch0

Коммутатор отправителя	Порт	Коммутатор получателя	Порт
SW0	Fa0/1	SW1	Fa0/1
SW0	Fa0/2	SW4	Fa0/2
SW0	Fa0/3	SW5	Fa0/1

Таблица 3 - Switch1

Коммутатор отправителя	Порт	Коммутатор получателя	Порт
SW1	Fa0/1	SW0	Fa0/1
SW1	Fa0/2	SW2	Fa0/3
SW1	Fa0/3	SW5	Fa0/2

Таблица 4 - Switch2

Коммутатор отправителя	Порт	Коммутатор получателя	Порт
SW2	Fa0/3	SW1	Fa0/2
SW2	Fa0/2	SW3	Fa0/1
SW2	Fa0/1	SW5	Fa0/5

Таблица 5 - Switch3

Коммутатор отправителя	Порт	Коммутатор получателя	Порт
SW3	Fa0/1	SW2	Fa0/2
SW3	Fa0/2	SW4	Fa0/1
SW3	Fa0/3	SW5	Fa0/4

Таблица 6 - Switch4

Коммутатор отправителя	Порт	Коммутатор получателя	Порт
SW4	Fa0/1	SW3	Fa0/2
SW4	Fa0/3	SW5	Fa0/3
SW4	Fa0/2	SW0	Fa0/2

3.3 Описание работы стенда

3.3.1 Описание работы стенда с протоколом HSRP

Для настройки сети были выбраны протоколы STP и HSRP.

Протокол HSRP предназначен для того, чтобы добиться практически 100% доступности и отказоустойчивости первого хопа от отправителя. Это достигается путем объединения двух и более коммутаторов уровня L3 в HSRP группу, у которой имеется так называемый виртуальный маршрутизатор с одним IP-адресом и MAC-адресом.[2]

На каждом коммутаторе настроено 7 vlan. В каждом vlan с помощью протокола HSRP выбран активный и резервный коммутаторы, остальные будут являться членами HSRP-группы. Благодаря этому весь трафик пойдет от активного коммутатора и в сторону последнего члена HSRP-группы. Также на каждом коммутаторе настроено по 2 абонентских vlan, в одном из vlan этот коммутатор является активным, а в другом резервным. Маршрутизация на абонентскую сеть будет осуществляться через ip-адрес HSRP-группы на абонентском vlan. Работа стенда представлена на рисунках 8,9.

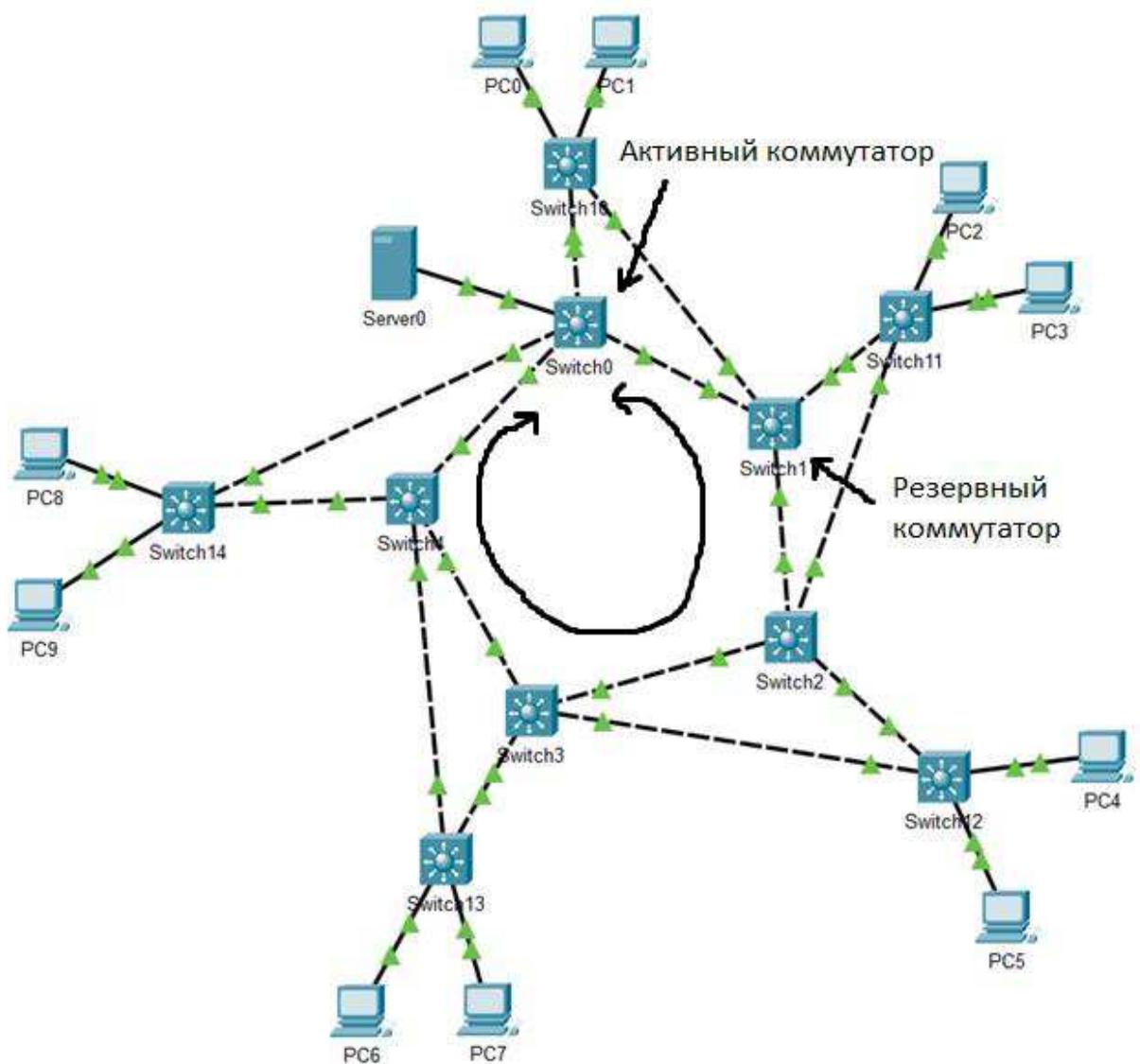


Рисунок 8 - схема сети

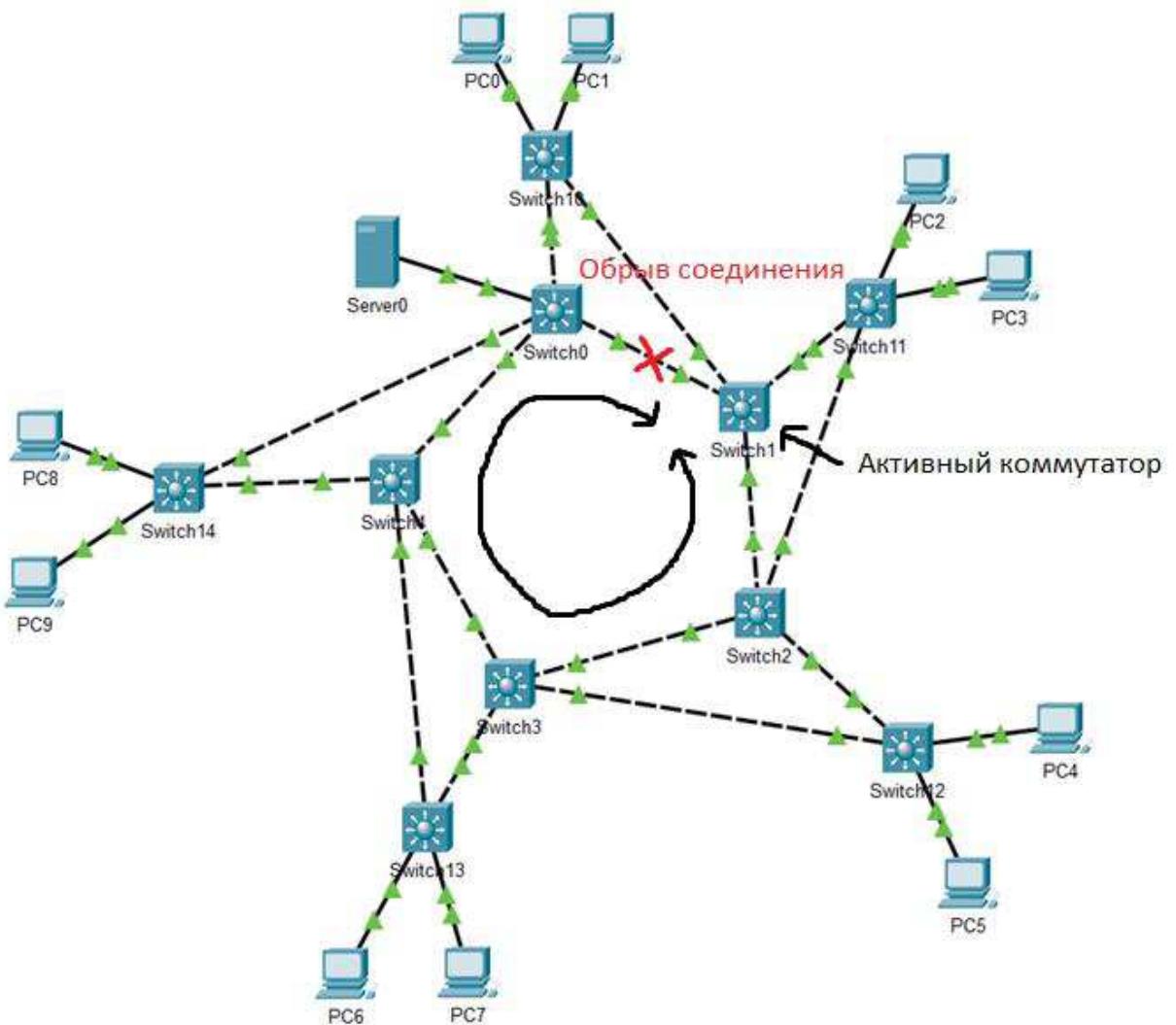


Рисунок 9 - схема сети

3.3.2 Описание работы стенда с протоколом OSPF

Для настройки сети были выбраны протоколы STP и OSPF.

При включении маршрутизаторов протокол ищет соседей и устанавливает с ними «дружеские» отношения. После этого они обмениваются информацией о доступных им сетях, то есть они строят топологию сети. На основе полученной информации запускается алгоритм поиска кратчайшего пути, он рассчитывает оптимальный путь к каждой сети.

Все маршрутизаторы ядра находятся в трех зонах, первая зона – нулевая зона (магистральная), которая позволяет маршрутизаторам видеть другую зону, в которых расположены абонентские устройства. Вторая зона – зона абонентского устройства, в которой коммутатор является root и третья зона,

который в данной зоне является резервным. На каждом коммутаторе запущено 5 процессов OSPF, каждый процесс отвечает за свой vlan.

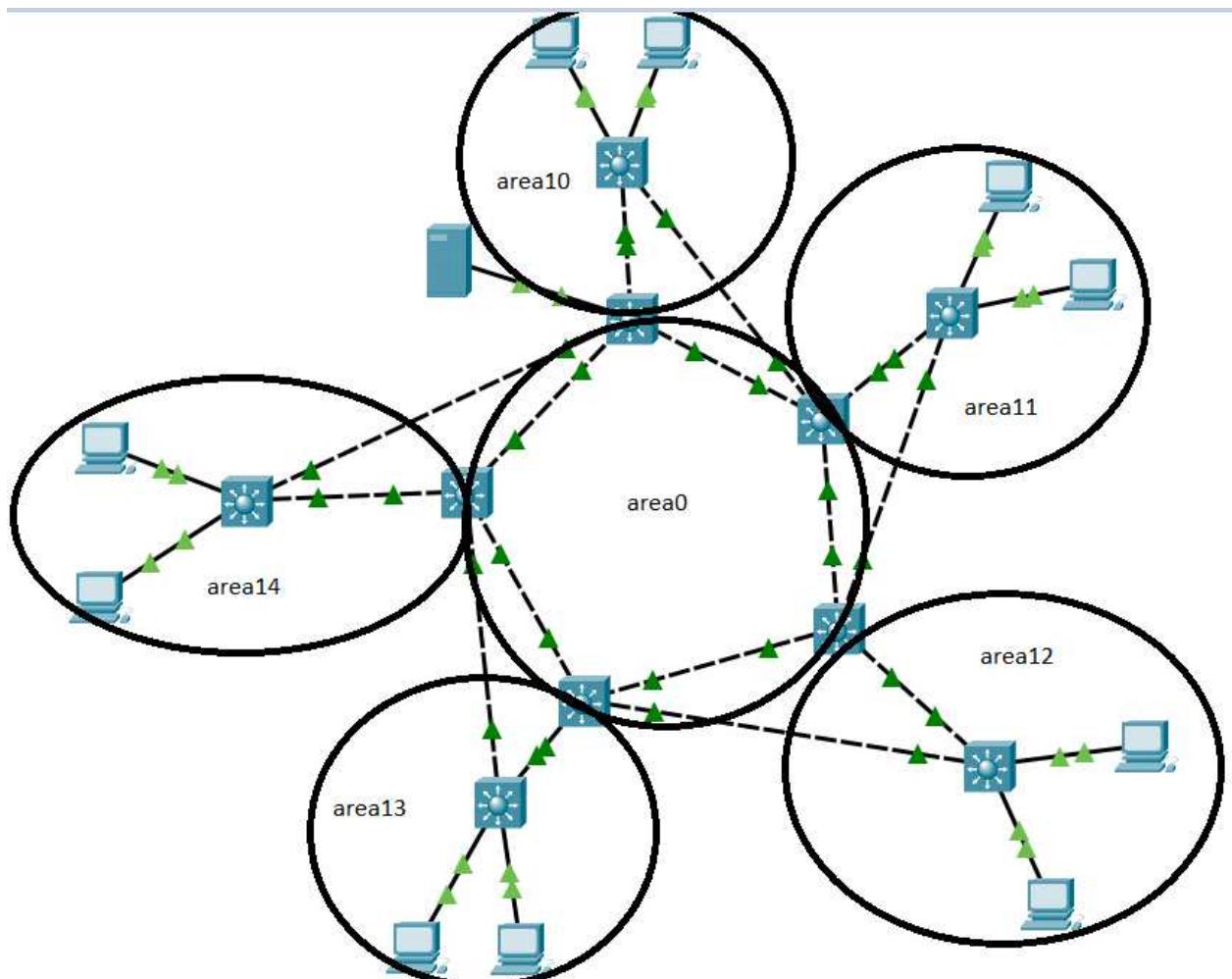


Рисунок 10 - схема сети

3.4 Разработка адресации

На каждом коммутаторе настроено 7 vlan, 5 из них отвечают за ядро, 2 оставшиеся за абонентскую сеть. В каждом vlan один из коммутаторов выступает в роли активного, а другой в роли резервного, таким образом мы будем осуществлять резервирование.

Далее разработаны таблицы адресации для всех коммутаторов:

Таблица 7 - Switch0

Vlan	IP source	Маска	
		Двоичная	Десятична
Vlan 5	10.100.0.1	255.255.255.240	28
Vlan 6	10.100.0.17	255.255.255.240	28
Vlan 7	10.100.0.33	255.255.255.240	28
Vlan 8	10.100.0.49	255.255.255.240	28
Vlan 9	10.100.0.65	255.255.255.240	28
Vlan 10	10.200.0.1	255.255.255.240	28
Vlan 14	10.200.0.66	255.255.255.240	28

Таблица 8 - Switch1

Vlan	IP source	Маска	
		Двоичная	Десятична
Vlan 5	10.100.0.2	255.255.255.240	28
Vlan 6	10.100.0.18	255.255.255.240	28
Vlan 7	10.100.0.34	255.255.255.240	28
Vlan 8	10.100.0.50	255.255.255.240	28
Vlan 9	10.100.0.66	255.255.255.240	28
Vlan 10	10.200.0.2	255.255.255.240	28
Vlan 11	10.200.0.17	255.255.255.240	28

Таблица 9 - Switch2

Vlan	IP source	Маска	
		Двоичная	Десятична
Vlan 5	10.100.0.3	255.255.255.240	28
Vlan 6	10.100.0.19	255.255.255.240	28
Vlan 7	10.100.0.35	255.255.255.240	28
Vlan 8	10.100.0.51	255.255.255.240	28
Vlan 9	10.100.0.67	255.255.255.240	28
Vlan 11	10.200.0.18	255.255.255.240	28
Vlan 12	10.200.0.33	255.255.255.240	28

Таблица 10 - Switch3

Vlan	IP source	Маска	
		Двоичная	Десятичная
Vlan 5	10.100.0.4	255.255.255.240	28
Vlan 6	10.100.0.20	255.255.255.240	28
Vlan 7	10.100.0.36	255.255.255.240	28
Vlan 8	10.100.0.52	255.255.255.240	28
Vlan 9	10.100.0.68	255.255.255.240	28
Vlan 12	10.200.0.34	255.255.255.240	28
Vlan 13	10.200.0.49	255.255.255.240	28

Таблица 11 - Switch4

Vlan	IP source	Маска	
		Двоичная	Десятичная
Vlan 5	10.100.0.5	255.255.255.240	28
Vlan 6	10.100.0.21	255.255.255.240	28
Vlan 7	10.100.0.37	255.255.255.240	28
Vlan 8	10.100.0.53	255.255.255.240	28
Vlan 9	10.100.0.69	255.255.255.240	28
Vlan 13	10.200.0.50	255.255.255.240	28
Vlan 14	10.200.0.65	255.255.255.240	28

3.5 Разработка маршрутизации

3.5.1 Разработка маршрутизации для протокола HSRP

Для протокола HSRP настроена статическая маршрутизация – это вид маршрутизации, при которой маршруты указываются в явном виде.

Каждый коммутатор будет иметь по три маршрута, так как путь до двух абонентских сетях он знает, потому что в одной он является главным, а в другой резервным, необходимо настроить только оставшиеся три.

На данном этапе разработаны таблицы маршрутизации для всех коммутаторов:

Таблица 12 - Switch0

Узел	IP source	Маска		IP destination
		Двоичная	Десятична	
SW0	10.200.0.16	255.255.255.240	28	10.100.0.30
SW0	10.200.0.32	255.255.255.240	28	10.100.0.46
SW0	10.200.0.48	255.255.255.240	28	10.100.0.62

Таблица 13 - Switch1

Узел	IP source	Маска		IP destination
		Двоичная	Десятична	
SW1	10.200.0.32	255.255.255.240	28	10.100.0.46
SW1	10.200.0.48	255.255.255.240	28	10.100.0.62
SW1	10.200.0.64	255.255.255.240	28	10.100.0.78

Таблица 14 - Switch2

Узел	IP source	Маска		IP destination
		Двоичная	Десятична	
SW2	10.200.0.0	255.255.255.240	28	10.100.0.14
SW2	10.200.0.48	255.255.255.240	28	10.100.0.62
SW2	10.200.0.64	255.255.255.240	28	10.100.0.78

Таблица 15 - Switch3

Узел	IP source	Маска		IP destination
		Двоичная	Десятична	
SW3	10.200.0.0	255.255.255.240	28	10.100.0.14
SW3	10.200.0.16	255.255.255.240	28	10.100.0.30
SW3	10.200.0.64	255.255.255.240	28	10.100.0.78

Таблица 16 - Switch4

Узел	IP source	Маска		IP destination
		Двоичная	Десятична	
SW4	10.200.0.0	255.255.255.240	28	10.100.0.14
SW4	10.200.0.16	255.255.255.240	28	10.100.0.30
SW4	10.200.0.32	255.255.255.240	28	10.100.0.46

3.5.2 Разработка маршрутизации для протокола OSPF с одним кольцом

Для протокола OSPF настроена динамическая маршрутизация, при которой таблица маршрутизации редактируется программно, то есть маршрутизаторы обмениваются друг с другом информацией, которая позволяет им заполнить таблицу маршрутизации оптимальными маршрутами.

На данном этапе разработаны таблицы маршрутизации для всех коммутаторов:

Таблица 17 – Switch0

Узел	IP source	Маска		Zone number
		Двоичная	Десятична	
SW0	10.100.0.0	0.0.0.15	28	0
SW0	10.200.0.0	0.0.0.15	28	10
SW0	10.200.0.64	0.0.0.15	28	14

Таблица 18 – Switch1

Узел	IP source	Маска		Zone number
		Двоичная	Десятична	
SW1	10.100.0.2	0.0.0.15	28	0
SW1	10.200.0.0	0.0.0.15	28	10
SW1	10.200.0.16	0.0.0.15	28	11

Таблица 19 – Switch2

Узел	IP source	Маска		Zone number
		Двоичная	Десятична	
SW2	10.100.0.3	0.0.0.15	28	0
SW2	10.200.0.16	0.0.0.15	28	11
SW2	10.200.0.32	0.0.0.15	28	12

Таблица 20 – Switch3

Узел	IP source	Маска		Zone number
		Двоичная	Десятична	
SW3	10.100.0.4	0.0.0.15	28	0
SW3	10.200.0.32	0.0.0.15	28	12
SW3	10.200.0.48	0.0.0.15	28	13

Таблица 21 - Switch4

Узел	IP source	Маска		Zone number
		Двоичная	Десятична	
SW4	10.100.0.5	0.0.0.15	28	0
SW4	10.200.0.48	0.0.0.15	28	13
SW4	10.200.0.64	0.0.0.15	28	14

3.5.3 Разработка маршрутизации для протокола OSPF с пятью кольцами

В процессе настройки маршрутизации было запущено 5 процессов OSPF, каждый процесс отвечает за свой vlan, а значит и за свое кольцо. В процессе маршрутизации участвуют три зоны, две из них отвечают за абонентские сети, а третья 0 (магистральная) зона отвечает за ядра сети.

На данном этапе разработаны таблицы маршрутизации для всех коммутаторов:

Таблица 22 – Switch0

Узел	IP source	Маска		Номер процесса	Zone number
		Двоичная	Десятична		
SW0	10.100.0.0	0.0.0.15	28	1	0
SW0	10.200.0.0	0.0.0.15	28	1	10
SW0	10.200.0.64	0.0.0.15	28	1	14
SW0	10.100.0.17	0.0.0.15	28	2	0
SW0	10.100.0.33	0.0.0.15	28	3	0
SW0	10.100.0.49	0.0.0.15	28	4	0
SW0	10.100.0.65	0.0.0.15	28	5	0

Таблица 23 – Switch1

Узел	IP source	Маска		Номер процессса	Zone number
		Двоичная	Десятична		
SW1	10.100.0.2	0.0.0.15	28	1	0
SW1	10.100.0.16	0.0.0.15	28	2	0
SW1	10.200.0.0	0.0.0.15	28	2	10
SW1	10.200.0.16	0.0.0.15	28	2	11
SW1	10.100.0.34	0.0.0.15	28	3	0
SW1	10.100.0.50	0.0.0.15	28	4	0
SW1	10.100.0.66	0.0.0.15	28	5	0

Таблица 24 – Switch2

Узел	IP source	Маска		Номер процессса	Zone number
		Двоичная	Десятична		
SW2	10.100.0.3	0.0.0.15	28	1	0
SW2	10.100.0.19	0.0.0.15	28	2	0
SW2	10.100.0.32	0.0.0.15	28	3	0
SW2	10.200.0.16	0.0.0.15	28	3	11
SW2	10.200.0.32	0.0.0.15	28	3	12
SW2	10.100.0.51	0.0.0.15	28	4	0
SW2	10.100.0.67	0.0.0.15	28	5	0

Таблица 25 – Switch3

Узел	IP source	Маска		Номер процессса	Zone number
		Двоичная	Десятична		
SW3	10.100.0.4	0.0.0.15	28	1	0
SW3	10.100.0.20	0.0.0.15	28	2	0
SW3	10.100.0.36	0.0.0.15	28	3	0
SW3	10.100.0.48	0.0.0.15	28	4	0
SW3	10.200.0.32	0.0.0.15	28	4	12
SW3	10.200.0.48	0.0.0.15	28	4	13
SW3	10.100.0.68	0.0.0.15	28	5	0

Таблица 26 - Switch4

Узел	IP source	Маска		Номер процесса	Zone number
		Двоичная	Десятична		
SW4	10.100.0.5	0.0.0.15	28	1	0
SW4	10.100.0.21	0.0.0.15	28	2	0
SW4	10.100.0.37	0.0.0.15	28	3	0
SW4	10.100.0.53	0.0.0.15	28	4	0
SW4	10.100.0.64	0.0.0.15	28	5	0
SW4	10.200.0.48	0.0.0.15	28	5	13
SW4	10.200.0.64	0.0.0.15	28	5	14

3.6 Нагрузочное тестирование

Для нагрузочного тестирования мы взяли три сети, ту, которая была собрана в ходе выполнения ВКР и сети, которые мы сделали для сравнения. Они построены на протоколе OSPF, одна имеет только одно кольцо и один процесс OSPF, а другая пять колец и 5 процессов OSPF.

В результате тестирования были получены следующие данные:

Таблица 27 – Нагрузочное тестирование

Протокол построения сети	Время восстановления сети после разрыва соединения	Время восстановления сети после восстановления соединения	Время восстановления сети после включения сети
OSPF с одним кольцом	1 минута 5 секунд	45 секунд	3 минуты 10 секунд
OSPF с пятью кольцами	8 секунд	1 секунда	3 минуты 7 секунд
HSRP с пятью кольцами	50 секунд	10 секунд	2 минуты 55 секунд

3.7 Выводы

В ходе разработки сети были использовано два протокола: HSRP и OSPF. Была настроена статическая и динамическая маршрутизация и работающая схема сети была проверена на реальном оборудовании. В ходе проверки, внештатных ситуаций при работе сети не было обнаружено, при обрывах соединения происходит быстрое восстановление работоспособности сети, данные передаются без перебоев. Лучшие данные в ходе нагрузочного тестирования показала сеть, построенная на протоколе OSPF с пятью кольцами.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной выпускной квалификационной работе разработана структура ядра сети с резервированием и оптимизацией загрузки. В ходе курсового проекта были изучены способы построения ядра сети, перечень технологий для построения ядра сети. Собран лабораторный стенд из 5 коммутаторов, разработан план адресации и таблицы маршрутизации, проведено нагружочное тестирование.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Трехуровневая модель сети [Электронный ресурс] // URL: <https://habr.com/ru/post/114406/> (дата обращения: 01.03.2021)
2. HSRP [Электронный ресурс] // URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/HSRP> (дата обращения: 18.03.2021)
3. Технология кольцевого резервирования Turbo Ring, Moxa [Электронный ресурс] // URL: https://moxa.ru/tehnologii/ethernet_network/turbo-ring/ (дата обращения: 25.03.2021)
4. Эффективный механизм передачи данных в опорных IP-сетях с использованием технологии MPLS – Журнал Беспроводные технологии [Электронный ресурс] // URL: <https://wireless-e.ru/gsm/mpls/> (дата обращения: 12.04.2021)

Приложение А.

Текст конфигурации для switch0:

```
enable
configure terminal
vlan 5
name vlan5
exit
interface vlan5
ip address 10.100.0.1 255.255.255.240
standby 1 ip 10.100.0.14
standby 1 priority 120
exit
vlan 6
name vlan6
exit
interface vlan6
ip address 10.100.0.17 255.255.255.240
exit
vlan 7
name vlan7
exit
interface vlan7
ip address 10.100.0.33 255.255.255.240
exit
vlan 8
name vlan8

exit
interface vlan8
ip address 10.100.0.49 255.255.255.240
exit
```

Продолжение приложения А.

```
vlan 9
name vlan9
exit
interface vlan9
ip address 10.100.0.65 255.255.255.240
standby 5 ip 10.100.0.78
exit
interface vlan10
ip address 10.200.0.1 255.255.255.240
standby 10 ip 10.200.0.14
standby 10 priority 120
exit
interface vlan14
ip address 10.200.0.66 255.255.255.240
standby 14 ip 10.200.0.78
exit
interface fastEthernet0/1
switchport trunk encapsulation dot1q
switchport mode trunk
exit
interface fastEthernet0/2
switchport trunk encapsulation dot1q
switchport mode trunk
exit
interface fastEthernet0/3
switchport trunk encapsulation dot1q
switchport mode trunk
exit
spanning-tree vlan 5 root primary
spanning-tree vlan 10 root primary

spanning-tree vlan 9 root secondary
spanning-tree vlan 14 root secondary
```

Продолжение приложения А.

Текст конфигурации для switch1:

```
enable
configure terminal
vlan 5
name vlan5
exit
interface vlan5
ip address 10.100.0.2 255.255.255.240
standby 1 ip 10.100.0.14
exit
vlan 6
name vlan6
exit
interface vlan6
ip address 10.100.0.18 255.255.255.240
standby 2 ip 10.100.0.30
standby 2 priority 120
exit
vlan 7
name vlan7
exit
interface vlan7
ip address 10.100.0.34 255.255.255.240
exit
vlan 8
name vlan8
exit
interface vlan8
```

Продолжение приложения А.

```
ip address 10.100.0.50 255.255.255.240
exit
vlan 9
name vlan9
exit
interface vlan9
ip address 10.100.0.66 255.255.255.240
exit
interface vlan10
ip address 10.200.0.2 255.255.255.240
standby 10 ip 10.200.0.14
exit
interface vlan11
ip address 10.200.0.17 255.255.255.240
standby 11 ip 10.200.0.30
standby 11 priority 120
exit
interface fastEthernet0/1
switchport trunk encapsulation dot1q
switchport mode trunk
exit
interface fastEthernet0/2
switchport trunk encapsulation dot1q
switchport mode trunk
exit
interface fastEthernet0/3
switchport trunk encapsulation dot1q
switchport mode trunk
exit
spanning-tree vlan 6 root primary
spanning-tree vlan 11 root primary
spanning-tree vlan 5 root secondary
spanning-tree vlan 10 root secondary
```

Продолжение приложения А.

Текст конфигурации для switch2:

```
enable
configure terminal
vlan 5
name vlan5
exit
interface vlan5
ip address 10.100.0.3 255.255.255.240
exit
vlan 6
name vlan6
exit
interface vlan6
ip address 10.100.0.19 255.255.255.240
standby 2 ip 10.100.0.30
exit
vlan 7
name vlan7
exit
interface vlan7
ip address 10.100.0.35 255.255.255.240
standby 3 ip 10.100.0.46
standby 3 priority 120
exit
vlan 8
name vlan8
exit
interface vlan8
ip address 10.100.0.51 255.255.255.240
exit
vlan 9
name vlan9
exit
interface vlan9
ip address 10.100.0.67 255.255.255.240
exit
interface vlan11
ip address 10.200.0.18 255.255.255.240
standby 11 ip 10.200.0.30
exit
interface vlan12
ip address 10.200.0.33 255.255.255.240
standby 12 ip 10.200.0.46
standby 12 priority 120
```

Продолжение приложения А.

```
exit  
interface fastEthernet0/1  
switchport trunk encapsulation dot1q  
switchport mode trunk  
exit  
interface fastEthernet0/2  
switchport trunk encapsulation dot1q  
switchport mode trunk  
exit  
interface fastEthernet0/3  
switchport trunk encapsulation dot1q  
switchport mode trunk  
exit  
spanning-tree vlan 7 root primary  
spanning-tree vlan 12 root primary  
spanning-tree vlan 6 root secondary  
spanning-tree vlan 11 root secondary
```

Текст конфигурации для switch3:

```
enable  
configure terminal  
vlan 5  
name vlan5  
exit  
interface vlan5  
ip address 10.100.0.4 255.255.255.240  
exit  
vlan 6  
name vlan6  
exit  
interface vlan6  
ip address 10.100.0.20 255.255.255.240  
exit  
vlan 7  
name vlan7  
exit  
interface vlan7
```

Продолжение приложения А.

```
ip address 10.100.0.36 255.255.255.240
standby 3 ip 10.100.0.46
exit
vlan 8
name vlan8
exit
interface vlan8
ip address 10.100.0.52 255.255.255.240
standby 4 ip 10.100.0.62
standby 4 priority 120
exit
vlan 9
name vlan9
exit
interface vlan9
ip address 10.100.0.68 255.255.255.240
exit
interface vlan12
ip address 10.200.0.34 255.255.255.240
standby 12 ip 10.200.0.46
exit
interface vlan13
ip address 10.200.0.49 255.255.255.240
standby 13 ip 10.200.0.62
standby 13 priority 120
exit
interface fastEthernet0/1
switchport trunk encapsulation dot1q
switchport mode trunk
exit
interface fastEthernet0/2
switchport trunk encapsulation dot1q
switchport mode trunk
exit
interface fastEthernet0/3
switchport trunk encapsulation dot1q
switchport mode trunk
exit
spanning-tree vlan 8 root primary
spanning-tree vlan 13 root primary
spanning-tree vlan 7 root secondary
spanning-tree vlan 12 root secondary
```

Продолжение приложения А.

Текст конфигурации для switch4:

```
enable
configure terminal
vlan 5
name vlan5
exit
interface vlan5
ip address 10.100.0.5 255.255.255.240
exit
vlan 6
name vlan6
exit
interface vlan6
ip address 10.100.0.21 255.255.255.240
exit
vlan 7
name vlan7
exit
interface vlan7
ip address 10.100.0.37 255.255.255.240
exit
vlan 8
name vlan8
exit
interface vlan8
ip address 10.100.0.53 255.255.255.240
standby 4 ip 10.100.0.62
exit
vlan 9
name vlan9
exit
interface vlan9
ip address 10.100.0.69 255.255.255.240
standby 5 ip 10.100.0.78
standby 5 priority 120
exit
interface vlan13
ip address 10.200.0.50 255.255.255.240
standby 13 ip 10.200.0.62
exit
interface vlan14
ip address 10.200.0.65 255.255.255.240
```

Продолжение приложения А.

```
standby 14 ip 10.200.0.78
standby 14 priority 120
exit
interface fastEthernet0/1
switchport trunk encapsulation dot1q
switchport mode trunk
exit
interface fastEthernet0/2
switchport trunk encapsulation dot1q
switchport mode trunk
exit
interface fastEthernet0/3
switchport trunk encapsulation dot1q
switchport mode trunk
exit
spanning-tree vlan 9 root primary
spanning-tree vlan 14 root primary
spanning-tree vlan 8 root secondary
spanning-tree vlan 13 root secondary
```

Приложение Б.

Текст маршрутизации для switch0:

```
ip route 10.200.0.16 255.255.255.240 10.100.0.30  
ip route 10.200.0.32 255.255.255.240 10.100.0.46  
ip route 10.200.0.48 255.255.255.240 10.100.0.62  
ip routing
```

Текст маршрутизации для switch1:

```
ip route 10.200.0.32 255.255.255.240 10.100.0.46  
ip route 10.200.0.48 255.255.255.240 10.100.0.62  
ip route 10.200.0.64 255.255.255.240 10.100.0.78  
ip routing
```

Текст маршрутизации для switch2:

```
ip route 10.200.0.0 255.255.255.240 10.100.0.14  
ip route 10.200.0.48 255.255.255.240 10.100.0.62  
ip route 10.200.0.64 255.255.255.240 10.100.0.78  
ip routing
```

Текст маршрутизации для switch3:

```
ip route 10.200.0.0 255.255.255.240 10.100.0.14  
ip route 10.200.0.16 255.255.255.240 10.100.0.30  
ip route 10.200.0.64 255.255.255.240 10.100.0.78  
ip routing
```

Текст маршрутизации для switch4:

```
ip route 10.200.0.0 255.255.255.240 10.100.0.14  
ip route 10.200.0.16 255.255.255.240 10.100.0.30  
ip route 10.200.0.32 255.255.255.240 10.100.0.46  
ip routing
```

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Институт космических и информационных технологий
институт

Кафедра вычислительной техники
Кафедра

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
О.В.Непомнящий
подпись
«08» 06 2021 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

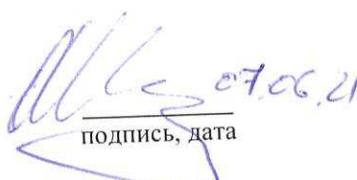
09.03.01 Информатика и вычислительная техника
Код и наименование направления

Бюджетная кольцевая структура ядра сети с резервированием и
оптимизацией загрузки

тема

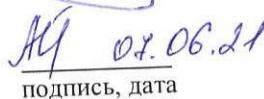
Пояснительная записка

Руководитель


07.06.21
подпись, дата

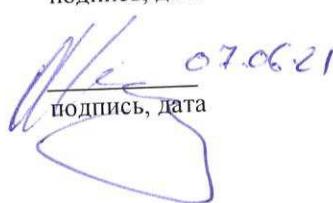
Шмелёв О. В.

Студент КИ17-06Б, 031722311


07.06.21
подпись, дата

Осконова А. А.

Нормоконтролер


07.06.21
подпись, дата

Шмелёв О. В.

Красноярск 2021