

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**

«Национальный исследовательский университет ИТМО»

(Университет ИТМО)

Факультет прикладной информатики

Образовательная программа Мобильные и сетевые технологии

Направление подготовки 09.03.03 Мобильные и сетевые технологии

Практическая работа №4

“Организация отказоустойчивой сети на основе коммутаторов. Протоколы STP и EtherChannel.”

вариант 5

Обучающийся: Данилова Анастасия Алексеевна К3239

Проверил: Харитонов Антон Юрьевич

Санкт-Петербург,

2025

Оглавление

Оглавление.....	2
Цель работы:.....	2
Требования:.....	2
Шаги выполнения работы.....	3
Часть 1: Работа с протоколами STP и RSTP.....	3
1.1. Тестирование протокола STP.....	3
1.2. Тестирование протокола RSTP.....	7
Часть 2: Работа с протоколом EtherChannel.....	8
2.2. Статическое агрегирование.....	8
2.2. Динамическое агрегирование LACP.....	11
Вывод.....	14

Цель работы:

Целью данной лабораторной работы является изучение и практическое ознакомление с основными принципами работы концентраторов и коммутаторов второго уровня в компьютерных сетях, а также организация отказоустойчивой сети на основе коммутаторов.

Требования:

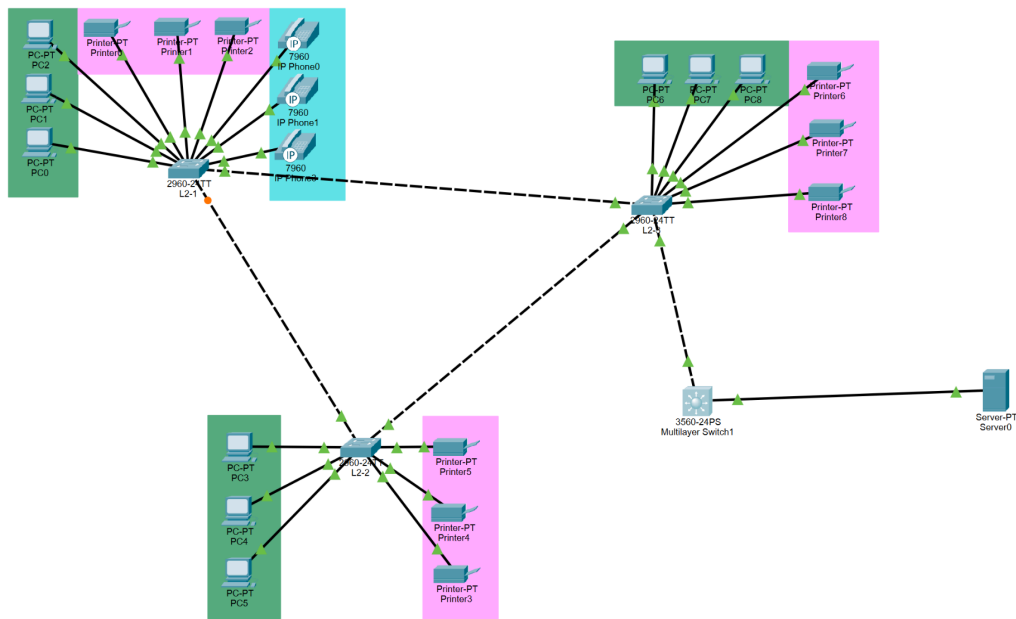
Для выполнения работы необходима установка симулятора CISCO PacketTracer.

Шаги выполнения работы

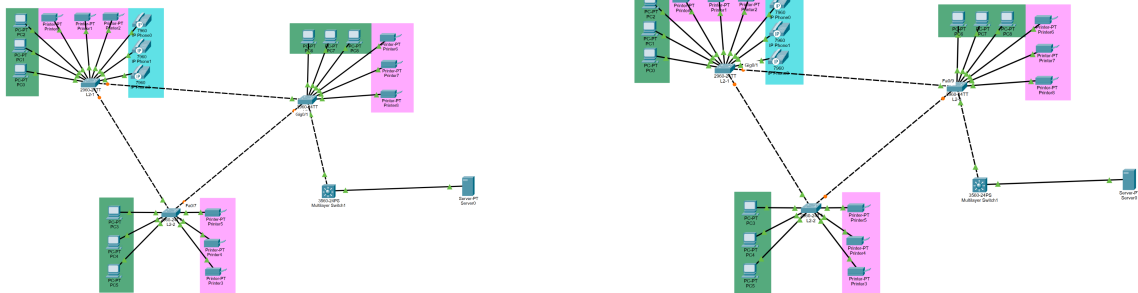
Часть 1: Работа с протоколами STP и RSTP.

1.1. Тестирование протокола STP.

Коммутаторы соединены в кольцо



Сделаны разные по скорости порты



Определяем корневой коммутатор с помощью команды show spanning tree:

Switch1:

```

L2-1#show spanning-tree
VLAN0001
  Spanning tree enabled protocol ieee
  Root ID    Priority    32769
             Address     0003.E489.2B1B
             Cost        38
             Port        25(GigabitEthernet0/1)
             Hello Time  2 sec  Max Age 20 sec  Forward Delay 15 sec

  Bridge ID  Priority    32769 (priority 32768 sys-id-ext 1)
             Address     0060.5C02.7BC1
             Hello Time  2 sec  Max Age 20 sec  Forward Delay 15 sec
             Aging Time  20

Interface                Role Sts Cost      Prio.Nbr Type
-----
Fa0/11                   Altn BLK 19       128.11  P2p
Gi0/1                    Root FWD 19       128.25  P2p

VLAN0010
  Spanning tree enabled protocol ieee
  Root ID    Priority    32778
             Address     0003.E489.2B1B
             Cost        38
             Port        25(GigabitEthernet0/1)
             Hello Time  2 sec  Max Age 20 sec  Forward Delay 15 sec

  Bridge ID  Priority    32778 (priority 32768 sys-id-ext 10)
--More--

```

Switch2:

```

L2-2>enable
L2-2#show spanning-tree
VLAN0001
  Spanning tree enabled protocol ieee
  Root ID    Priority    32769
             Address     0003.E489.2B1B
             Cost        38
             Port        7(FastEthernet0/7)
             Hello Time  2 sec  Max Age 20 sec  Forward Delay 15 sec

  Bridge ID  Priority    32769 (priority 32768 sys-id-ext 1)
             Address     000A.F3D9.BEC5
             Hello Time  2 sec  Max Age 20 sec  Forward Delay 15 sec
             Aging Time  20

Interface                Role Sts Cost      Prio.Nbr Type
-----
Fa0/7                    Root FWD 19       128.7   P2p
Fa0/8                   Desg FWD 19       128.8   P2p

VLAN0010
  Spanning tree enabled protocol ieee
  Root ID    Priority    32778
             Address     0003.E489.2B1B
             Cost        38
             Port        7(FastEthernet0/7)
             Hello Time  2 sec  Max Age 20 sec  Forward Delay 15 sec

  Bridge ID  Priority    32778 (priority 32768 sys-id-ext 10)
--More--

```

Switch3:

```
L2-3#show spanning-tree
VLAN0001
  Spanning tree enabled protocol ieee
  Root ID    Priority    32769
             Address     0003.E489.2B1B
             Cost        19
             Port        7(FastEthernet0/7)
             Hello Time  2 sec  Max Age 20 sec  Forward Delay 15 sec

  Bridge ID  Priority    32769  (priority 32768 sys-id-ext 1)
             Address     0003.E4C6.4167
             Hello Time  2 sec  Max Age 20 sec  Forward Delay 15 sec
             Aging Time  20

Interface                Role Sts Cost      Prio.Nbr Type
-----
Fa0/7                    Root FWD 19        128.7   P2p
Fa0/9                    Desg FWD 19        128.9   P2p
Gi0/1                    Desg FWD 19        128.25  P2p

VLAN0010
  Spanning tree enabled protocol ieee
  Root ID    Priority    32778
             Address     0003.E489.2B1B
             Cost        19
             Port        7(FastEthernet0/7)
             Hello Time  2 sec  Max Age 20 sec  Forward Delay 15 sec

  Bridge ID  Priority    32778  (priority 32768 sys-id-ext 10)
             Address     0003.E4C6.4167
             Hello Time  2 sec  Max Age 20 sec  Forward Delay 15 sec
             Aging Time  20

Interface                Role Sts Cost      Prio.Nbr Type
-----
```

L3 switch:

```
L3>enable
L3#show spanning-tree
VLAN0001
  Spanning tree enabled protocol ieee
  Root ID    Priority    32769
             Address     0003.E489.2B1B
             This bridge is the root
             Hello Time  2 sec  Max Age 20 sec  Forward Delay 15 sec

  Bridge ID  Priority    32769  (priority 32768 sys-id-ext 1)
             Address     0003.E489.2B1B
             Hello Time  2 sec  Max Age 20 sec  Forward Delay 15 sec
             Aging Time  20

Interface                Role Sts Cost      Prio.Nbr Type
-----
Fa0/1                    Desg FWD 19        128.1   P2p

VLAN0010
  Spanning tree enabled protocol ieee
  Root ID    Priority    32778
             Address     0003.E489.2B1B
             This bridge is the root
             Hello Time  2 sec  Max Age 20 sec  Forward Delay 15 sec

  Bridge ID  Priority    32778  (priority 32768 sys-id-ext 10)
             Address     0003.E489.2B1B
             Hello Time  2 sec  Max Age 20 sec  Forward Delay 15 sec

--More--
```

Как можно заметить, корнем дерева в моей схеме является коммутатор L3.

Почему так?

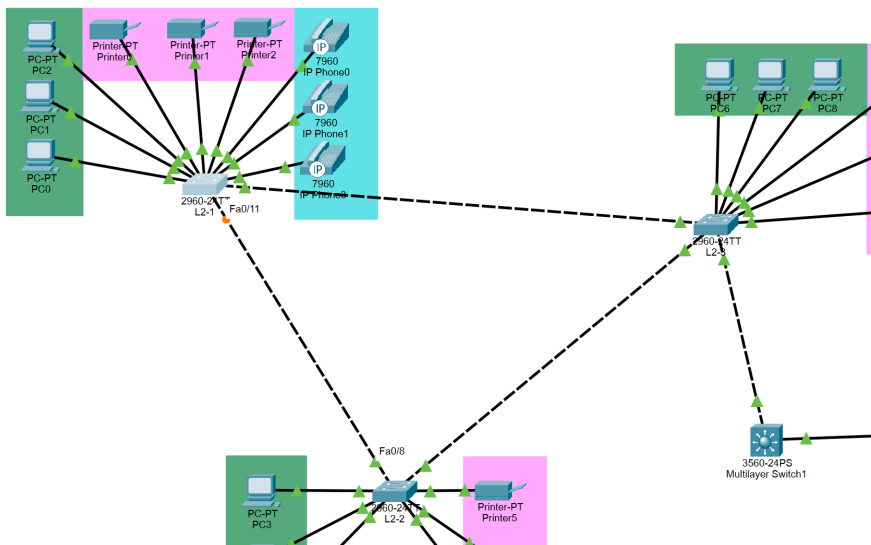
У всех коммутаторов Bridge Priority одинаковы и равны 32769. В таком случае побеждает коммутатор с наименьшим MAC-адресом.

Имя	Mac адрес
-----	-----------

L2-1	0060.5C02.7BC1
L2-2	000A.F3D9.BEC5
L2-3	0003.E4C6.4167
L3	0003.E489.2B1B

Как можно заметить, у L3 и есть самый маленький MAC-адрес, именно поэтому определение корневого коммутатора выбрано верно.

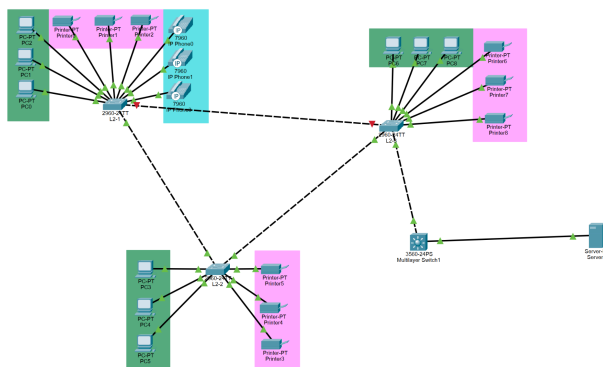
На изображении видно, что порт Fa0/11 первого коммутатора будет резервным.



В случае, если будет отключен порт Gig0/1 на первом коммутаторе, то будет использован резервный порт Fa0/11:

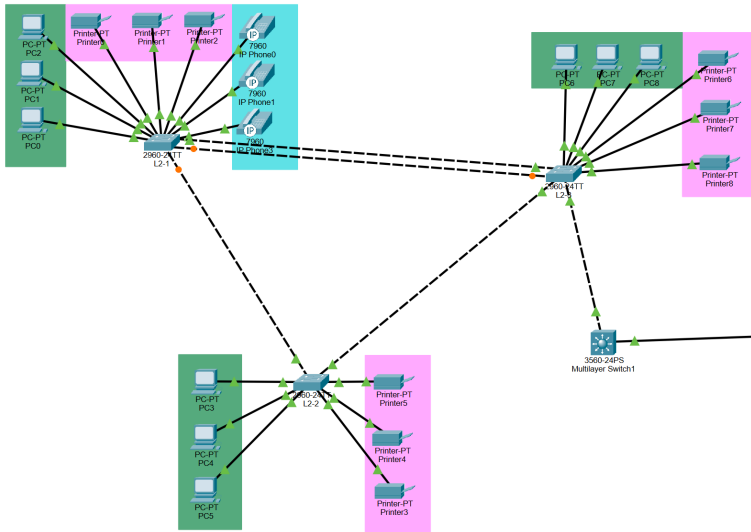
```
L2-1>enable
L2-1#config t
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
L2-1(config)#int Gig0/1
L2-1(config-if)#shutdown

L2-1(config-if)#
%LINK-5-CHANGED: Interface GigabitEthernet0/1, changed state to administratively down
%LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface GigabitEthernet0/1, changed state to down
```



1.2. Тестирование протокола RSTP.

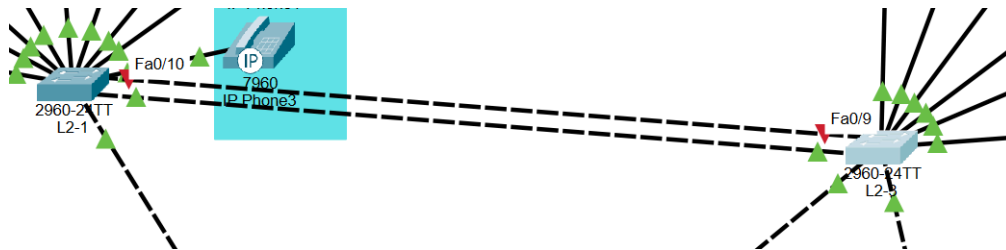
У меня 5 вариант, так что мой остаток от деления на 4 то есть вариант: 1 (1-й и 3-й коммутатор)



В паре L2-1 и L2-3 **L2-3** будет считаться корневым коммутатором, так как его MAC-адрес меньше.

время сходимости для протокола STP

Был отключен Fa0/9



Сходимость сети после изменения топологии составила около 32 секунд.

Сокращение времени переключения.

```
L2-1#config t
Enter configuration commands, one per line.  End with CNTL/Z.
L2-1(config)#spanning-tree mode rapid-pvst
L2-1(config)#

L2-3#config t
Enter configuration commands, one per line.  End with CNTL/Z.
L2-3(config)#spanning-tree mode rapid-pvst
L2-3(config)#
```

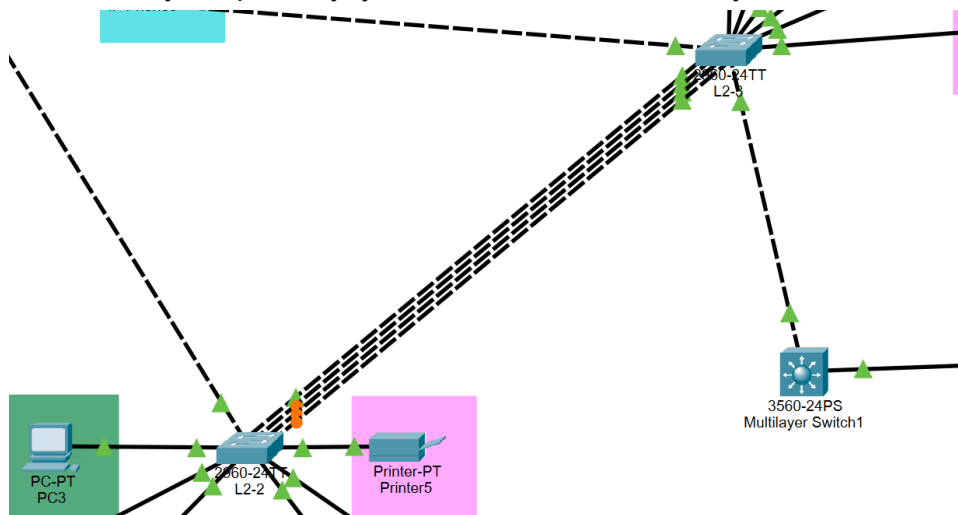
Переводим оба коммутатора в режим Rapid PVST и заново замеряем время сходимости отключив тот же порт:

Теперь при отключении одного из портов коммутаторы сходятся быстрее чем за секунду.

Часть 2: Работа с протоколом EtherChannel.

2.2. Статическое агрегирование.

По моему варианту мне нужно соединить 2 коммутатора L2 агрегацией каналов. И этими коммутаторами будут L2-2 и L2-3, а каналов будет 4.



Изначально протокол STP ставит в резерв 3 порта для избежания заикливания

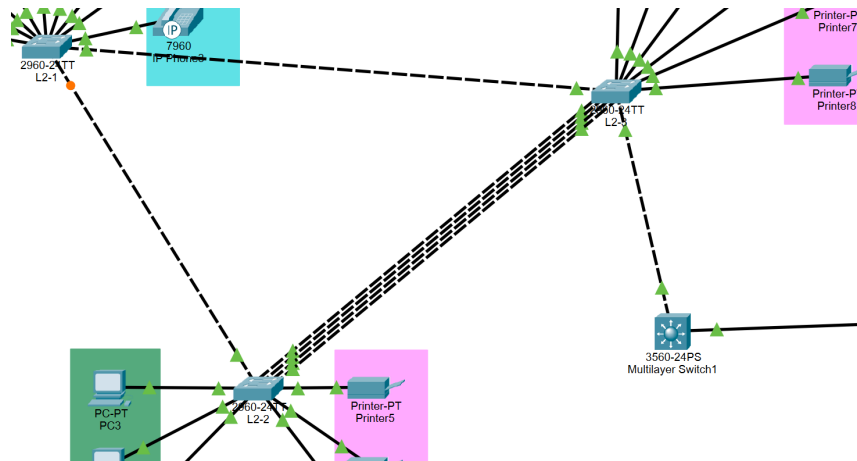
```
L2-2>enable
L2-2#configure terminal
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
L2-2(config)#interface range fa0/10 - 13
L2-2(config-if-range)#switchport mode trunk
```

```
L2-2(config-if-range)#channel-group 1 mode on
L2-2(config-if-range)#exit
```

```
L2-3>enable
L2-3#configure terminal
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
L2-3(config)#interface range fa0/10 - 13
L2-3(config-if-range)#switchport mode trunk
```

```
L2-3(config-if-range)#channel-group 1 mode on
L2-3(config-if-range)#exit
```


После выполнения команд настройки агрегации начали работать все порты:



Проверка состояние EtherChannel:

Вводим команду проверки на обоих коммутаторах:

```
L2-2#show etherchannel summary
Flags:  D - down          P - in port-channel
        I - stand-alone  s - suspended
        H - Hot-standby (LACP only)
        R - Layer3       S - Layer2
        U - in use       f - failed to allocate aggregator
        u - unsuitable for bundling
        w - waiting to be aggregated
        d - default port

Number of channel-groups in use: 1
Number of aggregators:          1

Group  Port-channel  Protocol    Ports
-----+-----+-----+-----
1      Po1(SU)        -           Fa0/10(P) Fa0/11(P) Fa0/12(P) Fa0/13(P)

L2-3#show etherchannel summary
Flags:  D - down          P - in port-channel
        I - stand-alone  s - suspended
        H - Hot-standby (LACP only)
        R - Layer3       S - Layer2
        U - in use       f - failed to allocate aggregator
        u - unsuitable for bundling
        w - waiting to be aggregated
        d - default port

Number of channel-groups in use: 1
Number of aggregators:          1

Group  Port-channel  Protocol    Ports
-----+-----+-----+-----
1      Po1(SU)        -           Fa0/10(P) Fa0/11(P) Fa0/12(P) Fa0/13(P)
```

Расшифровка:

SU — интерфейс Up и активен.

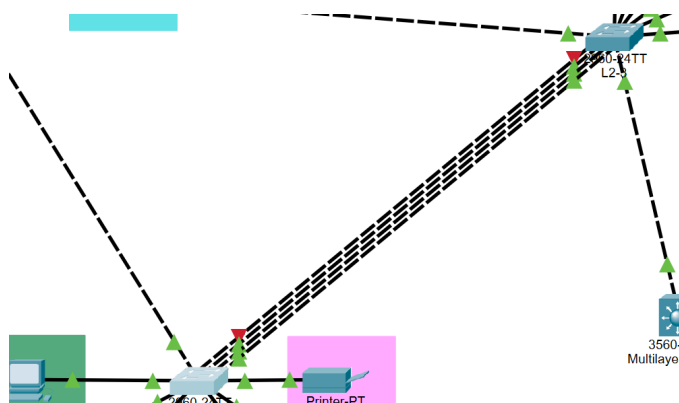
Protocol: - значит используется статическое агрегирование.

(P) — порт участвует в EtherChannel.

Отключение одного из физических портов.

Отключаем один из портов

```
-- --  
L2-2#config t  
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.  
L2-2(config)#int Fa0/10  
L2-2(config-if)#shut
```



Но как можно заметить, что fa0/10 исчез, а остальные работают — трафик всё ещё идёт, т.к. работает резервирование через EtherChannel.

Подтверждение:

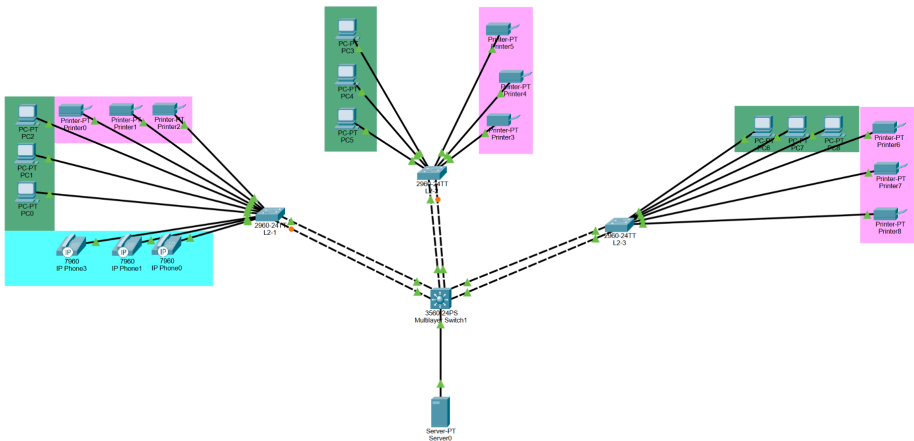
```
Cisco Packet Tracer PC Command Line 1.0  
C:\>ping 10.10.0.4  
  
Pinging 10.10.0.4 with 32 bytes of data:  
  
Reply from 10.10.0.4: bytes=32 time<1ms TTL=128  
Reply from 10.10.0.4: bytes=32 time<1ms TTL=128  
Reply from 10.10.0.4: bytes=32 time<1ms TTL=128  
Reply from 10.10.0.4: bytes=32 time<1ms TTL=128  
  
Ping statistics for 10.10.0.4:  
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),  
Approximate round trip times in milli-seconds:  
    Minimum = 0ms, Maximum = 0ms, Average = 0ms  
  
C:\>|
```

Пинг ПК с одного коммутатора на другой проходит успешно.

```
L2-2#show spanning-tree  
VLAN0001  
Spanning tree enabled protocol ieee  
Root ID    Priority    32769  
Address    0003.E489.2B1B  
Cost       27  
Port       27(Port-channel1)  
Hello Time 2 sec Max Age 20 sec Forward Delay 15 sec  
  
Bridge ID  Priority    32769 (priority 32768 sys-id-ext 1)  
Address    000A.F3D9.BEC5  
Hello Time 2 sec Max Age 20 sec Forward Delay 15 sec  
Aging Time 20  
  
Interface    Role Sts Cost      Prio.Nbr Type  
-----  
Po1          Root FWD 8         128.27   Shr  
Fa0/8        Desg FWD 19        128.8    P2p
```

Также используя STP для проверки можно заметить, что все порты участвуют как единый Po1, что также доказывает, что агрегирование работает.

2.2. Динамическое агрегирование LACP.



Настраиваем динамическое агрегирование через настройки центрального коммутатора:

```
L3>!
L3>enable
L3#configure terminal
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
L3(config)#int range fa0/2-3
L3(config-if-range)#channel-protocol lacp
L3(config-if-range)#channel-group 1 mode active
L3(config-if-range)#exit
L3(config)#!
L3(config)#!
L3(config)#int range fa0/4-5
L3(config-if-range)#channel-protocol lacp
L3(config-if-range)#channel-group 2 mode active
L3(config-if-range)#exit
L3(config)#!
L3(config)#!
L3(config)#int range fa0/6-7
L3(config-if-range)#channel-protocol lacp
L3(config-if-range)#channel-group 3 mode active
L3(config-if-range)#exit
Creating a port-channel interface Port-channel 1
```

Дальше переходим в настройки коммутаторов L2:

```
L2-1>enable
L2-1#configure terminal
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
L2-1(config)#int range fa0/10-11
L2-1(config-if-range)#channel-protocol lacp
L2-1(config-if-range)#! passive . . active 1
L2-1(config-if-range)#channel-group 1 mode passive
L2-1(config-if-range)#end
L2-1#wr mem
Creating a port-channel interface Port-channel 1
```

```

L2-2>enable
L2-2#configure terminal
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
L2-2(config)#int range fa0/10-11
L2-2(config-if-range)#channel-protocol lacp
L2-2(config-if-range)#! passive cause its better to use active on 1 side only
L2-2(config-if-range)#channel-group 1 mode passive
L2-2(config-if-range)#end
L2-2#wr mem
Creating a port-channel interface Port-channel 1

%LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface FastEthernet0/10, changed state to down

%LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface FastEthernet0/10, changed state to up

%LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface FastEthernet0/11, changed state to down

%LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface FastEthernet0/11, changed state to up

%SYS-5-CONFIG_I: Configured from console by console

L2-3>enable
L2-3#configure terminal
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
L2-3(config)#int range fa0/10-11
L2-3(config-if-range)#channel-protocol lacp
L2-3(config-if-range)#! passive cause its better to use active on 1 side only
L2-3(config-if-range)#channel-group 1 mode passive
L2-3(config-if-range)#end
L2-3#wr mem
Creating a port-channel interface Port-channel 1

%LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface FastEthernet0/10, changed state to down

%LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface FastEthernet0/10, changed state to up

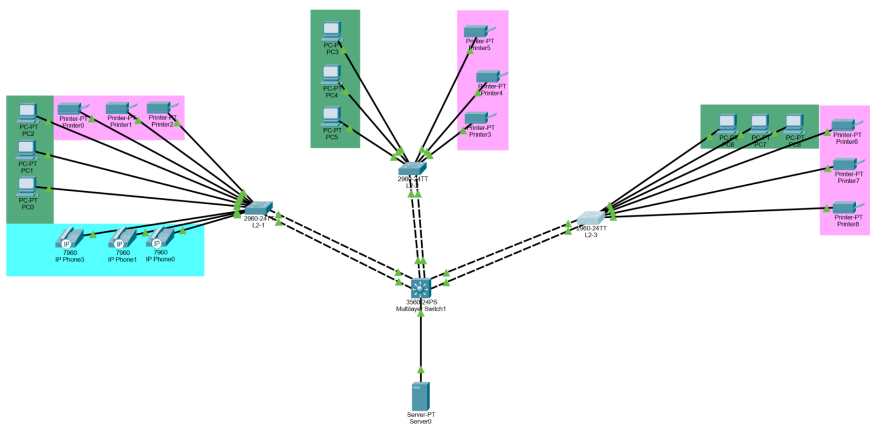
%LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface FastEthernet0/11, changed state to down

%LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface FastEthernet0/11, changed state to up

%SYS-5-CONFIG_I: Configured from console by console

Building configuration...
[OK]
L2-3#

```



Проверка:

```
L3#show etherchannel summary
Flags: D - down          P - in port-channel
       I - stand-alone  s - suspended
       H - Hot-standby (LACP only)
       R - Layer3        S - Layer2
       U - in use        f - failed to allocate aggregator
       u - unsuitable for bundling
       w - waiting to be aggregated
       d - default port
```

```
Number of channel-groups in use: 3
Number of aggregators:          3
```

Group	Port-channel	Protocol	Ports
1	Po1(SU)	LACP	Fa0/2(P) Fa0/3(P)
2	Po2(SU)	LACP	Fa0/4(P) Fa0/5(P)
3	Po3(SU)	LACP	Fa0/6(P) Fa0/7(P)

LACP - значит используется динамическое агрегирование.

```
L3#show spanning-tree
VLAN0001
  Spanning tree enabled protocol ieee
  Root ID    Priority    32769
             Address     0003.E489.2B1B
             This bridge is the root
             Hello Time 2 sec  Max Age 20 sec  Forward Delay 15 sec

  Bridge ID  Priority    32769 (priority 32768 sys-id-ext 1)
             Address     0003.E489.2B1B
             Hello Time 2 sec  Max Age 20 sec  Forward Delay 15 sec
             Aging Time  20
```

Interface	Role	Sts	Cost	Prio.Nbr	Type
Po1	Desg	FWD	12	128.27	Shr
Po3	Desg	FWD	12	128.29	Shr
Po2	Desg	FWD	12	128.28	Shr

Тут также можно заметить, что порты слиты воедино.

Передача пакетов в симуляции также работает:

Fire	Last Status	Source	Destination	Type	Color	Time(sec)	Periodic	Num	Edit	Delete
	Successful	IP Ph...	PC6	IC...		0.000	N	0	(e...	(delete)

Если же на середине процесса отключить один из портов, то пакет все равно дойдет

The screenshot shows a network simulation environment. On the left, a topology diagram displays a '3500 24PS Multilayer Switch1' connected to a 'Server-PT Server0'. On the right, a packet capture window is open, showing a list of visible events. Below this, a packet list table is visible, showing a successful transmission from PC1 to PC6. The table includes columns for Fire, Last Status, Source, Destination, Type, Color, Time(sec), Periodic, Num, Edit, and Delete. The packet is marked as 'Successful' and has a time of 0.000 seconds.

Вывод

В ходе лабораторной работы я ознакомилась с механизмами повышения отказоустойчивости сетей на основе коммутаторов, а также на практике применила протоколы STP, RSTP и технологии агрегирования каналов. Настройка статического и динамического EtherChannel позволила убедиться в возможностях объединения каналов для повышения надёжности и производительности сети.