

## Тема «Spanning Tree Protocol»

(Масич ГФ, версия 2, 19.04.2022)

### Порядок выполнения лабораторной работы на эмуляторе CISCO Packet Tracer

Функция STP - создание из физической петлевой топологии логическую беспетлевую топологию.

Соберите топологию заданного варианта на эмуляторе CISCO Packet Tracer (далее по тексту СРТ). Пример топологии представлен на рисунке 1.

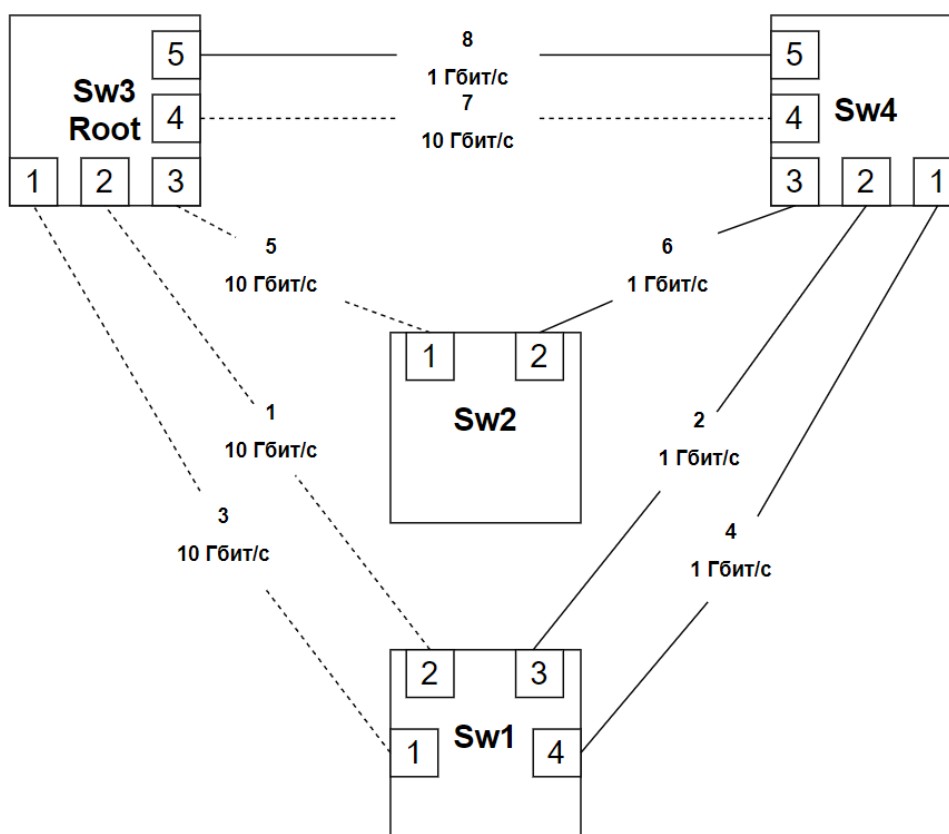


Рисунок 1 – Заданная топология

Построим заданную топологию на 4 коммутаторах 2690, для этого внизу на панели инструментов выберите пункт «Switches» и нажмите `ctrl + ЛКМ` по 2690, что приведён на рисунке 2. (ЛКМ - левая клавиша мышки)

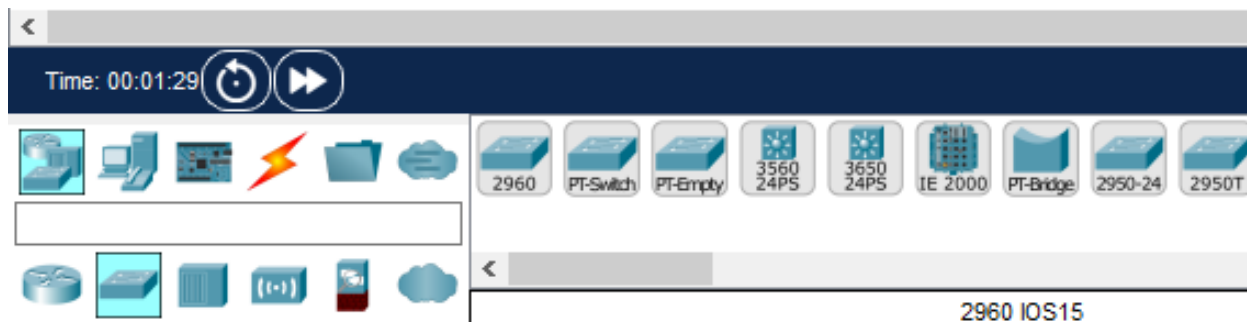


Рисунок 2 – Панель выбора

Затем на рабочей области нажатием ЛКМ расположите 4 коммутатора, после чего нажмите на клавиатуре на клавишу ESC. Должно получиться как на рисунке 3.

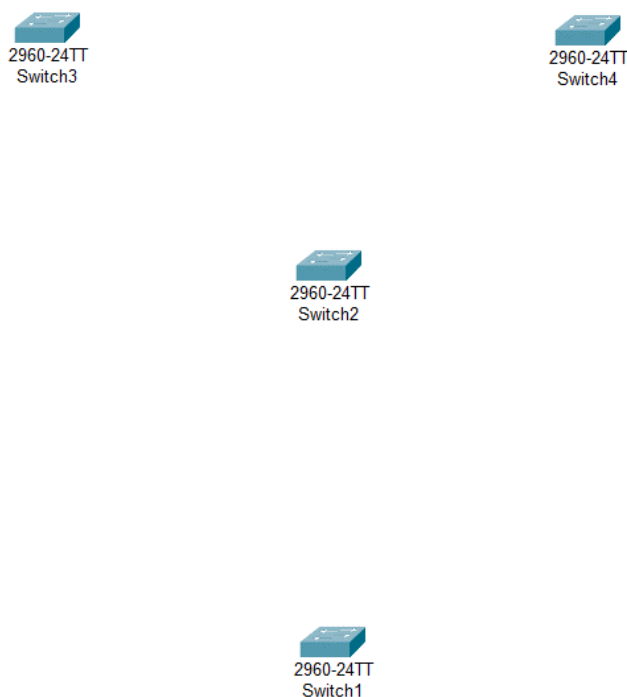


Рисунок 3 – Рабочая область с коммутаторами

После расположения коммутаторов необходимо их соединить. Для этого в той же панели инструментов внизу выберите пункт «Connections» (Рисунок 4). В заданной топологии основные сегменты сети обозначены сплошной линией, а резервные – пунктирной. Для визуального соответствия заданной топологии обозначим основные сегменты элементом «Copper Straight-Through», а резервные «Copper Cross-Over».



Рисунок 4 – Панель выбора соединений

Поочередно нажимайте на два коммутатора, которые необходимо соединить, выбирая порты подключения согласно топологии. После выполнения данной манипуляции необходимо подождать автоматической инициализации в реальном времени. О завершении инициализации можно узнать, когда на выходах коммутаторов, появятся зеленые треугольники (Порт на передачу Forward) и оранжевые круги (Заблокированный порт Blocked), результат приведен на рисунке 5.

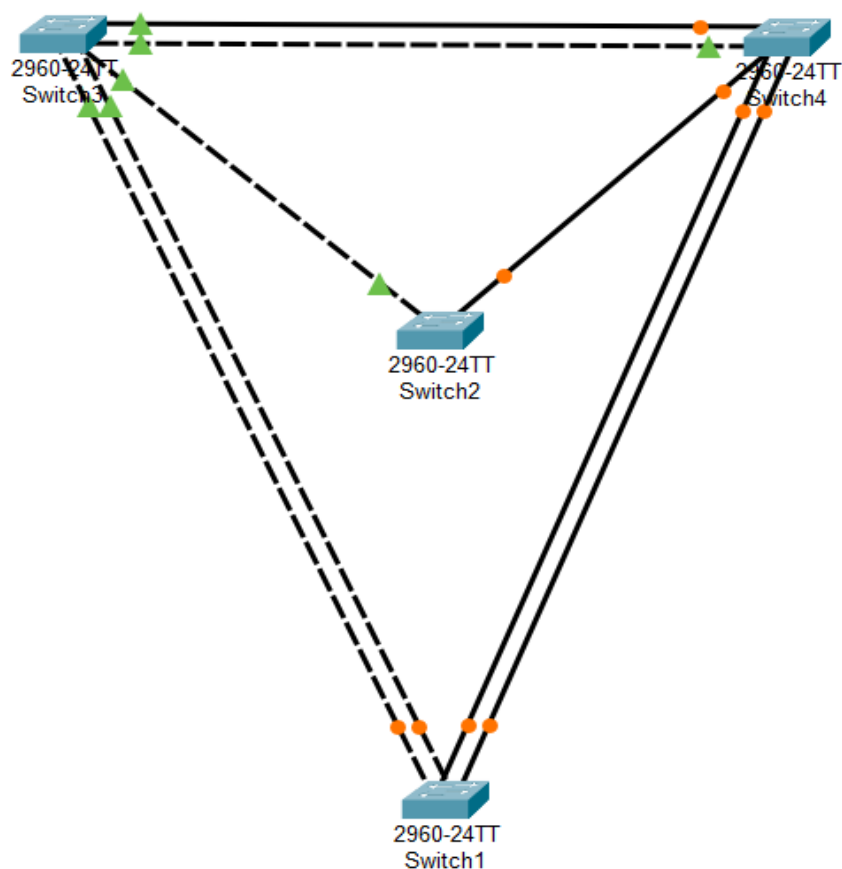


Рисунок 5 – Схема в рабочей области

Далее необходимо назначить скорость сегментов согласно варианту. Однако в данном симуляторе не представлены все коммутаторы,

соответственно отсутствуют те, что способны работать со скоростью в 10 Гбит/с, а коммутаторы, которые могут работать со скоростью 1 Гбит/с имеют один-два таких порта. Чтобы выйти из данной ситуации, работа будет представлена с интерфейсом FastEthernet, который может работать со скоростями 100 и 10 Мбит/с. Стоимость для таких скоростей будет составлять 19 и 100 соответственно.

Для того, чтобы изменить пропускную способность порта, необходимо нажать левой кнопкой мыши на интересующий коммутатор, перейти в раздел Config, выбрать нужный интерфейс, убрать галочку с пункта Auto – Bandwidth и установить флаг на 100 или 10 Mbps соответственно (рисунок 6).

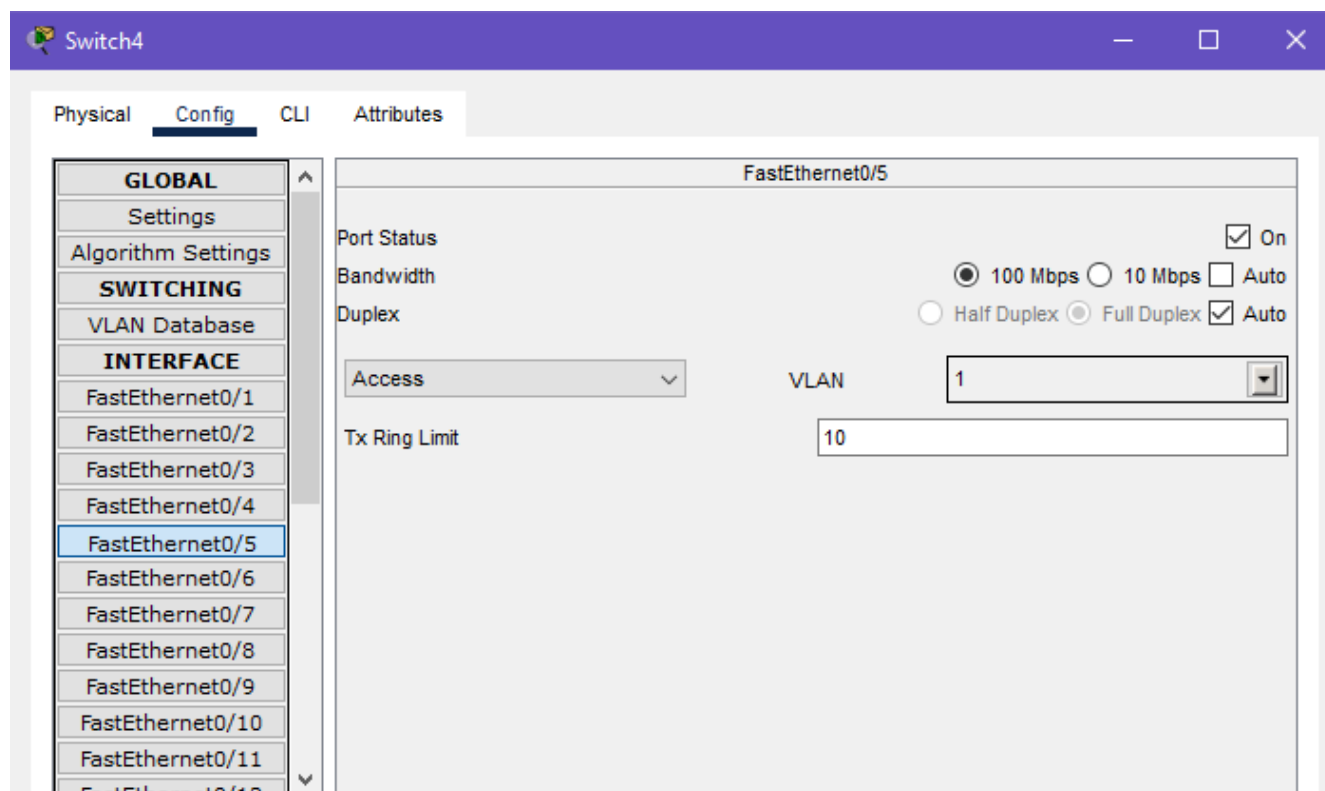


Рисунок 6 – Вкладка конфигурации в коммутаторе №4 порта FastEthernet 0/5

Такую операцию необходимо проделать с каждым портом каждого коммутатора, установив значение 100 Мбит/с на место, соответствующее сегменту 10 Гбит/с и значение 10 Мбит/с на место, соответствующее сегменту 1 Гбит/с, согласно варианту.

Перейдите в режим симуляции (правый нижний угол интерфейса, рисунок 7)



Рисунок 7 – Режимы работ симулятора

и убедитесь, что работает протокол STP, выберите любое отправленное сообщение в разделе Simulation panel (рисунок 8).

Simulation Panel

Vis.	Time(sec)	Last Device	At Device	Type
	0.944	--	Switch3	STP
	0.945	Switch3	Switch2	STP
	0.945	Switch3	Switch1	STP
	0.945	Switch3	Switch4	STP
	0.945	Switch3	Switch1	STP
	0.945	Switch3	Switch4	STP
	0.946	Switch2	Switch4	STP
	0.946	Switch4	Switch1	STP
	0.946	Switch4	Switch1	STP

Рисунок 8 – Панель симуляции

Содержание уровней «OSI Model» отображено на рис. 9. На Layer 2 видим MAC адреса отправителя и получателя передаваемого STP BPDU кадра.

Чтобы посмотреть содержимое полей BPDU кадра переходим на вкладку «Inbound PDU Details» и видим (см. рис. 10) значение полей STP BPDU.

PDU Information at Device: Switch1

OSI Model    Inbound PDU Details

At Device: Switch1  
 Source: Switch3  
 Destination: STP Multicast Address

**In Layers**

Layer7
Layer6
Layer5
Layer4
Layer3
Layer 2: IEEE 802.3 Header 0060.3E0D.BC02 >> 0180.C200.0000 LLC STP BPDU
Layer 1: Port FastEthernet0/2

**Out Layers**

Layer7
Layer6
Layer5
Layer4
Layer3
Layer2
Layer1

Рисунок 9 – на Layer 2 OSI Model передается STP PDU кадр

PDU Information at Device: Switch4

OSI Model    Inbound PDU Details    Outbound PDU Details

PDU Formats

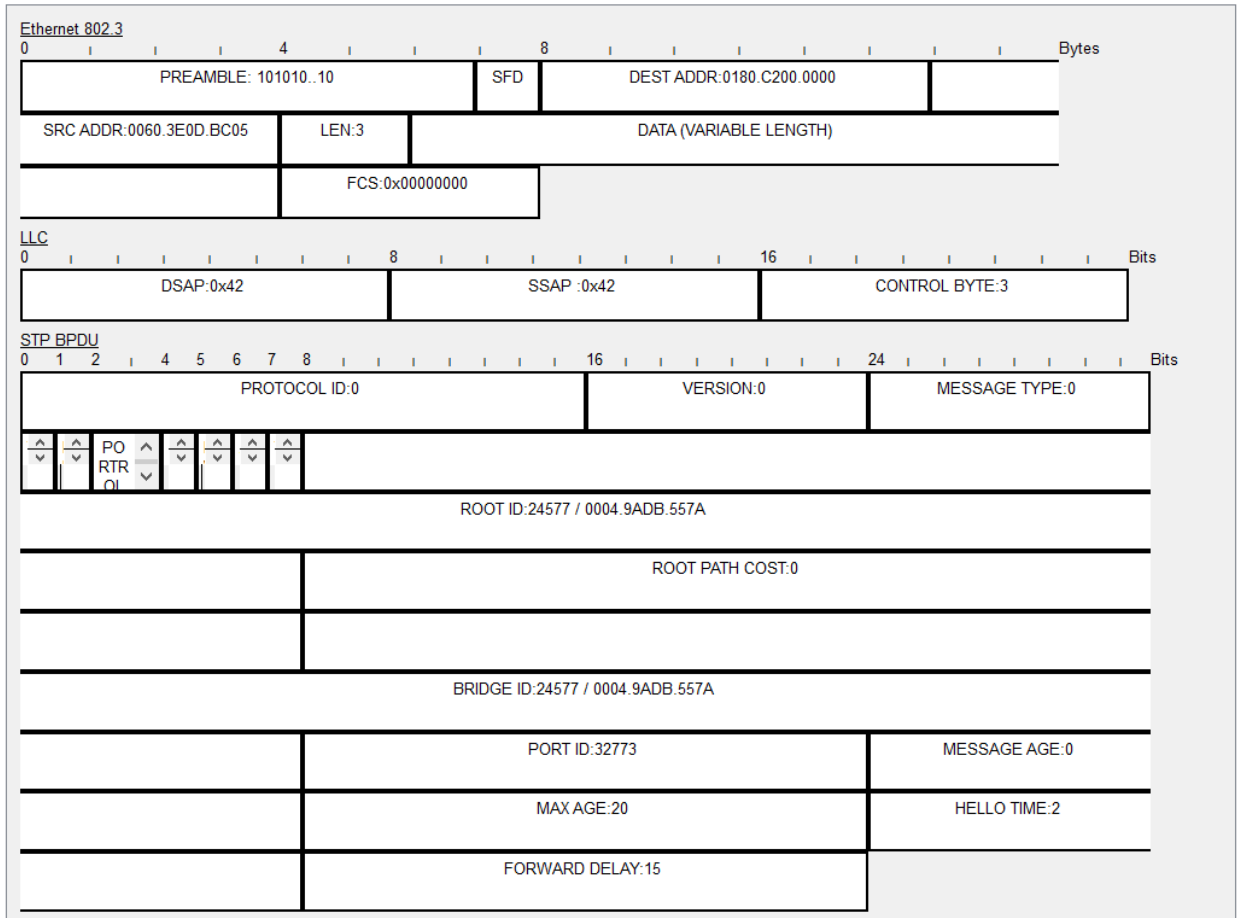


Рисунок 10 – Поля BPDU

После режима симуляции, программа самостоятельно построит беспетлевое дерево.

Согласно теории, корневым станет коммутатор с наименьшим BID (Bridge ID). А в передаваемых корневым коммутатором BPDU сообщениях Root ID = Bridge ID.

Чтобы определить корневой коммутатор, нажимаем на любой коммутатор, переходим во вкладку CLI, пишем в консоли:

- **en**

таким образом мы перешли в расширенный режим, затем пишем:

- **show spanning-tree**

на что получаем сводку данного коммутатора. Интерфейс портов, их стоимость, приоритет, статус работы (FWD – передача). У корневого коммутатора должно быть Root ID = Bridge ID, а также, что характерно для корневого коммутатора – все порты назначены (Desg). Также имеется надпись: This bridge is the root. Таким образом, перебирая коммутаторы, ищем корневой. В нашем случае корневым является Switch3 (рисунок 11).

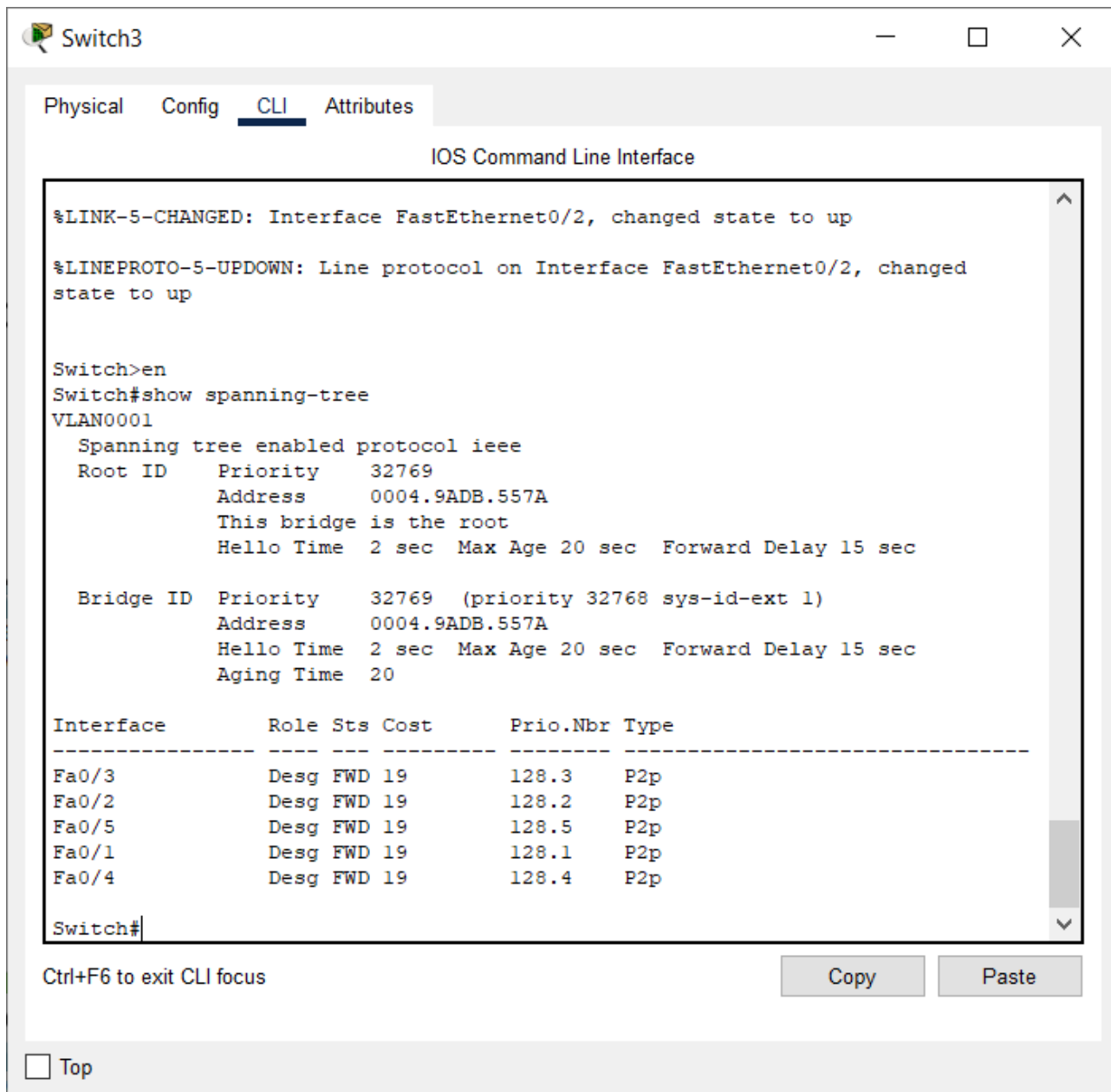


Рисунок 11 – Сводка коммутатора №3

И в сравнении с информацией о другом коммутаторе отметим тот факт, что у корневого коммутатора самый малый MAC-адрес, поскольку у CISCO железа по умолчанию всегда устанавливается одинаковый приоритет у параметра BID (Bridge ID Priority), как и поле приоритета у параметра PID (Prio.Nbr), изображенных на рисунках 11 и 12.



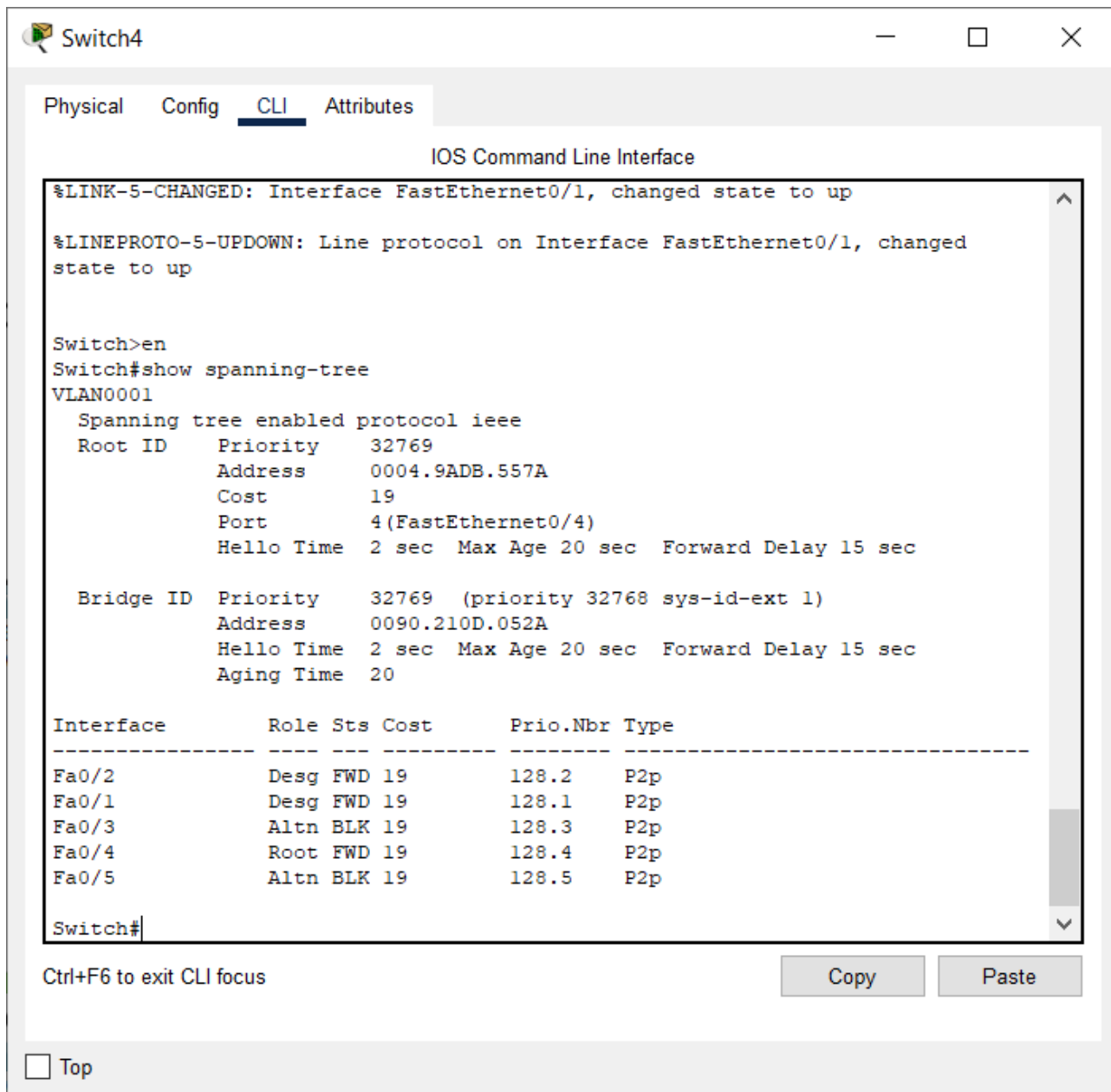


Рисунок 12 – Сводка коммутатора №4

## Пример построения STP-дерева заданной конфигурации

Цель работы - проверить правильное понимание теории посредством симулятора Cisco Packet Tracer.

Согласно задания (рисунок 13) требуется сделать корневым коммутатор 3 (изменяя приоритет моста), а также корневые и назначенные порты, управляя стоимостью и приоритетом портов. Используя теоретические сведения о принципах работы STP, в таблице 1 сформируем параметры конфигурации коммутаторов, обеспечивающие проектируемую топологию STP дерева (рисунок 13). Цветом в таблице 1 показаны подлежащие изменению параметры, обеспечивающие, как нам кажется, проектируемую топологию.

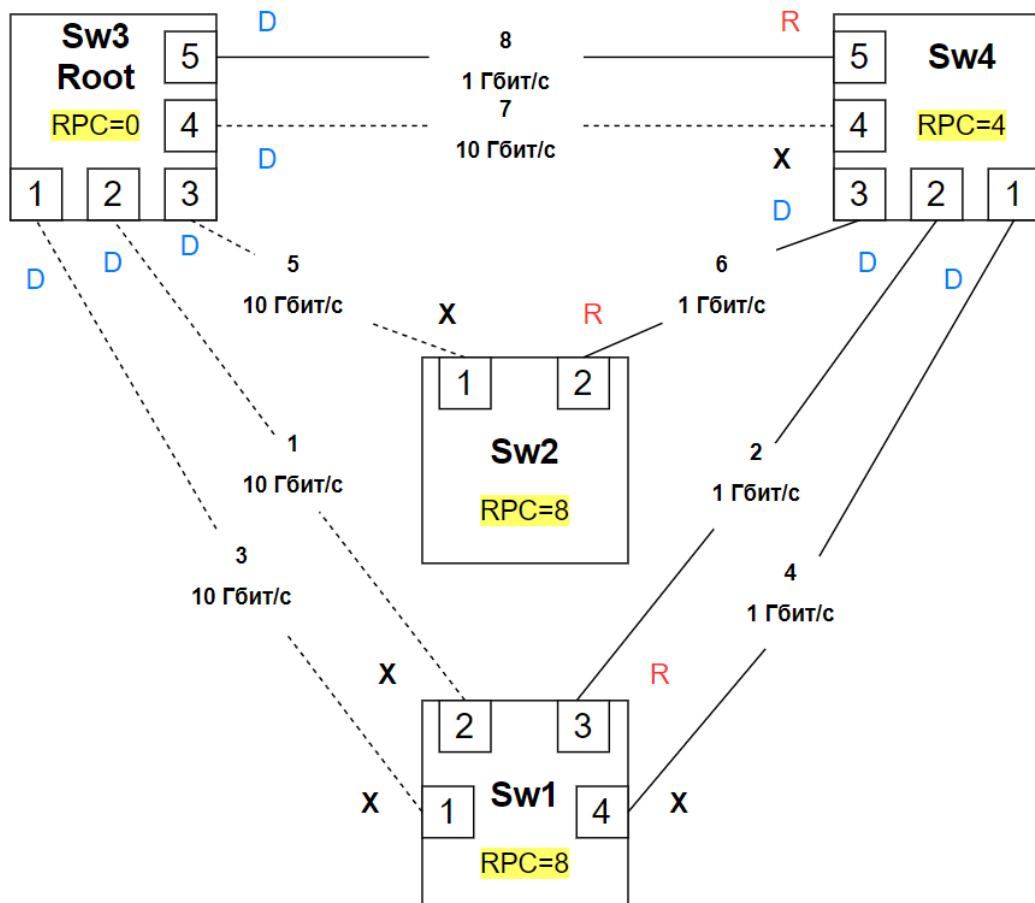


Рисунок 13 – Проектируемая топология сети / “пожелалка”

Таблица 1 – Конфигурация желаемой топологии сети

Switch №	BID		PID		PathCost	RPC
	Приоритет моста	MAC моста	Приоритет порта	Номер порта	Стоимость порта	Стоимость пути к корню
1	32768	AAAA.AAAA .AAAA	128	1	2(10)	0+10=10
			128	2	2(10)	0+10=10
			112	3	4	4+4=8
			128	4	4	4+4=8
2	28672	DDDD.DDDD .DDDD	128	1	2(10)	0+10=10
			128	2	4	4+4=8
3	24576	CCCC.CCCC. CCCC	128	1	2	0
			128	2	2	0
			128	3	2	0
			128	4	2	0
			128	5	4	0
4	36864	BBBB.BBBB. BBBB	128	1	4	4+8=12
			112	2	4	4+8=12
			128	3	4	4+8=12
			128	4	2(10)	0+10=10
			128	5	4	0+4=4

### Этап 1. Сделаем Sw3 корневым управляя BID мостов

Изменим приоритеты мостов с помощью последовательности команд:

- **en**
- **conf t**
- **spanning-tree vlan 1 priority приоритет\_моста**

Далее зайдём в сводку коммутатора 3 и убедимся, что switch3 стал корневым (рисунок 14). Отметим, что BID ID Priority = 24576 + 1=24577, поскольку к набранному нами для коммутатора 3 числу 24576

“spanning-tree vlan 1 priority 24576”

добавляется номер VLAN = 1

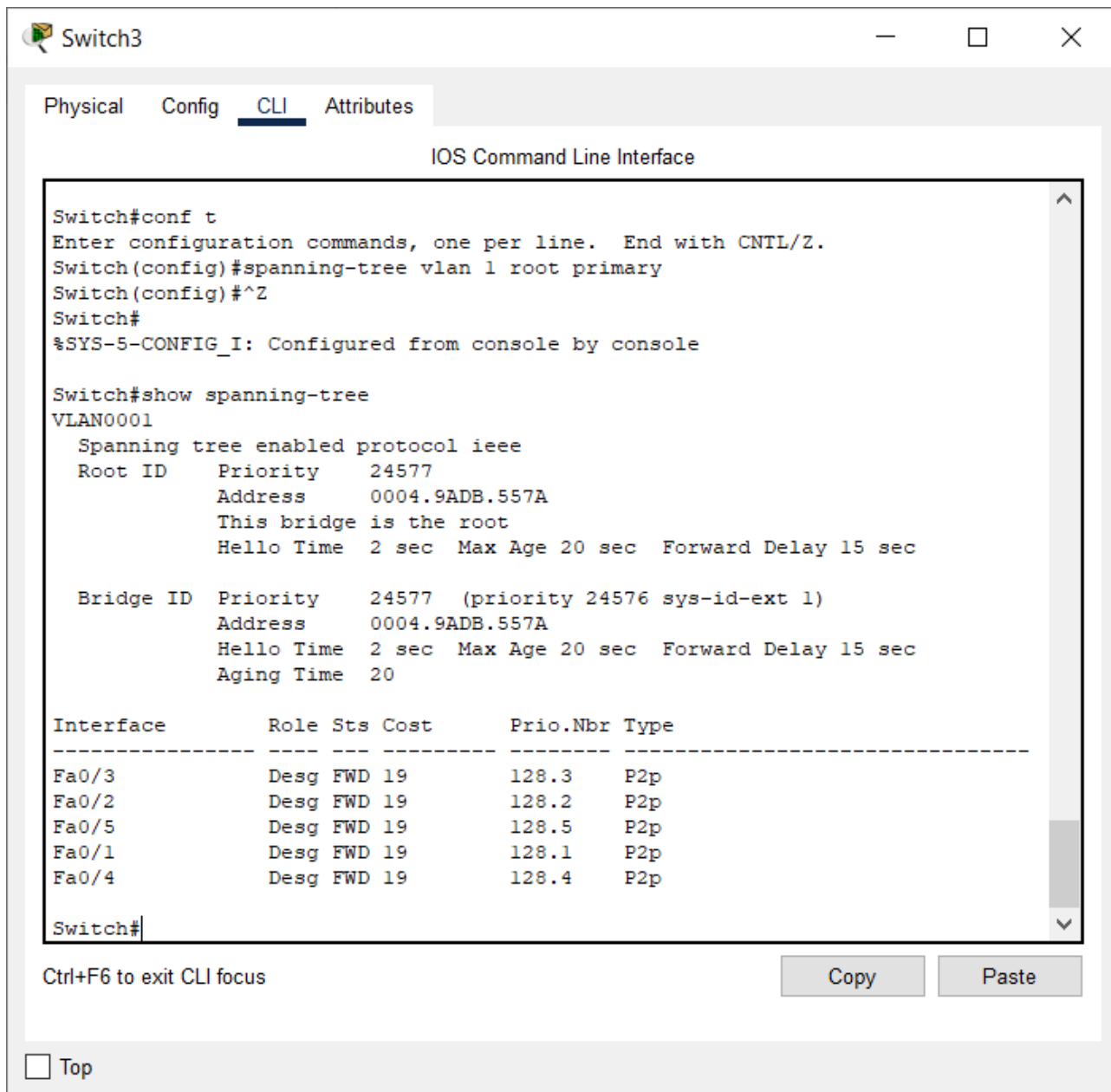


Рисунок 14 – Сводка коммутатора №3 после изменения приоритета моста

## Этап 2. Сделаем корневыми порты, согласно проектируемой топологии, управляя стоимостью и приоритетом портов

Далее, следуя таблице 1, нужно изменить значения поля “приоритет PID” и “PathCost” портов коммутаторов. Для этого во вкладке «Config», выберите нужный порт (рисунок 15), перейдите во вкладку «CLI» и используйте команды:

- **spanning-tree vlan 1 cost стоимость\_порта**
- **spanning-tree vlan 1 port-priority приоритет\_порта**

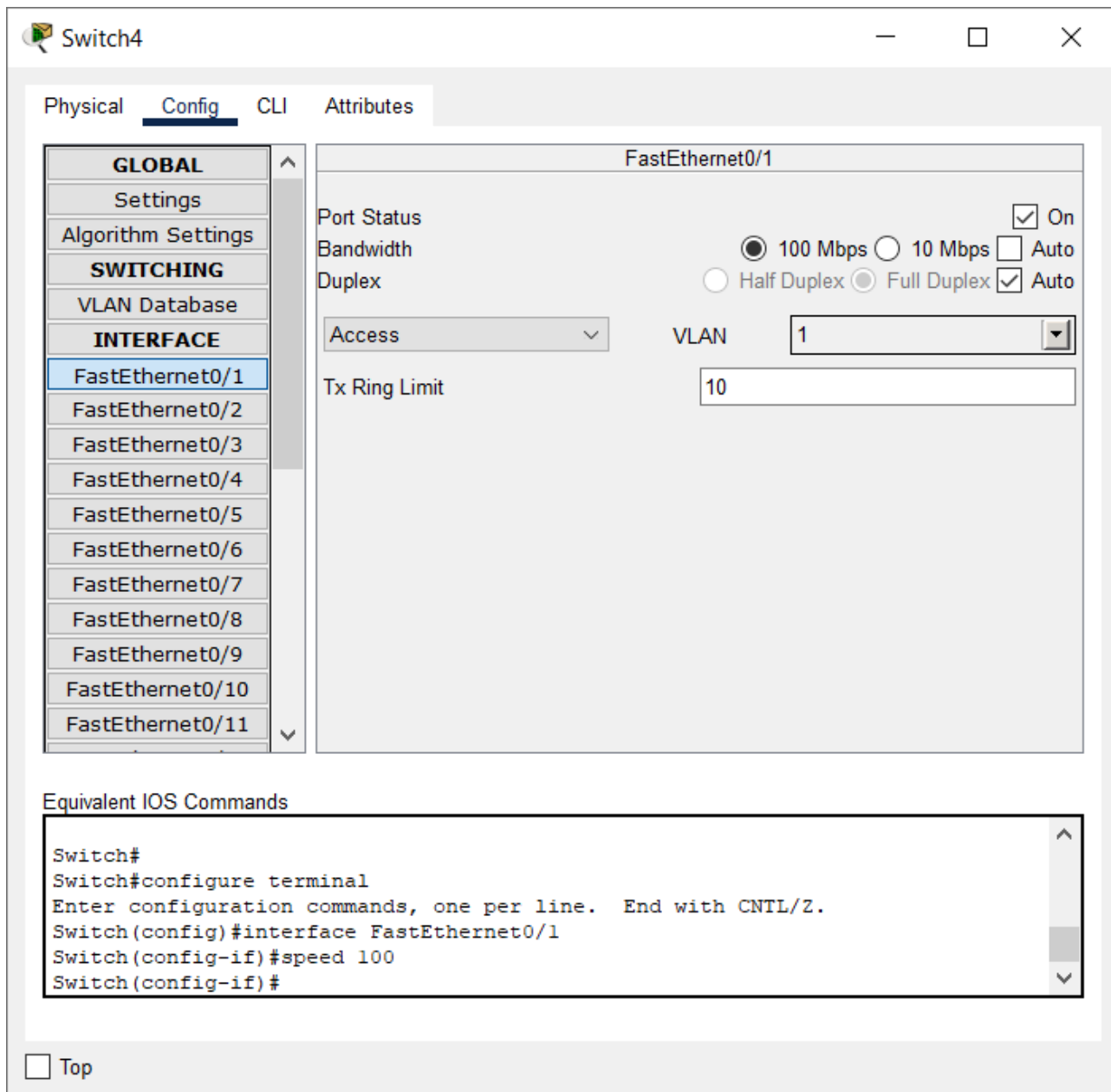


Рисунок 15 – Вкладка конфигурации в коммутаторе №4 порта FastEthernet 0/1

Для Switch4 порт 1 в таблице 1: стоимость порта 4, приоритет порта 112.

Выполним команды

- *spanning-tree vlan 1 cost 4*
- *spanning-tree vlan 1 port-priority 112*

Убедимся в их выполнении посмотрев состояние Switch4 командой

- *Show spanning-tree*

Сводка Switch4 после изменений настроек порта 2 показана на рисунке 16

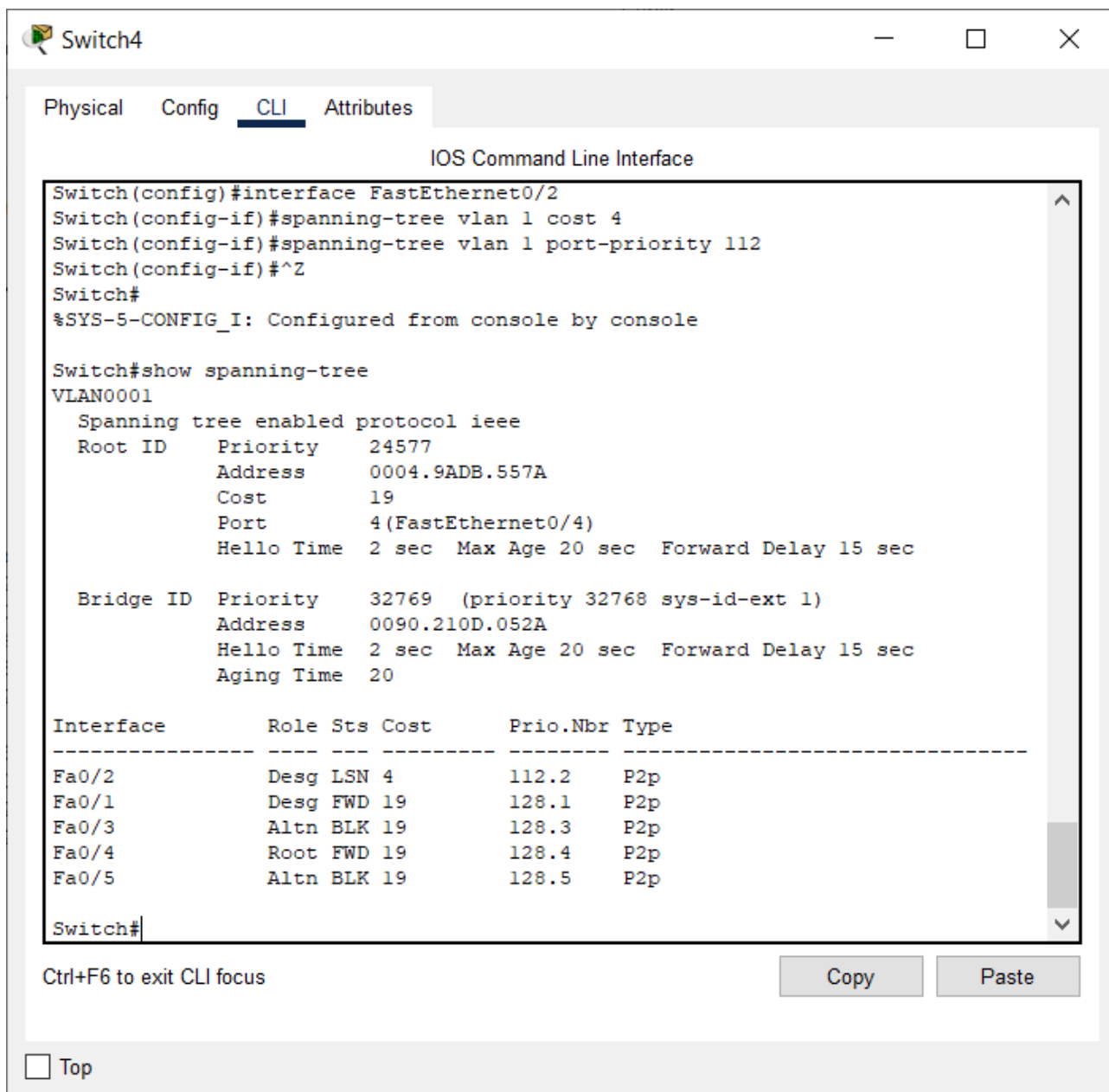


Рисунок 16 – Сводка Switch4 после изменений настроек порта 2

Проделаем эти операции для каждого порта каждого коммутатора, используя приведенные в таблице 1 параметры. Полученные результаты показаны на рисунках 17-20

Switch1

Physical Config CLI Attributes

IOS Command Line Interface

```

%LINK-5-CHANGED: Interface FastEthernet0/4, changed state to up

%LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface FastEthernet0/4, changed
state to up

Switch>en
Switch#show spanning-tree
VLAN0001
  Spanning tree enabled protocol ieee
  Root ID    Priority    24577
            Address    0004.9ADB.557A
            Cost      8
            Port      3(FastEthernet0/3)
            Hello Time 2 sec  Max Age 20 sec  Forward Delay 15 sec

  Bridge ID  Priority    32769  (priority 32768 sys-id-ext 1)
            Address    00E0.B028.36A7
            Hello Time 2 sec  Max Age 20 sec  Forward Delay 15 sec
            Aging Time 20

Interface          Role Sts Cost      Prio.Nbr Type
-----
Fa0/1              Altn BLK 10       128.1   P2p
Fa0/2              Altn BLK 10       128.2   P2p
Fa0/3              Root FWD 4        112.3   P2p
Fa0/4              Altn BLK 4        128.4   P2p

Switch#

```

Ctrl+F6 to exit CLI focus

Copy Paste

Top

			Prio	Nbr	Cost	RPC
1	32768	AAAA.AAAA.	128	1	2(10)	0+10=10
			128	2	2(10)	0+10=10
		AAAA	112	3	4	4+4=8
			128	4	4	4+4=8

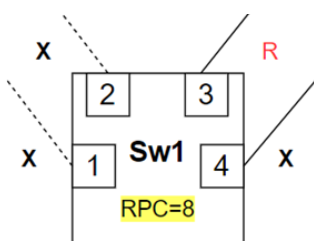


Рисунок 17 – Сводка Switch1, настроенного согласно таблице 1, сравнение проектируемых и полученных статусов и ролей портов

Switch2

Physical Config **CLI** Attributes

IOS Command Line Interface

```

%LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface FastEthernet0/1, changed
state to up

%LINK-5-CHANGED: Interface FastEthernet0/2, changed state to up

%LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface FastEthernet0/2, changed
state to up

Switch>en
Switch#show spanning-tree
VLAN0001
  Spanning tree enabled protocol ieee
  Root ID    Priority    24577
            Address     0004.9ADB.557A
            Cost       8
            Port       2 (FastEthernet0/2)
            Hello Time 2 sec  Max Age 20 sec  Forward Delay 15 sec

  Bridge ID  Priority    28673 (priority 28672 sys-id-ext 1)
            Address     0010.114C.4B39
            Hello Time 2 sec  Max Age 20 sec  Forward Delay 15 sec
            Aging Time 20

Interface      Role Sts Cost      Prio.Nbr Type
-----
Fa0/2          Root FWD 4         128.2    P2p
Fa0/1          Altn BLK 10        128.1    P2p
Switch#

```

Ctrl+F6 to exit CLI focus

Copy Paste

Top

			Prio	Nbr	Cost	RPC
2	28672	DDDD.DDDD .DDDD	128	1	2(10)	0+10=10
			128	2	4	4+4=8

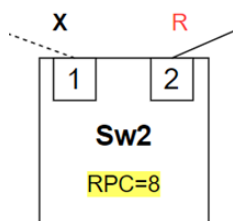


Рисунок 18 – Сводка Switch2, настроенного согласно таблице 1, сравнение проектируемых и полученных статусов и ролей портов



Switch3

Physical Config **CLI** Attributes

IOS Command Line Interface

```

%LINK-5-CHANGED: Interface FastEthernet0/4, changed state to up

%LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface FastEthernet0/4, changed
state to up

Switch>en
Switch#show spanning-tree
VLAN0001
  Spanning tree enabled protocol ieee
  Root ID    Priority    24577
            Address    0004.9ADB.557A
            This bridge is the root
            Hello Time 2 sec  Max Age 20 sec  Forward Delay 15 sec

  Bridge ID  Priority    24577 (priority 24576 sys-id-ext 1)
            Address    0004.9ADB.557A
            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 2           128.1   P2p
Fa0/4              Desg FWD 2           128.4   P2p
Fa0/3              Desg FWD 2           128.3   P2p
Fa0/2              Desg FWD 2           128.2   P2p
Fa0/5              Desg FWD 4           128.5   P2p
Switch#

```

Ctrl+F6 to exit CLI focus

Copy Paste

Top

			Prio	Nbr	Cost	RPC
3	24576	CCCC.CCCC. CCCC	128	1	2	0
			128	2	2	0
			128	3	2	0
			128	4	2	0
			128	5	4	0

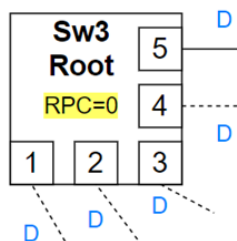


Рисунок 19 – Сводка Switch3, настроенного согласно таблице 1, сравнение проектируемых и полученных статусов и ролей портов

Switch4

Physical Config CLI Attributes

IOS Command Line Interface

```

%LINK-5-CHANGED: Interface FastEthernet0/1, changed state to up

%LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface FastEthernet0/1, changed
state to up

Switch>en
Switch#show spanning-tree
VLAN0001
  Spanning tree enabled protocol ieee
  Root ID    Priority    24577
            Address    0004.9ADB.557A
            Cost      4
            Port      5(FastEthernet0/5)
            Hello Time 2 sec  Max Age 20 sec  Forward Delay 15 sec

  Bridge ID  Priority    36865  (priority 36864 sys-id-ext 1)
            Address    0090.210D.052A
            Hello Time 2 sec  Max Age 20 sec  Forward Delay 15 sec
            Aging Time 20

Interface          Role Sts Cost      Prio.Nbr Type
-----
Fa0/2              Desg FWD 4        112.2   P2p
Fa0/5              Root FWD 4        128.5   P2p
Fa0/3              Desg FWD 4        128.3   P2p
Fa0/1              Desg FWD 4        128.1   P2p
Fa0/4              Altn BLK 10       128.4   P2p

Switch#

```

Ctrl+F6 to exit CLI focus

Copy Paste

Top

			Prio	Nbr	Cost	RPC
4	36864	BBBB.BBBB.	128	1	4	4+8=12
			112	2	4	4+8=12
		BBBB	128	3	4	4+8=12
			128	4	2(10)	0+10=10
			128	5	4	0+4=4

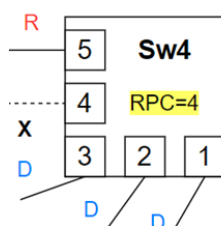


Рисунок 20 – Сводка Switch4, настроенного согласно таблице 1, сравнение проектируемых и полученных статусов и ролей портов

После всех изменений, СРТ произведет повторную инициализацию и согласно алгоритма работы протокола STP установит статусы (форвард, блокинг) и роли (корневой, назначенный ) портов. На рисунке 21 приведено сравнение проектируемой топологии (слева) и полученные после моделирования на СРТ роли и статусы портов (справа). Отметим, что визуальное представление роли и статусы портов (справа) на рис. 21 не в полной мере отражает соответствие проектных решений полученному результату

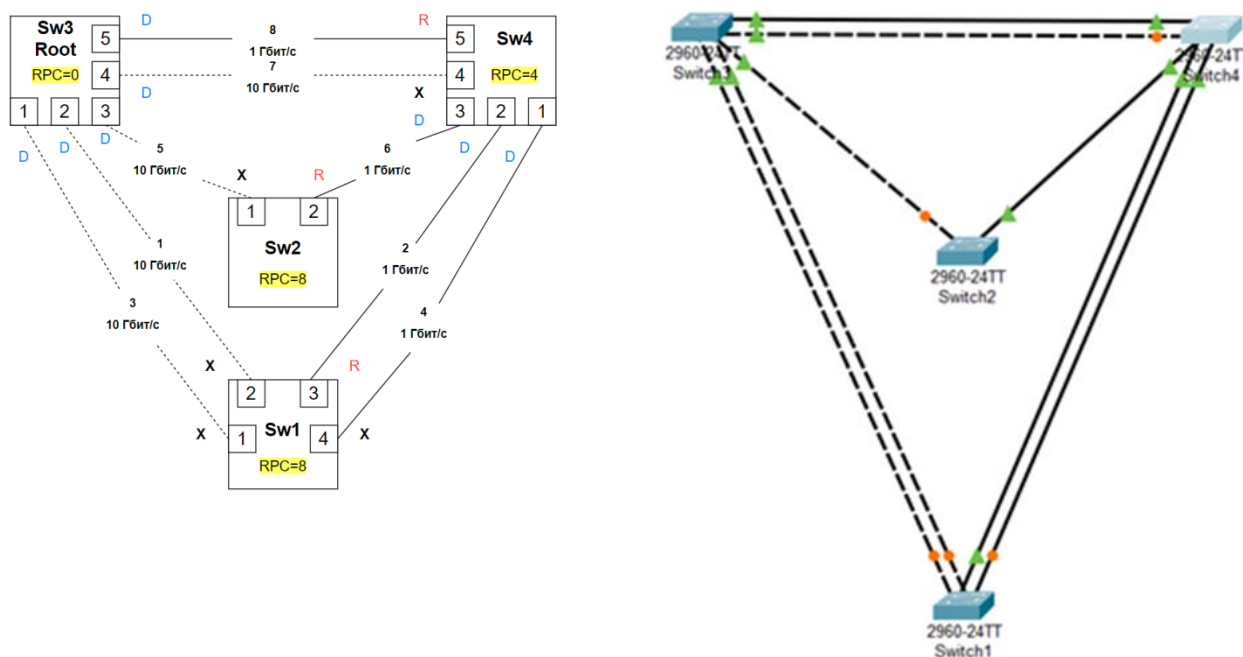


Рисунок 21 – Сравнение спроектированной (слева) и полученной на CISCO Packet Tracer (справа) схем STP дерева

Поэтому требуется сопоставить результаты, приведенные на рис.17-рис.20

В случае несоответствия проектных решений (рис. 13), полученных согласно Таблице 1, с полученными результатами (рисунки 17-21), необходимо:

- повторить изучение теории работы протокола STP
- скорректировать конфигурационные параметры в таблице 1
- выполнить настройки коммутаторов согласно скорректированной таблицы 1
- проверить соответствие проектных решений полученному результату

Динамика работы протокола STP приведена на рисунке 22

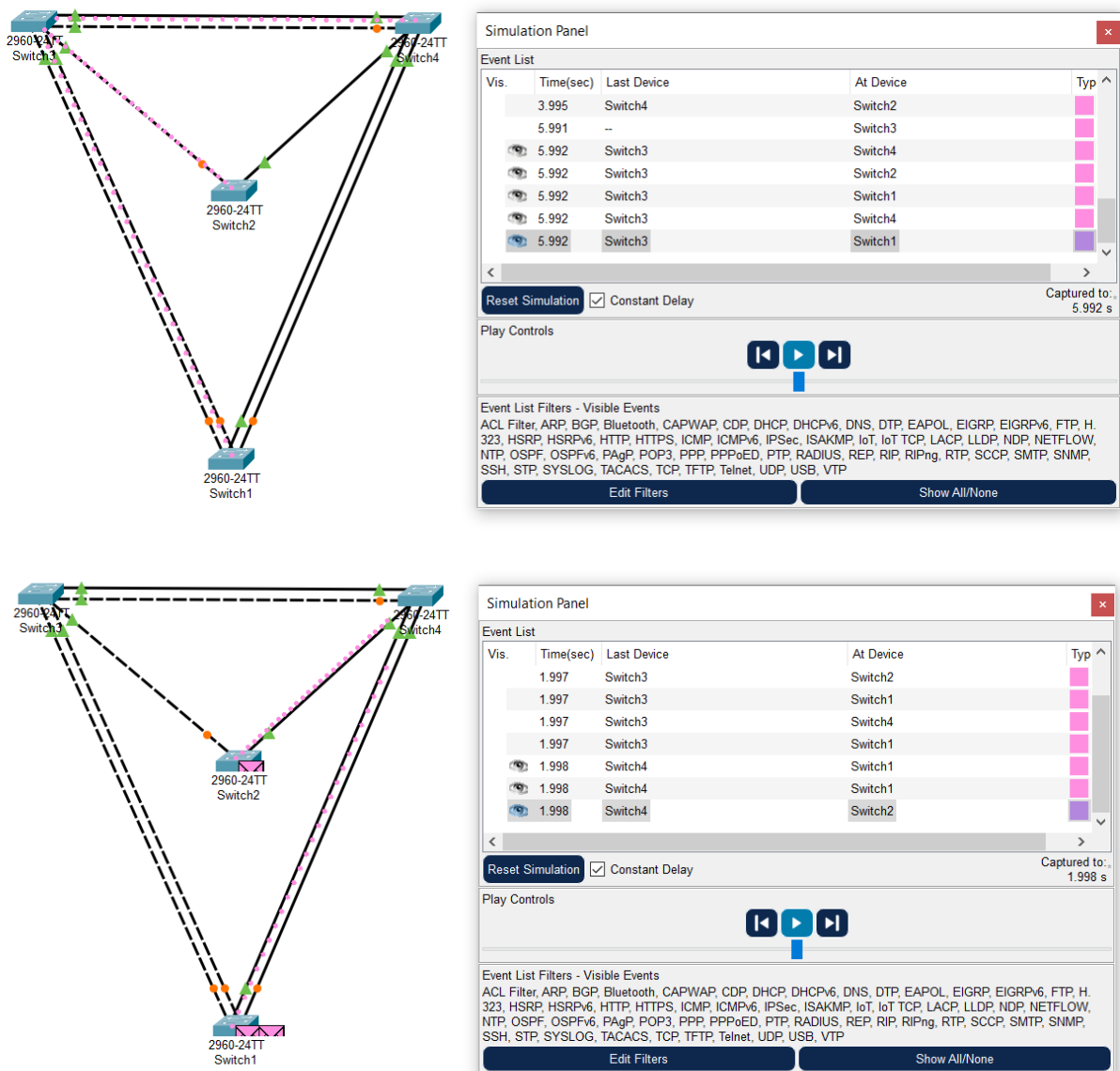


Рисунок 22 – Режим симуляции настроенной схемы