

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО СВЯЗИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ
ПОВОЛЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ И ИНФОРМАТИКИ**

Кафедра МСИБ

**Методические указания к лабораторной работе
«НАСТРОЙКА ПРОТОКОЛОВ СВЯЗУЮЩЕГО ДЕРЕВА
STP, RSTP, MSTP»**

Составители: к. т. н., доцент Ермолаев С. Ю.
аспирант Раштвин А. Р.

Редактор: д.т.н., профессор Карташевский В. Г.

Рецензент: д.т.н., профессор Васин Н. Н.

Самара, 2013

Лабораторная работа №5

«НАСТРОЙКА ПРОТОКОЛОВ СВЯЗУЮЩЕГО ДЕРЕВА STP, RSTP, MSTP»

1. Цель работы

Ознакомиться с основными командами настройки протоколов связующего дерева STP, RSTP, MSTP.

2. Рекомендуемые источники

1. Смирнова Е.В., Пролетарский А.В., Баскаков И.В., Федотов Р.А. Управление коммутируемой средой. – М.: РУСАКИ, 2011. – 335 с.
2. Олифер В.Г., Олифер Н.А. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы. – СПб.: Питер, 2000.

3. Подготовка к работе

1. Изучить основные механизмы работы протокола STP, роли портов и коммутаторов из рекомендованных источников [1, 2].
2. Ознакомиться с содержанием данной методической разработки.
3. Подготовить бланк отчета, который должен содержать:
 - цель работы;
 - схемы подключения устройств.

4. Контрольные вопросы

1. Протокол STP и его предназначение? На каком уровне модели OSI работает протокол?
2. Эволюция и расширения протоколов. Основные отличия STP, RSTP, MSTP.
3. Принцип действия протокола STP.
4. Что такое «петля»? Приведите пример образования «петли».
5. Что такое корневой мост, корневой порт?
6. Что такое назначенный мост, назначенный порт?
7. Что такое граничный порт?
8. Какие бывают роли портов MSTP?
9. Какие бывают состояния портов MSTP?
10. Что такое BPDU?
11. Расскажите о логической структуре MSTP.

5. Содержание отчета

Отчет должен содержать:

1. Цель работы.

2. Схемы подключения (перед применением протокола STP и после применения протокола STP) .
3. Основные параметры STP, настроенные в процессе работы.
4. Выводы по проделанной работе.

6. Задание для выполнения работы

Необходимо:

1. Подключиться к коммутатору.
2. Настроить VLAN на основе портов.
3. Включить и настроить работу протокола RSTP.
4. Включить и настроить работу протокола MSTP.
5. Сделать выводы по работе протоколов.

7. Методические указания к выполнению работы

Целью существования сетевого коммутатора является неустанная пересылка пакетов от отправителя к получателю. Логично предположить, что если коммутатору приходят широковещательные пакеты (broadcast), то он их пересылает во все порты, кроме того, откуда они изначально были получены, что при определенной конфигурации сети, может привести к весьма печальным последствиям.

Предположим, несколько коммутаторов соединены так, что в системе образуются замкнутые петли.

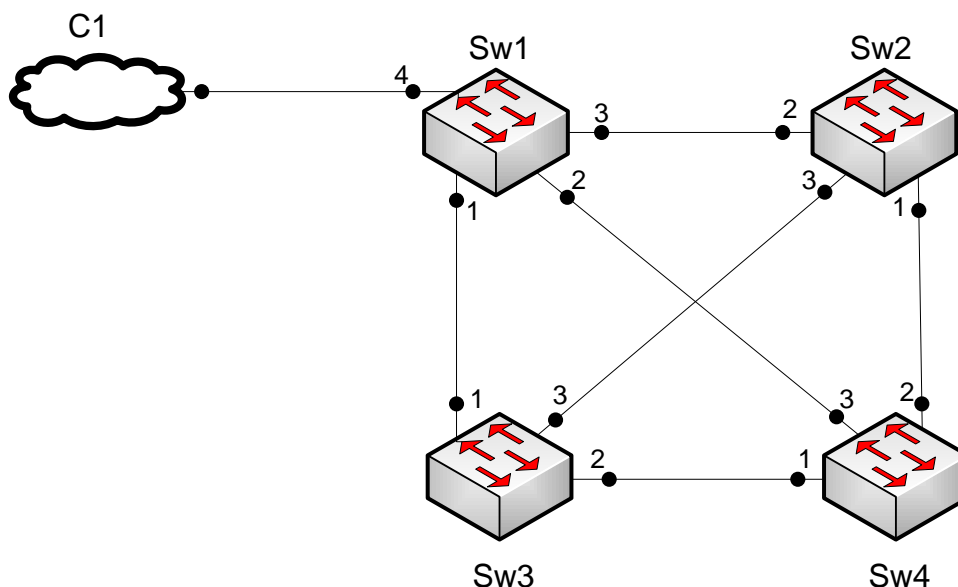


Рисунок 12 – Пример образования «петли»

Что произойдет, если коммутатору 1 (на рис. Switch 1) из облака придет широковещательный пакет? Он размножит его и передаст в порты 1, 2, 3. Коммутатор 2, получив пакет на 2 порту, размножит его и отправит в порты 1 и 3.

Коммутатор 3, получив пакет на 1 порту, размножит его и отправит в порты 2 и 3. Коммутатор 4, получив пакет на 3 порту, отправит его копии на порты 1 и 2. После чего каждая копия, передаваясь от устройства к устройству, будет размножена по этой же схеме все больше и больше, пока суммарно они не забьют всю полосу пропускания.

В тоже время, обойтись без «петель» невозможно, поскольку важным свойством сети является отказоустойчивость. Т.е. между любыми двумя важными узлами сети должно быть более одного физического пути на случай выхода из строя канала или промежуточного устройства. А это значит – «петли».

Вышеописанную проблему «петель» решает запуск на коммутаторах протокола STP. В настоящее время существуют следующие версии протоколов связующего дерева:

- IEEE 802.1D Spanning Tree Protocol (STP);
- IEEE 802.1w Rapid Spanning Tree Protocol (RSTP);
- IEEE 802.1s Multiple Spanning Tree Protocol.

1. STP

Протокол связующего дерева **Spanning Tree Protocol (STP)** является протоколом 2 уровня модели OSI, который позволяет строить древовидные, свободные от петель, конфигурации связей между коммутаторами локальной сети. Т.е. протокол приводит сеть к виду – «корень» и растущие из него «ветви». Один из свитчей становится «корнем» (root bridge), затем все остальные рассчитывают «стоимость» (cost) достижения корня из всех своих портов, имеющих такую возможность, и отключают все неоптимальные линки. Таким образом, разрывая «петли». Если в дальнейшем в сети произойдет сбой, и «корень» вдруг окажется недостижим через работающий порт, включится лучший из ранее заблокированных и связь будет восстановлена.

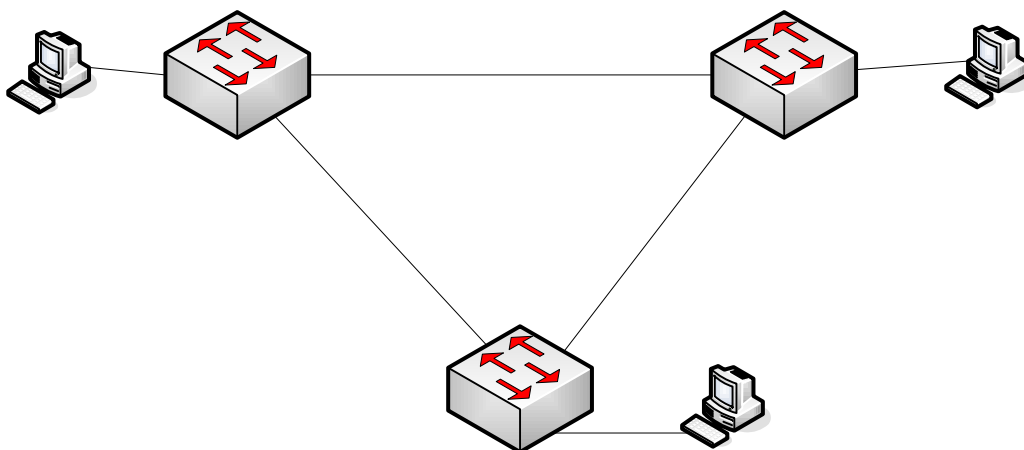


Рисунок 7 (а) – Схема до применения протокола STP

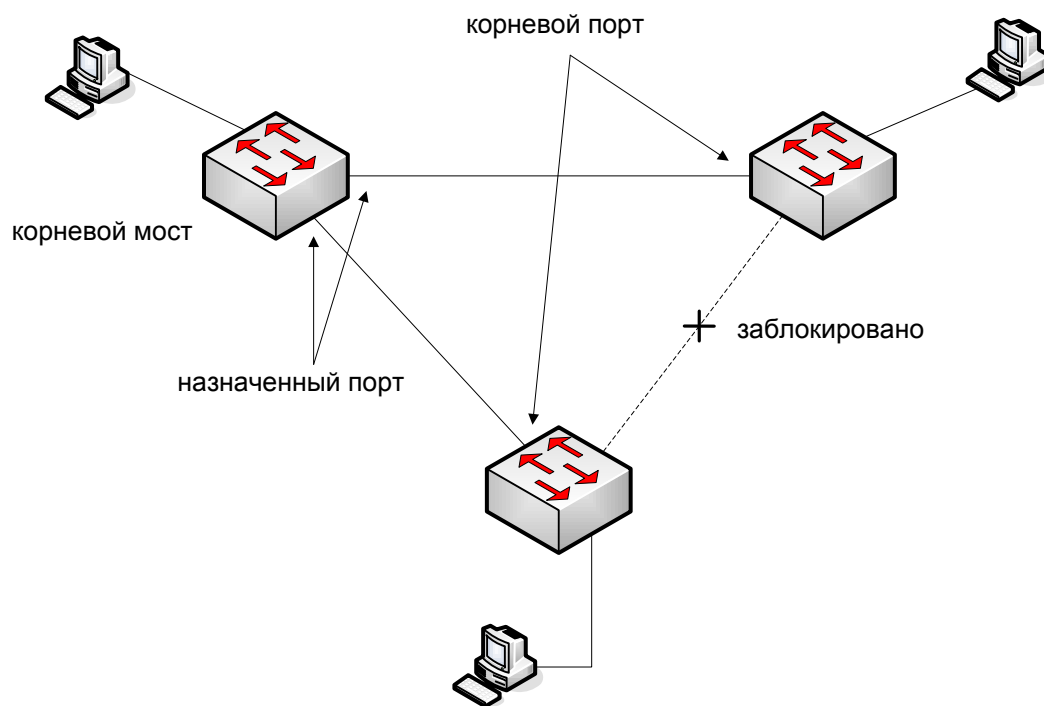


Рисунок 7 (б) – Схема до применения протокола STP

Рассмотрим эти процессы подробнее.

Процесс вычисления связующего дерева начинается с выбора **корневого моста** (root bridge), от которого будет строиться дерево. В качестве корня дерева выбирается коммутатор с наименьшим значением идентификатора моста (Bridge ID). Идентификатор моста – это 8-байтное поле, которое состоит из 2-х частей: приоритета моста (2 байта), назначаемого администратором сети и MAC-адреса блока управления коммутатора (6 байт). При сравнении идентификаторов двух коммутаторов сначала сравниваются значения приоритета. Если они одинаковы, то корневой мост определяется по наименьшему MAC-адресу.

Когда процесс выбора корневого моста завершен, оставшиеся коммутаторы определяют «стоимость» (cost) от себя до корня дерева. Стоимость пути рассчитывается как суммарное условное время на передачу данных от порта данного коммутатора до порта корневого моста. Сравнив стоимости всех возможных маршрутов до корня, каждый коммутатор выбирает среди них один с наименьшим значением «стоимости». Порт, соединяющий коммутатор с этим маршрутом, становится корневым портом. В случае если минимальные стоимости пути нескольких маршрутов окажутся одинаковыми, корневым портом станет порт, имеющий наименьшее значение идентификатора порта.

Далее определяются **назначенные порты** (Designated Port). Каждый сегмент в коммутируемой сети имеет один назначенный порт. Этот порт функционирует как единственный порт моста, т.е. принимает кадры от сегмента и передает их в направлении корневого моста через корневой порт данного коммутатора. Коммутатор, содержащий назначенный порт для данного сегмента, называется **назначенным мостом** (Designated Bridge) этого сегмента. Назначенный порт сегмента определяется путем сравнения значений стоимости пути всех маршрутов от данного сегмента до корневого моста. Им становится порт, имеющий

наименьшее значение стоимости, среди всех портов, подключенных к данному сегменту. Если минимальные значения стоимости пути окажутся одинаковыми у двух или нескольких портов, то для выбора назначенного порта сегмента STP принимает решение на основе последовательного сравнения идентификаторов мостов и идентификаторов портов.

У корневого моста все порты являются назначенными, а их расстояние до корня полагается равным нулю. Корневого порта у корневого моста нет.

После выбора корневых и назначенных портов все остальные порты коммутаторов сети переводятся в состояние Blocking («Блокировка»), то есть такое, при котором они принимают и передают только кадры BPDU. При таком выборе активных портов в сети исключаются петли, и оставшиеся связи образуют связующее дерево.

Все эти вычисления требуют периодического обмена информацией между коммутаторами связующего дерева, что достигается при помощи специальных кадров, называемых блоками данных протокола моста – BPDU (Bridge Protocol Data Unit). Существует три типа кадров BPDU:

- Configuration BPDU (CBPDU) – конфигурационный кадр BPDU, который используется для вычисления связующего дерева;
- Topology Change Notification (TCN) BPDU – уведомление об изменении топологии сети;
- Topology Change Notification Acknowledgement (TCA) – подтверждение о получении уведомления об изменении топологии сети.

Коммутаторы обмениваются BPDU через равные интервалы времени (по умолчанию 2 сек.), что позволяет им отслеживать состояние топологии сети.

В процессе построения топологии сети каждый порт коммутатора проходит несколько стадий (состояний портов):

- Blocking («Блокировка») – при инициализации коммутатора все порты (за исключением отключенных) автоматически переводятся в состояние «Заблокирован». В этом случае порт принимает и обрабатывает только кадры BPDU. Все остальные кадры отбрасываются;
- Listening («Прислушивание») – в этом состоянии порт продолжает принимать, обрабатывать и ретранслировать только кадры BPDU. Из этого состояния порт может перейти в состояние «Заблокирован», если получит BPDU с лучшими параметрами, чем его собственные (стоимость пути, идентификатор моста или порта). В противном случае, при истечении периода, установленного таймером задержки смены состояний (Forward Delay), порт перейдет в следующее состояние «Обучение»;
- Learning («Обучение») – порт начинает принимать все кадры и на основе MAC-адресов источника строить таблицу коммутации. Порт в этом состоянии все еще не продвигает кадры. Порт продолжает участвовать в алгоритме STP и при поступлении BPDU с лучшими параметрами переходит в состояние «Заблокирован». В противном случае, при истечении

периода, установленного таймером задержки смены состояний, порт перейдет в следующее состояние «Продвижение»;

- Forwarding («Продвижение») – в этом состоянии порт может обрабатывать кадры данных в соответствии с построенной таблицей коммутации. Также продолжают приниматься, передаваться и обрабатываться кадры BPDU;
- Disable («Отключен») – в это состояние порт переводит администратор. Отключенный порт не участвует ни в работе протокола STP, ни в продвижении кадров данных. Порт можно также вручную включить, и первоначально он перейдет в состояние «Заблокирован».

2. RSTP

Протокол Rapid Spanning Tree Protocol (RSTP) является развитием протокола STP. Он был разработан для преодоления отдельных ограничений протокола STP, связанных с его производительностью. Протокол RSTP значительно ускоряет время сходимости коммутируемой сети за счет мгновенного перехода корневых и назначенных портов в состояние продвижения.

3. MSTP

Протокол Multiple Spanning Tree Protocol (MSTP), являющийся расширением протокола RSTP, преодолевает это ограничение. В дополнение к обеспечению быстрой сходимости сети он позволяет настраивать отдельное связующее дерево для любой VLAN или группы VLAN, создавая множество маршрутов передачи трафика и позволяя осуществлять балансировку нагрузки.

Логическая структура MSTP.

Протокол MSTP делит коммутируемую сеть на регионы MST (Multiple Spanning Tree (MST) Region), каждый из которых может содержать множество **копий связующих деревьев** (Multiple Spanning Tree Instance, MSTI) с независимой друг от друга топологией. Другими словами, регион MST, представляющий собой набор физически подключенных друг к другу коммутаторов, делит данную физическую топологию на множество логических.

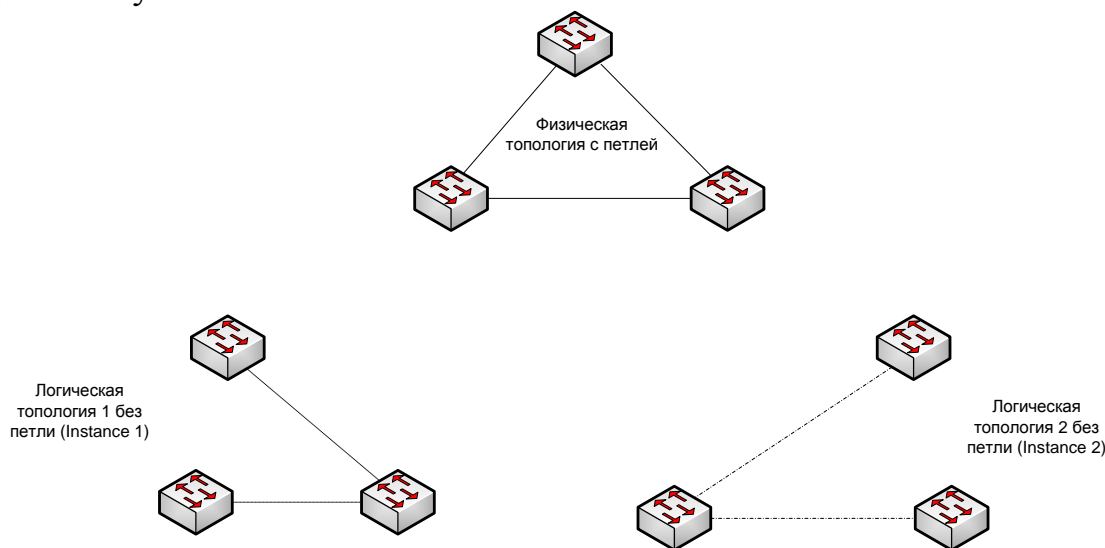


Рисунок 8 – Физическая и логическая топология региона MST

Для того чтобы два и более коммутатора принадлежали одному региону MST, они должны обладать одинаковой конфигурацией MST. Конфигурация MST включает такие параметры, как номер ревизии MSTP (*MSTP revision level number*), имя региона (*Region name*), карту привязки VLAN к копии связующего дерева (*VLAN-to-instance mapping*).

Роли портов MSTP:

- **Корневой порт** (*Root Port*) – это порт, который обладает минимальной стоимостью пути от коммутатора до корневого моста.
- **Назначенный порт** (*Designated Port*) – это порт, обладающий наименьшей стоимостью пути от подключенного сегмента сети до корневого моста.
- **Альтернативный/резервный порт** (*Alternate/Backup Port*) – это порт, который обеспечивает подключение, если происходит потеря соединения с какими-либо коммутаторами или сегментами сети.
- **Мастер-порт** (*Master Port*) – это порт, который обеспечивает подключение региона к корневому мосту, находящемуся за пределами данного региона.
- **Пограничный порт** (*Boundary Port*) – это порт, который подключает MST-регион к другому региону или SST-мосту.

7.1 Подключение к коммутатору

Подключите компьютер к коммутатору по консольному порту через интерфейс RS-232. После этого на рабочем столе запустите приложение `putty.exe`. Выберите тип подключения – Serial.

7.2 Настройка протокола RSTP (IEEE 802.1w)

После подключения к коммутатору и появления строки приглашения (Command Promt) сбросьте настройки коммутатора к настройкам по умолчанию командой **reset config**.

Примечание. Не соединяйте порты коммутатора с образованием петли во время настройки.

1. Настройте IP-адрес интерфейса управления коммутатора командой **config ipif System ipaddress x.x.x.x/u**, где *u* – инверсная маска подсети.

2. Включите протокол связующего дерева командой **enable stp**.

3. Проверьте текущую конфигурацию протокола связующего дерева командой **show stp**.

4. Протокол RSTP используется по умолчанию после активизации протокола связующего дерева. Если нет, включите его командой **config stp version rstp**

5. Установите на коммутаторе наименьшее значение приоритета, чтобы он мог быть выбран корневым мостом (приоритет по умолчанию = 32768) командой **config stp priority 4096 instance_id 0**.

6. Назначьте порты 3-8 граничными портами командой **config stp ports 3-8 edge true**.

7. Активизируйте протокол связующего дерева на портах **config stp ports 1-8 state enable**

8. Соберите схему подключения, представленную на рис. 9.

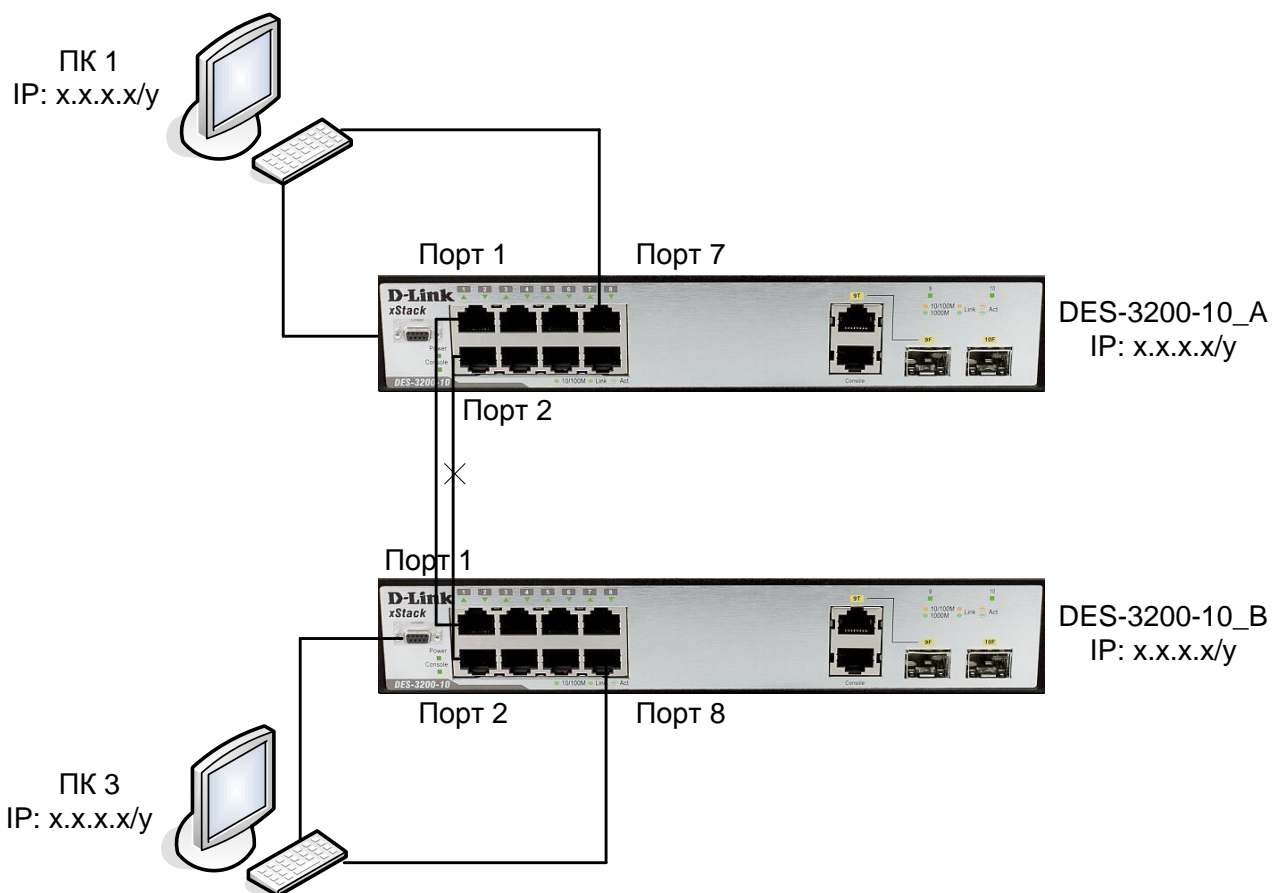


Рисунок 9 – Схема соединения коммутаторов для настройки STP

9. Выполните продолжительный **ping** от ПК1 до ПК3 и наоборот командой **ping x.x.x.x -t**

10. Поменяйте RSTP на STP командой **config stp version stp**.

11. Выполните продолжительный **ping** от ПК1 до ПК3 и наоборот командой **ping x.x.x.x -t**

7.3 Настройка протокола MSTP (IEEE 802.1s) для каждой VLAN Настройка DES-3200-10_A

1. Сбросьте настройки коммутатора к заводским настройкам по умолчанию.

2. Настройте IP-адрес интерфейса управления коммутатора

3. Удалите порты из VLAN по умолчанию для использования в других VLAN

4. Создайте VLAN net1 и net2 и добавьте в каждую из них немаркированные порты следующими командами:

create vlan net1 tag 2

```
create vlan net2 tag 3  
config vlan net2 add untagged 1-5  
config vlan net3 add untagged 6-10
```

5. Включите протокол связующего дерева командой **enable stp**

6. Проверьте текущую конфигурацию STP на портах коммутатора командой **show stp ports**

7. Измените версию STP на MSTP (по умолчанию используется RSTP) командой **config stp version mstp**

8. Настройте имя MST-региона и ревизию следующими командами:

```
config stp mst_config_id name abc  
config stp mst_config_id revision_level 1
```

9. Создайте две MSTI и карту привязки VLAN к MSTI следующими командами:

```
create stp instance_id 2  
config stp instance_id 2 add_vlan 2  
create stp instance_id 3  
config stp instance_id 3 add_vlan 3
```

10. Настройте приоритет STP так, чтобы коммутатор был выбран корневым мостом (приоритет по умолчанию 32768) в каждой MSTI следующими командами:

```
config stp priority 4096 instance_id 0  
config stp priority 4096 instance_id 2  
config stp priority 4096 instance_id 3
```

11. Настройте порты 1-5 и 6-8 как граничные порты командами:

```
config stp ports 1-5 edge true  
config stp ports 6-10 edge true
```

12. Активизируйте протокол связующего дерева на портах командой **config stp pots 1-8 state enable**

Настройка DES-3200-10_A

1. Сбросьте настройки коммутатора к заводским настройкам по умолчанию.

2. Настройте IP-адрес интерфейса управления коммутатора

3. Удалите порты из VLAN по умолчанию для использования в других VLAN

4. Создайте VLAN net1 и net2 и добавьте в каждую из них немаркированные порты следующими командами:

```
create vlan net1 tag 2  
create vlan net2 tag 3  
config vlan net2 add untagged 1-5  
config vlan net3 add untagged 6-10
```

5. Включите протокол связующего дерева командой **enable stp**

6. Проверьте доступность соединения между компьютерами командой ping

7. Проверьте текущую конфигурацию STP на портах командой **show stp ports**

8. Измените версию STP на MSTP (по умолчанию используется RSTP) командой **config stp version mstp**

9. Настройте имя MST-региона и ревизию следующими командами:

config stp mst_config_id name abc

config stp mst_config_id revision_level 1

10. Создайте две MSTI и карту привязки VLAN к MSTI следующими командами:

create stp instance_id 2

config stp instance_id 2 add_vlan 2

create stp instance_id 3

config stp instance_id 3 add_vlan 3

11. Настройте порты 1-5 и 6-8 как граничные порты командами:

config stp ports 1-5 edge true

config stp ports 6-10 edge true

12. Активизируйте протокол связующего дерева на портах командой **config stp pots 1-10 state enable**

Подключите кабели как показано на рис. 10.

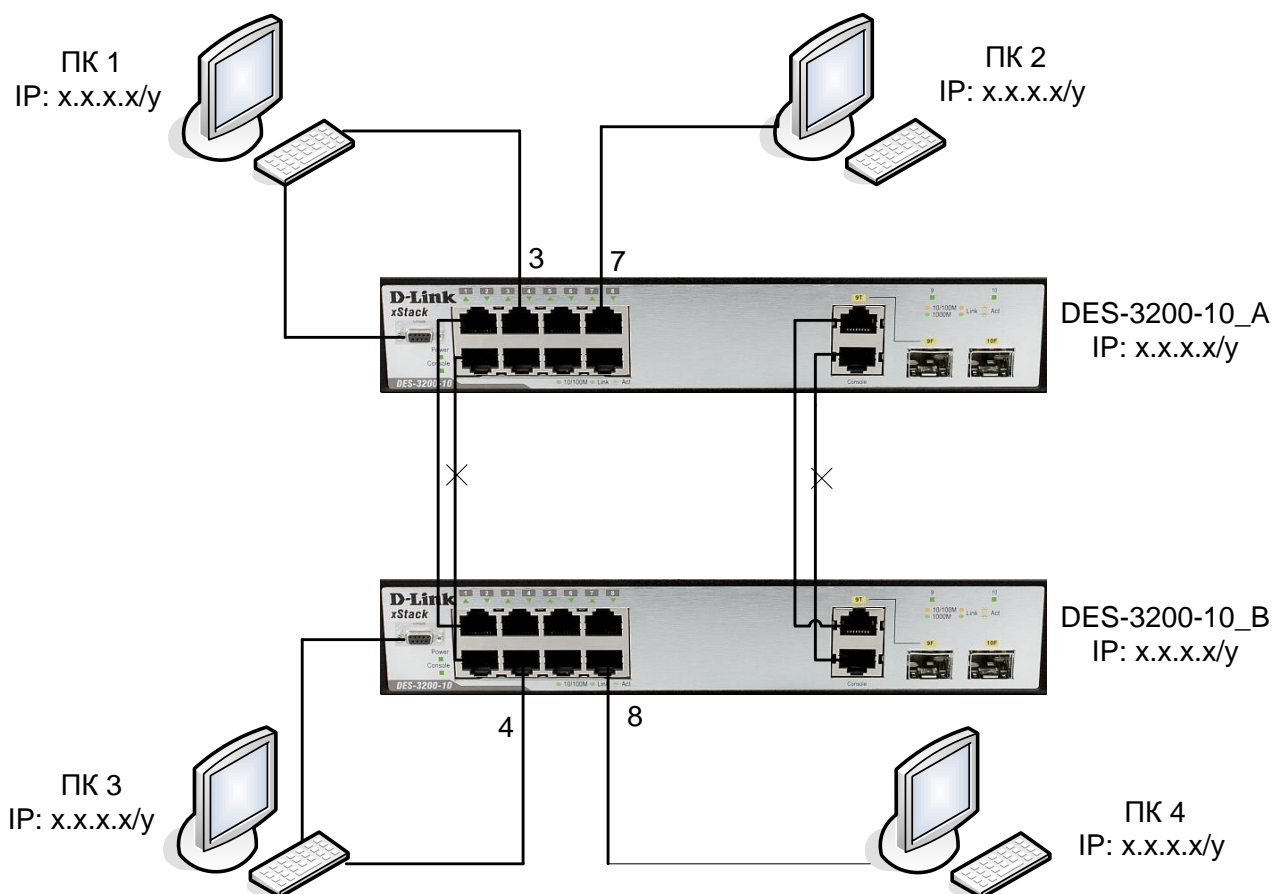


Рисунок 10 – Схема соединения коммутаторов для настройки MSTP для каждой VLAN

Проверьте доступность соединения командой ping

- от ПК1 к ПК2
- от ПК3 к ПК4
- от ПК1 к ПК4
- от ПК3 к ПК2

Проверьте текущую конфигурацию STP на портах коммутатора командой **show stp ports**.

1.4 Настройка протокола MSTP (IEEE 802.1s) для балансировки нагрузки

Настройка DES-3200-10_A

1. Сбросьте настройки коммутатора к заводским настройкам по умолчанию
2. Настройте IP-адрес интерфейса управления коммутатора
3. Удалите порты из VLAN по умолчанию для использования в других VLAN
4. Создайте VLAN net1 и net2 и добавьте в каждую из них немаркированные и маркированные порты следующими командами:

```
create vlan net1 tag 2
```

```
config vlan net1 add untagged 1-4
```

```
config vlan net1 add tagged 9-10
```

```
create vlan net2 tag 3
```

```
config vlan net2 add untagged 5-8
```

```
config vlan net2 add tagged 9-10
```

5. Включите протокол связующего дерева на коммутаторе командой **enable stp**

6. Измените версию STP на MSTP командой **config stp version mstp**

7. Настройте имя MST-региона и ревизию следующими командами:

```
config stp mst_config_id name abc
```

```
config stp mst_config_id revision_level 1
```

8. Создайте две MSTI и карту привязки VLAN к копии MSTI командами:

```
create stp instance_id 2
```

```
config stp instance_id 2 add_vlan 2
```

```
create stp instance_id 3
```

```
config stp instance_id 3 add_vlan 3
```

9. Настройте приоритет STP так, чтобы коммутатор был выбран корневым мостом (приоритет по умолчанию 32768) в каждой MSTI командами:

```
config stp priority 4096 instance_id 0
```

```
config stp priority 4096 instance_id 2
```

```
config stp priority 4096 instance_id 3
```

10. Задайте приоритет порта, так чтобы порт 9 был активным портом для VLAN net1, а порт 10 – активным портом для VLAN net2, командами:

```
config stp mst_potrs 9 instance_id 2 priority 96
```

```
config stp mst_potrs 10 instance_id 3 priority 96
```

11. Настройте порты 1-8 как граничные порты командой **config stp ports 1-8 edge true**

12. Активизируйте протокол связующего дерева на портах командой **config stp ports 1-8 state enable**

Настройка DES-3200-10_B

1. Сбросьте настройки коммутатора к заводским настройкам по умолчанию
2. Настройте IP-адрес интерфейса управления коммутатора
3. Удалите порты из VLAN по умолчанию для использования в других VLAN
4. Создайте VLAN net1 и net2 и добавьте в каждую из них немаркированные и маркированные порты следующими командами:

```
create vlan net1 tag 2
```

```
config vlan net1 add untagged 1-4
```

```
config vlan net1 add tagged 9-10
```

```
create vlan net2 tag 3
```

```
config vlan net2 add untagged 5-8
```

```
config vlan net2 add tagged 9-10
```

5. Включите протокол связующего дерева на коммутаторе командой **enable stp**

6. Измените версию STP на MSTP командой **config stp version mstp**

7. Настройте имя MST-региона и ревизию следующими командами:

```
config stp mst_config_id name abc
```

```
config stp mst_config_id revision_level 1
```

8. Создайте две MSTI и карту привязки VLAN к копии MSTI командами:

```
create stp instance_id 2
```

```
config stp instance_id 2 add_vlan 2
```

```
create stp instance_id 3
```

```
config stp instance_id 3 add_vlan 3
```

9. Настройте порты 1-8 как граничные порты командой **config stp ports 1-8 edge true**

10. Активизируйте протокол связующего дерева на портах командой **config stp ports 1-8 state enable**

11. Подключите кабели как показано на рис. 11.

12. Проверьте доступность соединения командой ping:

- От ПК1 к ПК3
- От ПК2 к ПК4
- От ПК1 к ПК2
- От ПК3 к ПК4
- От ПК1 к ПК4
- От ПК3 к ПК2

13. Проверьте текущую конфигурацию STP на портах коммутатора командой **show stp ports**

14. Отсоедините кабель от корневого порта для VLAN net1.

15. Проверьте доступность соединения командой ping от ПК1 к ПК3 и от ПК2 к ПК4.

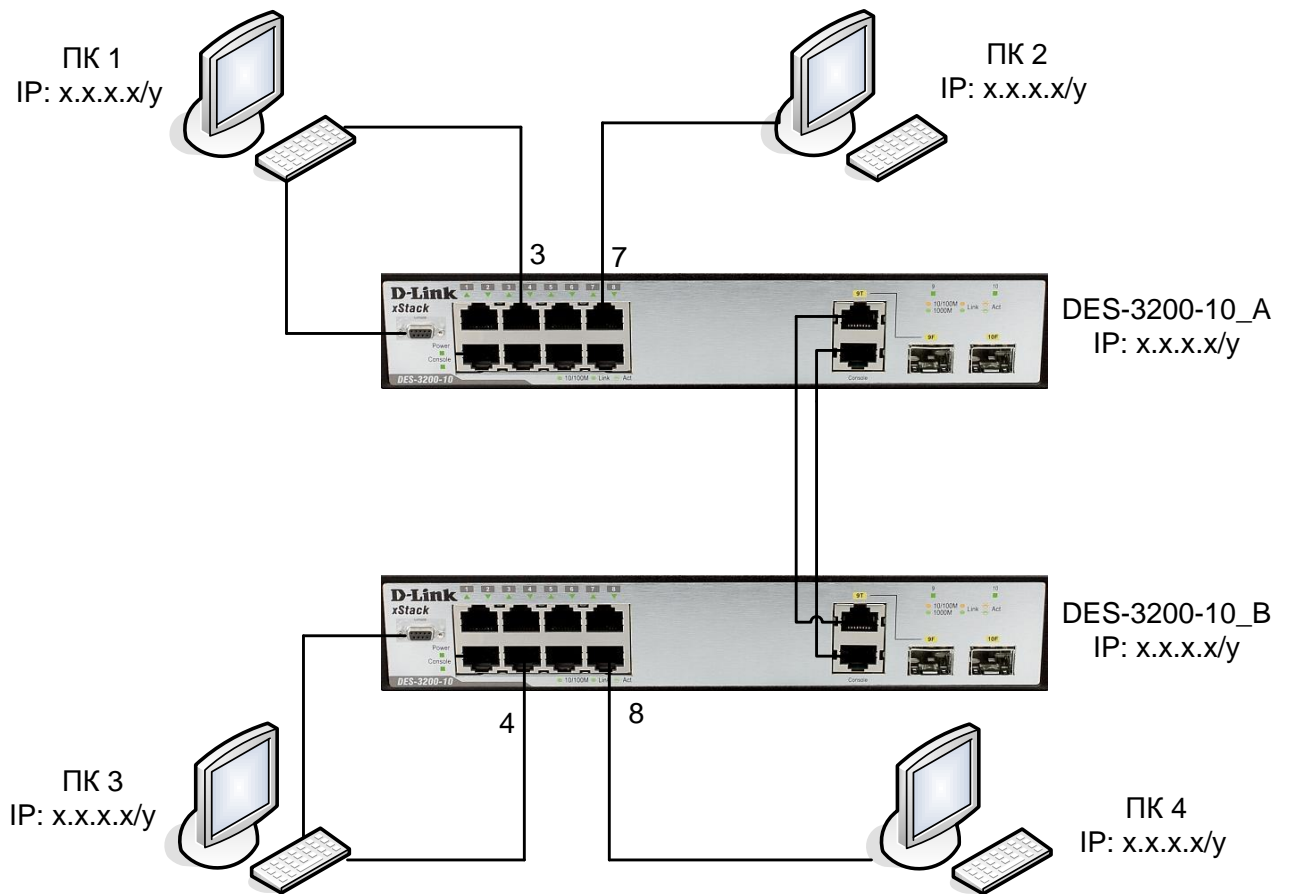


Рисунок 11 – Схема соединения коммутаторов для настройки MSTP для балансировки нагрузки

Федеральное государственное образовательное бюджетное
учреждение высшего профессионального образования
“Поволжский государственный университет
телекоммуникаций и информатики”
443010, г. Самара, ул. Льва Толстого 23

Подписано в печать 19.06.13 г. Формат 60 x 84/16
Бумага офсетная №1. Гарнитура Таймс.
Заказ 1493. Печать оперативная. Усл. печ. л. 0,91. Тираж 100 экз.

Отпечатано в издательстве учебной и научной литературы
Поволжского государственного университета
телекоммуникаций и информатики
443090, г. Самара, Московское шоссе 77, т. (846) 228-00-44