

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky  
a komunikačních technologií

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Brno, 2022

Adam Polaček



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION

## ÚSTAV TELEKOMUNIKACÍ

DEPARTMENT OF TELECOMMUNICATIONS

## NÁVRH OPTICKÉ SÍŤE

OPTICAL NETWORK DESIGN

### BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

### AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Adam Polaček

### VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Tomáš Horváth, Ph.D.

BRNO 2022

# Bakalářská práce

bakalářský studijní program **Telekomunikační a informační systémy**

Ústav telekomunikací

**Student:** Adam Polaček

**ID:** 214086

**Ročník:** 3

**Akademický rok:** 2021/22

**NÁZEV TÉMATU:**

## Návrh optické sítě

### POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

Cílem práce je návrh technologické optické sítě provozovatele distribuční soustavy ve vybrané lokalitě pokrývající všechny úrovně. V rámci návrhu se student zaměří na zpracování topologie pasivní části včetně vláknového schématu, návrh typového řešení jednotlivých uzlů v optické síti, včetně propojení aktivních prvků a nasazení požadovaných komunikačních aplikací. Práce dále bude obsahovat rozvahu využitelnosti a budoucí navyšování přenosových kapacit optických vláken dle řešeného schématu. Současně bude řešit obsazenost okruhů a návrh vhodných aktivních prvků a specifikaci provozních podmínek. Student zváží a doporučí vhodnou etapizaci výstavby technologické optické sítě ve vybrané lokalitě a její postupné zprovoznění.

### DOPORUČENÁ LITERATURA:

- [1] SIMMONS, Jane M. Optical Network Design and Planning (Optical Networks). 2nd ed. Switzerland: Springer, 2014. ISBN 978-3319330976.
- [2] MUKHERJEE, Biswanath. Optical WDM Networks. New York, NY: Springer US, 2006. Optical Networks, From Physical Layer to Service Offerings. ISBN 978-0-387-29188-8.

**Termín zadání:** 7.2.2022

**Termín odevzdání:** 31.5.2022

**Vedoucí práce:** Ing. Tomáš Horváth, Ph.D.

**Konzultant:** Ing. Aleš Mitterko

**prof. Ing. Jiří Mišurec, CSc.**  
předseda rady studijního programu

### UPOZORNĚNÍ:

Autor bakalářské práce nesmí při vytváření bakalářské práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č.40/2009 Sb.

## **ABSTRAKT**

Táto bakalárska práca sa zaoberá návrhu technologickej optickej siete pre oblasť Hradec Králové, pre spoločnosť ČEZD Distribuce. Teoretická časť práce, popisuje momentálne riešenie siete a rozoberá sieťové protokoly. Praktická časť práce popisuje pasívnu časť a logickú časť siete. Dôležitou časťou práce, je vláknová schéma a návrh konfigurácie pre smerovač a prepínač. V poslednej časti práce, je znázornená simulácia v programe GNS-3.

## **KĽÚČOVÉ SLOVÁ**

Optika, vlákno, sieť, smerovač, prepínač, GNS-3

## **ABSTRACT**

This bachelor thesis deals with the design of a technological optical network for the area of Hradec Králové, for the company ČEZD Distribuce. The theoretical part of the thesis describes the current network design and discusses network protocols. The practical part of the thesis describes the passive part and the logical part of the network. An important part of the thesis, is the fiber scheme and configuration design for router and switch. In the last part of the thesis, simulation in GNS-3 program is shown.

## **KEYWORDS**

Optic, fibre, network, router, switch, GNS-3



POLAČEK, Adam. *Návrh optické sítě*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Ústav telekomunikací, 2022, 75 s. Bakalářská práce. Vedúci práce: Ing. Tomáš Horváth, Ph.D.



## Vyhlásenie autora o pôvodnosti diela

**Meno a priezvisko autora:** Adam Polaček  
**VUT ID autora:** 214086  
**Typ práce:** Bakalárska práca  
**Akademický rok:** 2021/22  
**Téma záverečnej práce:** Návrh optické sítě

Vyhlasujem, že svoju záverečnú prácu som vypracoval samostatne pod vedením vedúcej/cého záverečnej práce, s využitím odbornej literatúry a ďalších informačných zdrojov, ktoré sú všetky citované v práci a uvedené v zozname literatúry na konci práce.

Ako autor uvedenej záverečnej práce ďalej vyhlasujem, že v súvislosti s vytvorením tejto záverečnej práce som neporušil autorské práva tretích osôb, najmä som nezasiahol nedovoleným spôsobom do cudzích autorských práv osobnostných a/alebo majetkových a som si plne vedomý následkov porušenia ustanovenia § 11 a nasledujúcich autorského zákona Českej republiky č. 121/2000 Sb., o práve autorskom, o právach súvisiacich s právom autorským a o zmene niektorých zákonov (autorský zákon), v znení neskorších predpisov, vrátane možných trestnoprávných dôsledkov vyplývajúcich z ustanovenia časti druhej, hlavy VI. diel 4 Trestného zákonníka Českej republiky č. 40/2009 Sb.

Brno .....

.....

podpis autora\*

---

\*Autor podpisuje iba v tlačenej verzii.





## POĎAKOVANIE

Rád by som poďakoval vedúcemu bakalárskej práce pánovi Ing. Tomáš Horváth, Ph.D. a pánovi Ing. Aleš Mitterko za odborné vedenie, konzultáciu, trpezlivosť a podnetné návrhy k práci. Zároveň by som poďakoval spoločnosti ČEZ Distribuce, a. s. za poskytnuté materiály a vstup do priestorov trafostaníc, v meste Hradec Králové.



# Obsah

Úvod	19
<b>1 ČEZ Distribuce, a. s.</b>	<b>21</b>
1.1 Rozdelenie trafostaníc z pohľadu distribúcie elektriny	21
1.2 Požiadavky ČEZd na optickú infraštruktúru	22
<b>2 Obecný rozbor siete</b>	<b>23</b>
2.1 Aktívna optická sieť	23
2.2 Fyzická topológia siete	24
2.3 Charakter prenášaných dát	25
2.4 Prenosové média	25
2.4.1 Optické médium	26
2.4.2 Metalické médium	27
2.5 Smerovanie v sieti	28
2.5.1 Sieťový protokol OSPF	29
2.5.2 Sieťový protokol EIGRP	32
2.6 Redundancia a konvergencia siete	32
2.6.1 Spanning Tree Protokol (STP)	32
2.6.2 Virtuálne siete (VLAN)	33
2.6.3 First Hop Redundancy Protocol (FHRP)	34
2.7 Zabezpečenie siete	36
2.7.1 Typy zabezpečenia	36
<b>3 Architektúra optickej infraštruktúry</b>	<b>39</b>
3.1 Pasívna časť optickej siete	39
3.1.1 Segmentácia siete	39
3.1.2 Návrh pasívnej optickej siete	40
3.1.3 Optické okruhy	43
3.1.4 Schéma optických vlákien	44
3.1.5 Vlnový multiplex	46
3.1.6 Prioritizácia výstavby optickej infraštruktúry	47
3.2 Logická topológia optickej siete	47
3.2.1 L2 sieť	48
3.2.2 L3 sieť	48
3.2.3 Sieťové protokoly	49
3.3 Aktívne sieťové prvky	52
3.3.1 Smerovač	52

3.3.2	Prepínač . . . . .	53
<b>4</b>	<b>Simulácia</b>	<b>55</b>
4.1	Vytvorený scenár . . . . .	55
4.2	Konfigurácia smerovača . . . . .	56
4.3	Konfigurácia prepínača . . . . .	59
4.4	Výsledky simulácie . . . . .	59
	<b>Záver</b>	<b>63</b>
	<b>Literatúra</b>	<b>65</b>
	<b>Zoznam symbolov a skratiek</b>	<b>69</b>
<b>A</b>	<b>Vláknová schéma</b>	<b>73</b>
<b>B</b>	<b>GNS-3</b>	<b>75</b>

# Zoznam obrázkov

1.1	Schematické zobrazenie kategórií K1–K5 podľa NAP SG P13 . . . . .	22
2.1	Prepojenie bod-bod (P2P) - AON . . . . .	23
2.2	Mnohobodové prepojenie (P2MP) – AON . . . . .	24
2.3	Typy fyzickej topológie . . . . .	24
2.4	Jednovidové a mnohovidové vlákno . . . . .	26
2.5	Zemný optický kábel . . . . .	27
2.6	Kombinované zemné lano (KZL) . . . . .	27
2.7	UTP kábel . . . . .	28
2.8	STP kábel . . . . .	28
2.9	OSPF oblasti . . . . .	31
2.10	Virtuálna linka OSPF . . . . .	31
2.11	STP – Voľba Root Bridge . . . . .	33
2.12	VLAN . . . . .	34
3.1	Optická spojka . . . . .	41
3.2	Triton . . . . .	42
3.3	Optická vaňa NETOPTIC . . . . .	43
3.4	Patchcord . . . . .	43
3.5	Optický okruh, priorita 1 . . . . .	44
3.6	Optický okruh, priorita 2 . . . . .	44
3.7	Schéma optických vlákien dvoch TU . . . . .	45
3.8	Plochá vláknová schéma . . . . .	45
3.9	Kruhová vláknová schéma . . . . .	46
3.10	Topológia – vlnový multiplex . . . . .	46
3.11	L2 spoje . . . . .	48
3.12	Rozdelenie oblasti – OSPF . . . . .	50
3.13	Rozdelenie VLAN . . . . .	51
3.14	Smerovač Cisco ASR903 . . . . .	52
3.15	Prepínač Cisco SF220–24 . . . . .	53
4.1	Scenár–topológia . . . . .	55



# Zoznam tabuliek

1.1	Popis kategórií trafostaníc K0–K5 . . . . .	21
2.1	Prenosová rýchlosť trafostaníc . . . . .	25
2.2	Typy STP protokol . . . . .	34





## Zoznam výpisov

4.1	Konfigurácia OSPF pre smerovač. . . . .	56
4.2	Subrozhranie a VRRP protokol. . . . .	57
4.3	Trakovanie rozhrania. . . . .	57
4.4	Access-list – blokovanie prístupu. . . . .	58
4.5	SSH . . . . .	58
4.6	Access-list SSH . . . . .	58
4.7	Vytvorenie VLAN . . . . .	59
4.8	Konfigurácia portov . . . . .	59
4.9	PING K0–1 na K2–1,K2–2. . . . .	60
4.10	Stručný prehľad VRRP. . . . .	61
4.11	Rozšírený prehľad VRRP. . . . .	61
4.12	Skrátená smerovacia tabuľka OSPf. . . . .	61
4.13	Zoznam VLAN sietí. . . . .	62



# Úvod

V súčasnosti je závislosť ľudskej civilizácie na spotrebe elektrickej energie taká veľká, že aj pri časovo najkratších výpadkoch elektrickej siete, môžu vzniknúť nemalé škody. Dbá sa na to, aby distribútori predchádzali výpadkom elektrického prúdu, poprípade boli schopný v čo najkratšom čase, odstrániť prípadne poruchy. Na to aby, pracovníci distribučných spoločností, nemuseli neustále fyzicky kontrolovať každú trafostanicu v danej oblasti, využíva sa technologická sieť. Pomocou tejto siete, je možné riadiť jednotlivé trafostanice na diaľku cez dispečing.

Táto práca sa venuje návrhu optickej siete pre spoločnosť ČEZ Distribuce v meste Hradec Králové. Úlohou práce je zhodnotiť momentálny stav technologickej siete, a navrhnúť sieťové protokoly pre aktívne sieťové prvky. K dispozícii je fyzické rozmiestnenie, jednotlivých trafostaníc v danej oblasti. Dočasné riešenie aktívnych sieťových prvkov nebolo poskytnuté, z dôvodu bezpečnostnej politiky spoločnosti ČEZ Distribuce.

Tento návrh optickej siete, dbá na zabezpečenie redundancie, v prípade poškodenia zariadenia alebo linky. Sieťové protokoly sa starajú o vyrovňovanie záťaže, rýchlu konvergenciu, škálovateľnosť pre budúce rozširovanie siete a poskytovanie základnej bezpečnosti siete, v prípade rôznym útokom. V závere práce sa nachádza topológia optickej infraštruktúry, pre danú oblasť s trafostanicami rôznej významnosti.



# 1 ČEZ Distribuce, a. s.

ČEZ Distribuce, a. s., je držiteľom licencie na distribúciu elektriny a v zmysle energetického zákona č. 458/2000 Db., je prevádzkovateľ distribučnej sústavy. Hlavným poslaním spoločnosti je distribúcia elektrickej energie fyzickým a právnickým osobám a stále zvyšovanie kvality a spoľahlivosti dodávky všetkým odoberateľom. [1]

## 1.1 Rozdelenie trafostaníc z pohľadu distribúcie elektriny

Energetická sieť sa usporadúva pomocou napätových hladín. Smerom od chrbticej časti energetickej siete dole, sa hladina napätia pomocou transformátorov v jednotlivých trafostaniciach znižuje. Dôvodom využívania veľmi vysokého napätia a menšieho prúdu pri prenose vysokého výkonu, sú nízke úbytky napätia, a tým pádom aj nízke straty. [2]

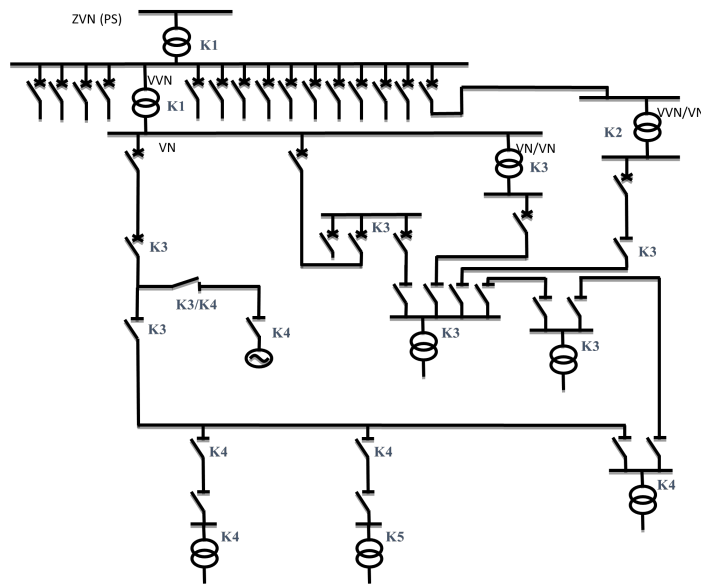
Napätové hladiny rozdeľujeme:

- Prenosová sústava
  - ZVN (Zvlášť Vysoké Napätie) 400kV
  - VVN (Veľmi Vysoké Napätie) 220kV
- Distribučná sústava
  - VVN (Veľmi Vysoké Napätie) 110kV
  - VN (Vysoké Napätie) 35, 22 kV
  - NN (Nízke Napätie) 400V

Požiadavky ČEZd na optickú infraštruktúru vyplývajú z kategorizácie komunikačných bodov. Pre potreby koncepcie bola využitá PS NAP SG P13 (Národný akčný plán pre smart siete, viď obr. 3.5), ktorá kategorizuje jednotlivé trafostanice na úrovne K1 — K5. Popis kategórií trafostaníc sa nachádza v tab. 1.1.

Tab. 1.1: Popis kategórií trafostaníc K0–K5.

Kategória	Napätová hladina	Typ objektu
K0	-	Dispečerske centrum
K1	zvn/vvn/vn	Rozvodňa vvn/vn
K2	vvn/vn	Rozvodňa vvn/vn
K3	vn/vn, vn, vn/nn	Rozvodňa vn/vn, spínacia alebo uzlová stanica
K4	vn/nn	Smyčková alebo koncová stanica
K5	vn/nn	Koncová stanica



Obr. 1.1: Schematické zobrazenie kategórií K1 - K5 podľa NAP SG P13.

## 1.2 Požiadavky ČEZd na optickú infraštruktúru

Pokrytie telekomunikačných potrieb bude primárne riešené optickou infraštruktúrou, a pre prechodné obdobie mobilnými sieťami pracujúcich na báze GSM/LTE. Výstavba optickej infraštruktúry ČEZd bude realizovaná v tomto rozsahu:

- Pokrytie všetkých trafostaníc 110kV/vn aspoň jednou optickou trasou.
- Zaistenie záložnej optickej trasy do všetkých trafostaníc 110kV/vn.
- Pokrytie trafostaníc vn/vn, spínacích staníc, uzlových staníc DTS optikou.

Pre trafostanice kategórie K1–K2 sa vyžaduje komunikácia v reálnom čase s požadovanou vysokou úrovňou spoľahlivosti. Garancia objemu a kvality telco služieb a zároveň, fyzická a kybernetická bezpečnosť. V prípade staníc vn/vn a spínacích staníc, sú rozhodujúce kritéria ako rýchlosť, spoľahlivosť dátových prenosov, garancia objemu a kvality telco služieb. U uzlových a smyčkových DTS staníc, možnosť využitia ako komunikačných uzlov pre komunikáciu smyčkových a koncových DTS staníc, pracujúcich na hladine vn/nn.

Na optickej infraštruktúre bude zaisťovať prenos ethernetových a sériových služieb technologická sieť, s využitím rôznych sieťových technológií. Ako komunikačné médiá sa budú primárne využívať optické vlákna, inštalované v kombinovanom zemnom lane. Táto sieť bude fyzicky oddelená od ostatných sietí, na úrovni samostatných komunikačných médií, ako sú vlákna, metalické kable a rádiové kmitočty. U samostatných aktívnych sieťových prvkov, bude oddelené napájanie od fyzického prístupu. Táto optická sieť bude primárne slúžiť pre technologické komunikácie ČEZd.

## 2 Obecný rozbor siete

Počítačová sieť predstavuje vzájomné prepojenie sieťových prvkov, za účelom ich komunikácie a zdieľania sieťových prostriedkov. Úlohou aktívnych sieťových prvkov je aktívna práca so signálom. Medzi najčastejšie používané sieťové prvky v ČEZ Distribuce patria smerovače a prepínače.

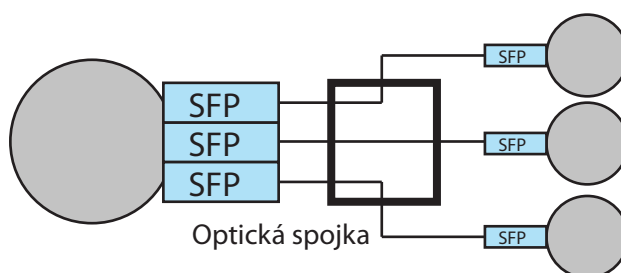
### 2.1 Aktívna optická sieť

Optické prístupové siete na základe typu infraštruktúry, delíme na aktívne optické siete (AON) a pasívne optické siete (PON). AON využíva aktívne sieťové prvky, na prenos signálu ku koncovým staniciam, zatiaľ čo PON využíva optické deliče, ktoré nevyžadujú elektrické napájanie pre prenos optického signálu, ku koncovým staniciam. [3]

ČEZ Distribuce funguje na princípe aktívnej optickej siete. Táto sieť je technologická sieť, a nevyžaduje sa žiadne pripojenie na internet, alebo zaistenie služieb typu prenos hlasu, videa a iné.

Na zaistenie komunikácie pomocou optických vlákien, sa využívajú tieto varianty:

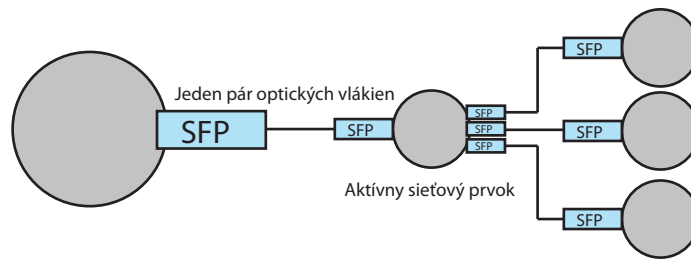
1. Prepojenie bod-bod (P2P) – Ku každej koncovej stanici je vedené jedno samostatné optické vlákno, nezávislé od ostatných. Nevýhodou je veľká spotreba optických vlákien a potreba dostatočného množstva portov na jednotlivých prepojovacích zariadeniach, viď obr. 2.1.



Obr. 2.1: Prepojenie bod-bod (P2P) – AON.

2. Mnohobodové prepojenie (P2MP) pomocou AON – Môže sa využívať jeden pár optických vlákien, a pomocou aktívnych sieťových prvkov a jednotlivých optických modulov, dokáže ľahko vetviť jednotlivé línie siete, viď obr. 2.2.



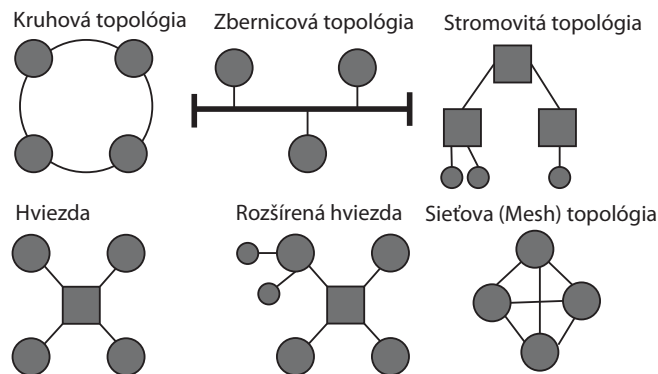


Obr. 2.2: Mnohobodové prepojenie (P2MP) – AON.

## 2.2 Fyzická topológia siete

Fyzická topológia určuje, akým spôsobom je sieť po fyzickej stránke usporiadaná. Ide o rozloženie sieťového média, ktoré zobrazuje vzájomné prepojenie zariadení v sieti. Základné typy fyzickej topológie sú zobrazené na obr. 2.3. Dôležitými faktormi ovplyvňujúce komunikáciu zariadení v sieti na základe vybranej fyzickej topológie sú: [4]

- Finančné náklady
- Škalovateľnosť
- Kapacita šírky pásma
- Jednoduchosť inštalácie
- Riešenie prípadných problémov



Obr. 2.3: Typy fyzickej topológie.

Fyzická topológia optickej infraštruktúry v ČEZ Distribuce je tvorená na princípe kruhu, kde sa jednotlivé kruhy navzájom prepájajú. Optické prenosové médium je vedené paralelne s vedením elektrického prúdu. Jednotlivé uzly v sieti môžu byť prepojené spôsobom bod–bod, alebo spôsobom bod-multibod, kedy daný uzol v

sieti, prepája viacero uzlov, a tým pádom jednotlivé kruhy sú navzájom prepojené, pomocou agregáčnych uzlov v sieti.

Výhody kruhovej topológie pre ČEZ Distribuce:

- Zabezpečená redundancia siete, každé dva zariadenia sú navzájom prepojené, minimálne dvoma optickými vláknami.
- Minimálne kolízie v sieti.
- Lacné riešenie na inštaláciu.
- Jednoduchá rozširiteľnosť siete, keďže väčšina uzlov je prepojená spôsobom bod-bod.

Nevýhody kruhovej topológie pre ČEZ Distribuce:

- Jedno nefunkčné zariadenie, môže spôsobiť problémy pre celú sieť.
- Pridania nových zariadení, môže mať vplyv na výsledný výkon siete.
- Pakety z jedného zariadenia smerom ku druhému, musia niekedy prejsť viacerými uzlami v sieti.

## 2.3 Charakter prenášaných dát

Požiadavky na prenosovú rýchlosť dát, pre jednotlivé trafostanice v ČEZ Distribuce popisuje tab. 2.1. U každej trafostanice sa požaduje komunikácia v reálnom čase s dostupnosťou 99,99%.

Tab. 2.1: Prenosová rýchlosť trafostaníc.

Kategória	Prenosová rýchlosť
K0	1Gbit/s - 10Gbit/s
K1	10Mbit/s - 1Gbit/s
K2	1Mbit/s - 10Mbit/s
K3	10kbit/s - 100kbit/s
K4	10kbit/s - 100kbit/s

Koncové zariadenie v trafostaniciach tvorí komponent riadiaceho systému RTU7M, ktorý pomocou svojich analógových a binárnych vstupov, riadi motorové pohony pre odpínanie a vypínanie elektrickej siete. Tento komponent komunikuje pomocou Ethernetu s aktívnym sieťovým prvkom.

## 2.4 Prenosové média

Prenosové médium prenáša dáta medzi stanicami, ktoré navzájom spolu komunikujú. ČEZ Distribuce pre svoju doterajšiu technologickú sieť využíva elektrické, optické a

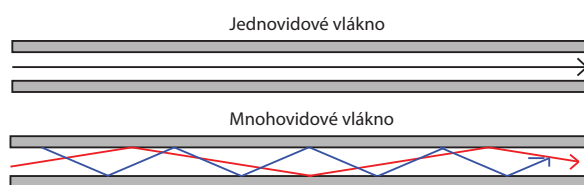
elektromagnetické spojenia, pri ktorých sa informácie prenášajú pomocou rádiových signálov.

### 2.4.1 Optické médium

Prenos informácií optickým vláknom môžu poskytovať svetelné zdroje, ako sú lasery a luminiscenčné diódy (LED). Podstata prenosu, je založená na totálnom odraze svetla na rozhraní dvoch optických prostredí, s rozdielnym indexom lomu. Vlákna sú tvorené valcovým dielektrickým jadrom, ktoré je obklopené dielektrickým plášťom.

Optické vlákna delíme na jednovidové a mnohovidové pri konštantnom indexe lomu svetla, viď obr. 2.4. Ak má jadro dostatočne veľký priemer, umožňuje šírenie svetla vo viacerých vidoch. Mnohovidové vlákna, sú aplikované v prenose na krátku vzdialenosť a s nižšou prenosovou rýchlosťou. Pracuje sa s veľkou disperziou na vlnovej dĺžke 850 nm, alebo 1310 nm. Jednovidové vlákna sú využívané v optických sieťach s dlhou vzdialenosťou. Sú k dispozícii len pre prenos s jedným režimom, a pracujú s malou disperziou pri vlnovej dĺžke 1310 nm a 1550 nm.

Optické vlákna sú chránené pomocou primárnej ochrany, takzvanou ochrannou vrstvou. Ako ďalšia ochrana, sa využíva sekundárna ochrana, ktorá tvorí silnú vrstvu plastovej hmoty. Používa sa aj voľná sekundárna ochrana vlákien, tvorená plastovou trubičkou v ktorej je uložené jedno alebo viacero optických vlákien. [5]



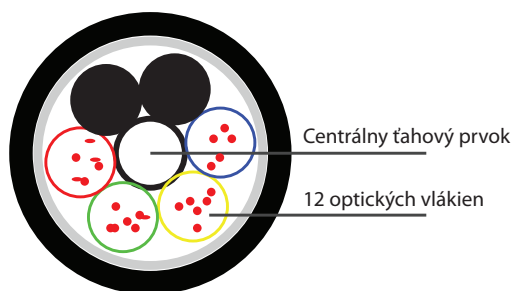
Obr. 2.4: Jednovidové a mnohovidové vlákno.

### Optické kabley

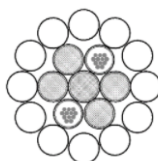
V ČEZ Distribuce sa využíva optický kábel so 48 optickými jednovidovými vláknami. Pre jednotlivé vedenie (VVN, VN a NN) sa používajú tieto optické kabley:

1. Zemný optický kábel (ZOK, viď obr. 2.5) – Plne dielektrický zemný optický kábel, tvorený centrálnym ťažným prvkom, ktorý zabraňuje prelomeniu káblu. Okolo ťahového prvku, sú stočené 4 plastové trubičky s 12 optickými vláknami, v jednej trubičke. Pre sekundárnu ochranu vlákien v trubičkách, sa využíva plniaci gél. [6]

2. Samonosný dielektrický optický kábel (SDOK) – Pre vonkajšie vedenie VN na betónových podporných bodoch, sa využíva SDOK. Kábel obsahuje centrálny ťažný prvok, okolo ktorého sú stočené 4 trubky s optickými vláknami. [7]
3. Kombinované zemné lano (KZL, viď obr.2.6) – Využíva sa pri vedení VVN a VN na stožiaroch. Je určené na ochranu vedenia proti úderu blesku alebo prepätí, a súčasne zaisťuje funkciu telekomunikačného prenosového média. Vonkajšia vrstva tvorí ocelohliníkové lano, a vo vnútri lana sú umiestnené dve ocelové trubičky, s 2x24 kusov optických vlákien. Zobrazené na: [8]



Obr. 2.5: Zemný optický kábel. Prevzaté z [6].



Obr. 2.6: Kombinované zemné lano (KZL). Prevzaté z [8].

Variety optických kábelov ukončených v ODF rozvádzačoch:

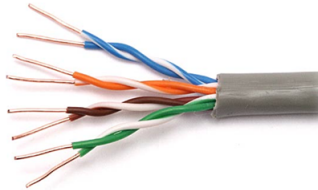
1. Loose Tube (LT) – Štandardný univerzálny optický kábel, trubičky po 12 vláknach.
2. Brakeout kábel (BOC) – Multipatchcord, okonektorovaný prepájací kábel.
3. Central Tube (CT) – Jedna centrálna trubička s jedným alebo viacerými vláknami.
4. Minipack Brakeout – Na oboch stranách okonektorovaný prepájací kábel.
5. MPO Trunk kábel – Okonektorovaný kábel multivláknovými konektormi.

## 2.4.2 Metalické médium

Na prepojenie koncových zariadení, alebo prípadne prepojenie aktívnych sieťových prvkov v ČEZ Distribuce sa využíva krútená dvojlinka. Tento kábel je tvorený ôsmimi vodičmi, ktoré sú zoradené do štyroch párov. Každé dva vodiče sú navzájom

medzi sebou krútené, a všetky štyri páry sú znova okolo seba krútené. Na tento typ kábelu sa využíva konektor RJ45, s maximálnou vzdialenosťou kábelu 100 metrov. Najpoužívanejšie typy káblov sú: [9]

1. UTP kábel (Netienená dvojlinka) -- Tento kábel neobsahuje žiadne tienenie, a preto je najzraniteľnejší, viď obr. 2.7.
2. STP kábel (Tienená dvojlinka) -- Každý pár je tienený kovovou fóliou , a všetky štyri páry sú znova tienené. Výrazne redukuje elektrické rušenie a pre-sluchy medzi jednotlivými párami, a vonkajším vedením, viď obr. 2.8.



Obr. 2.7: UTP kábel, prevzaté [10].



Obr. 2.8: STP kábel, prevzaté [11].

## 2.5 Smerovanie v sieti

Smerovanie je tou najkomplikovanejšou a zároveň najdôležitejšou funkciou počítačovej siete. Medzi ľubovoľnou dvojicou hostiteľských systémov môže existovať niekoľko rôznych fyzických ciest. Na základe tohto, potrebujeme mechanizmy ako sú smerovače, pre rozpoznávanie vzdialených sietí, a pre skúmanie možných sieťových ciest ku vzdialeným sietiam. Daný proces rozpoznávania, výpočtov a porovnávania ciest do vzdialených sietí nazývame smerovanie. Smerovače sa učia adresy vzdialených sietí buď dynamicky, pomocou smerovacích protokolov, alebo manuálne pomocou statického smerovania. Vo väčšine prípadov sa využíva kombinácia týchto dvoch techník.

Najväčšou nevýhodou statického smerovania oproti dynamickému smerovaniu, je manuálna rekonfigurácia statických ciest, pri každej zmene fyzickej topológie. Statické smerovanie má 3 primárne použitia:

1. Poskytuje uľahčenie smerovacej tabuľky v malej sieti, pri ktorej sa neočakáva jej veľké rozširovanie.
2. Smerovanie do a zo stub siete. Stub sieť, predstavuje sieť pripojenú ku jednému smerovaču, ktorý ma len jedného suseda.
3. Využívanie predvolenej alebo štandardnej smerovacej cesty, v prípade ak nie je v smerovacej tabuľke daného smerovača, konkrétna adresa siete.

Pri dynamickom smerovaní sa využívajú smerovacie protokoly, ktorou úlohou je nájdenie vzdialených sietí, pravidelná aktualizácia sieťových informácií, nájdenie najvýhodnejšej cesty do vzdialenej siete a schopnosť nájdenia novej cesty, ak predošlá cesta už nie je k dispozícii. Smerovače si vďaka týmto protokolom, dokážu dynamicky vymieňať informácie o vzdialených sieťach, a automaticky si ich ukladajú do svojich smerovacích tabuliek. [12]

### 2.5.1 Sieťový protokol OSPF

Open Shortest Path First (OSPF) je dynamický smerovací protokol. Patrí do skupiny Interior Gateway protocol (IGP), a teda sa využíva v rámci jedného autonómneho systému. Tento protokol je typu stavovej linky, čo znamená že každý smerovač v sieti si vytvára lokálnu databázu (Link State Database), v ktorej má uloženú kompletne celú topológiu siete. Funkciu protokolu OSPF môžeme popísať nasledovne:

1. Smerovač vysiela cez svoje rozhrania Hello pakety. Ak sa dva navzájom prepojené smerovače dohodnú, stávajú sa susedmi. Medzi niektorými susedmi sa vytvárajú užšie vzťahy, a tak tieto smerovače sa nazývajú prilahlé smerovače.
2. Prilahlé smerovače si vzájomne vymieňajú Link State Advertisement (LSA pakety). Tieto pakety obsahujú stav rozhrania a zoznam smerovačov pripojených k danej sieti.
3. Každý smerovač v sieti si ukladá prijaté LSA do svojej lokálnej topologickej databázi, a zároveň ich preposiela na prilahlé smerovače. Výsledkom sa stáva zhodná topologická databáza na všetkých smerovačoch.
4. Ako ďalšie smerovač vykoná výpočet pomocou SPF algoritmu, pre nájdenie najkratšej cesty do každej siete a odstránenie smyčiek v topológii siete.
5. Po vykonaní algoritmu, každý smerovač naplní svoju smerovaciu tabuľku príslušnými dátami.
6. Ak dôjde ku zmene v topológii, smerovač u ktorého nastala zmena znova odošle LSA na prilahlé smerovače a vykoná sa nový SPF algoritmus.

Protokol OSPF pre výpočet najlepšej cesty ku vzdialenej sieti, využíva metriku označovanú ako cena cesty. Každé rozhranie smerovača, má priradenú cenu od 1 – 65535. Preferovaná cesta do cieľovej vzdialenej siete je tá, ktorej súčet jednotlivých cien cesty je najmenší. Cena je priradená na základe šírky pásma použitého rozhra-

nia, avšak tento údaj sa dá zmeniť, a tým pádom sa preferuje iná trasa. Stále platí, že zvolená trasa musí mať najmenšiu cenu cesty.

Vzťah susednosti je kľúčový pre zdieľanie smerovacích informácií, a určuje sa podľa typu siete. Smerovač sa pokúsi stať prilahlým ku najmenej jednému smerovaču na každej sieti, ku ktorej je pripojený. OSPF rozhrania rozoznávajú 3 druhy sietí ako sú, všesmerové viac prípojové siete, sieť bod-bod a nie všesmerové prípojové siete. Pri sieťach bod-bod môžu byť pripojené len dva smerovače. Vo všesmerových sieťových segmentoch, môže byť pripojených viacero smerovačov. Ak sa každý smerovač snaží stať prilahlým, dochádza k nadmernej komunikácii. Riešením je zvoliť jeden predurčený smerovač (DR). Tento smerovač je susedom všetkých smerovačov vo všesmerovom broadcaste. Volí sa podľa najvyššej IP adresy v segmente, alebo ho manuálne zadá administrátor. Pre možnosť zlyhania DR smerovača, sa volí záložný BDR (backup designated router) smerovač. [13]

## Multi-area OSPF

OSPF s jednou oblasťou je užitočné v malých sieťach, kde cesty do vzdialených sietí sú ľahko vypočítateľné. Ak sa OSPF oblasť zväčší, nastávajú nasledujúce problémy:

- Dlhé smerovacie tabuľky — OSPF smerovače predvolene nesumarizujú siete, a tým pádom smerovacie tabuľky v závislosti od veľkosti danej siete sú príliš dlhé, čo ma za následok zataženie smerovača a následne spomalenie celej siete.
- Dlhá linkovo stavová databáza (LSDB) — Každý smerovač musí udržiavať informácie o celej topológii siete, a pravidelne posielať aktualizácie.
- Časté prepočítovanie SPF algoritmu — Vo veľkých sieťach, sú zmeny nepredvídateľné, a smerovače musia často prepočítavať cesty do vzdialených sietí, pre aktualizáciu smerovacej tabuľky.

Aby OSPF protokol bol efektívny a ľahko škálovateľný, využíva hierarchické smerovanie využívajúce oblasti. OSPF oblasť je skupina smerovačov, ktoré v rámci jednej oblasti zdieľajú svoje linkovo stavové informácie a databázy.

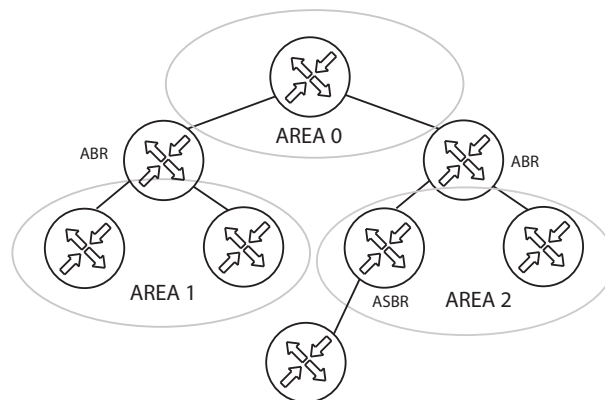
Hierarchia oblastí pozostáva z chrbticovej tranzitnej oblasti a regulárnej oblasti, viď obr. 2.9. Chrbticová OSPF oblasť ma primárnu funkciu rýchlo a efektívne presúvať IP pakety, a väčšinou prepája rozdielne regulárne oblasti. V týchto oblastiach sa zvyčajne nachádzajú koncové zariadenia. Ako označenie chrbticovej tranzitnej oblasti sa využíva oblasť 0. Regulárna oblasť nedovoľuje trafike z inej oblasti, využívať jej linky pre prechod do druhej oblasti. Všetka trafika musí prejsť tranzitnou oblasťou.

V niektorých prípadoch, ak nie je fyzicky možné pripojiť niektoré oblasti ku chrbticovej tranzitnej oblasti, využívajú sa virtuálne linky na prepojenie regulárnej oblasti ku chrbticovej oblasti cez ďalšiu regulárnu oblasť. Virtuálne linky sa tiež

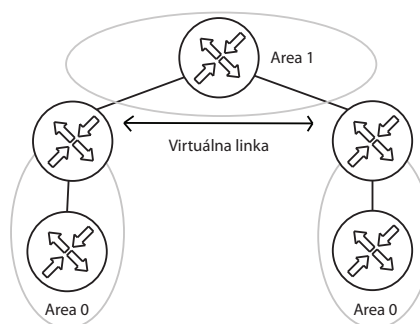
využívajú na prepojenie dvoch chrbticových oblastí, viď obr. 2.10.

OSPF smerovače, rozlišujeme podľa funkcií ktoré vykonávajú. Máme štyri typy OSPF smerovačov v sieti, s viacerými областami. [14]

1. Interný smerovač — smerovač ktorý má všetky jeho rozhrania v jednej a tej istej oblasti.
2. Chrbticový smerovač — smerovač nachádzajúci sa v chrbticovej oblasti.
3. Hraničný smerovač (ABR) — smerovač, ktorý sa nachádza v minimálne dvoch rozličných oblastiach. Tento smerovač môže sumarizovať smerovacie informácie a redistribuovať ich do ďalšej oblasti. Oblať môže mať viacero ABR smerovačov.
4. Autonómny hraničný smerovač (ASBR) — smerovač, ktorý má minimálne jedno svoje rozhranie v externej sieti alebo inom autonómnom systéme. Má schopnosť redistribuovať smerovacie informácie z a do iného autonómneho systému.



Obr. 2.9: OSPF oblasti.



Obr. 2.10: Virtuálna linka OSPF.



## 2.5.2 Sieťový protokol EIGRP

Enhanced Interior Gateway Routing Protocol, je pokročilý vektorový smerovací protokol. Má schopnosť určiť najkratší vektor vzdialenosti cesty. Na výpočet najkratšej optimálnej sieťovej trasy používa metriku, ktorá sa odvodí na základe šírky pásma, zaťaženia a oneskorenia linky. EIGRP posielala iba prírastkové aktualizácie, ktoré znižujú zaťaženie smerovačov a množstvo prenášaných informácií. EIGRP vytvára 3 tabuľky:

1. Susedná tabuľka – obsahuje informácie o smerovačoch a susedských vzťahoch, s ktorými boli nadviazané.
  2. Tabuľka topológie – Obsahuje informácie do všetkých vzdialených sietí, ktoré EIGRP pozná.
  3. Smerovacia tabuľka – ukladá aktuálne optimálne trasy ku vzdialeným sieťam.
- Najväčšou výhodou protokolu EIGRP, je jeho rýchla konvergencia. Medzi nevýhody patrí cisco proprietarnosť a jeho rozšíriteľnosť. [15]

## 2.6 Redundancia a konvergencia siete

Redundancia v počítačovej sieti zabezpečuje značnú spoľahlivosť. Pri výpadku linky nám zaručuje, že sieť bude aj naďalej funkčná. Pri výpadku prepínačov sa neznefunkční celá sieť, len časť ktorá nemá iné prepojenia. Avšak pri redundancii prepínačov nastávajú rôzne problémy, ako napríklad nestabilita MAC databázy, všesmerové búrky, alebo duplikované rámce. Všetky tieto problémy zapríčiňuje slučka, ktorá vznikne medzi prepínačmi.

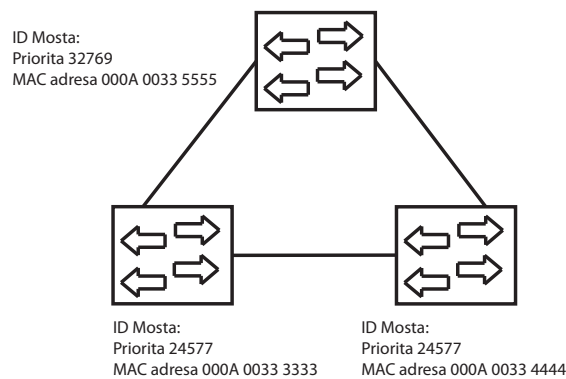
Dôležitým faktorom každej počítačovej siete je jej konvergencia. Pre zaistenie rýchlej konverencie, a teda zvýšenia výkonu a rýchlosti počítačovej siete, sa najčastejšie uvažuje o type použitých aktívnych sieťových prvkov a konfigurácii sieťových protokolov, na zaistenie správy a komunikácie v sieti.

### 2.6.1 Spanning Tree Protokol (STP)

Na odstránenie týchto problémov, ktoré sú zapríčinené vznikom slučky, bol vyvinutý Spanning Tree Protokol. STP zaručuje, že medzi všetkými cestami, bude len jedna jediná cesta, a ostatné redundantné cesty ktoré by mohli zapríčiniť slučku alebo iné problémy, budú blokováné. Ak tieto cesty budú potrebné, STP prepočíta a vytvorí nové spojenie. Rôzne varianty STP protokolu sú zobrazené v tab. 2.2. STP prepínače si vymieňajú Bridge Protocol Data Unite (BPDU) na vytvorenie topológie. BPDU sú posielané zo všetkých portov každé dve sekundy, a sú určené MAC Adresou 0180.c200.0000.

Pri budovaní STP topológie medzi prepínačmi, sa využíva Spanning Tree Algorithm (STA). Pri tomto algoritme sa určí: [16]

1. Root bridge – prepínač zvolený za takzvaný koreň. Určuje sa na základe Bridge ID, ktorý sa skladá z dvoch častí. Prvou časťou je 16-bitový Bridge priority, a druhou časťou je 48-bitová MAC Adresa. Na základe prijatého BPDU sa porovná Bridge priority, a prepínač s menšou Bridge prioritou sa stáva Root bridge. Ak sú tieto priority rovnaké, rozhodne sa na základe toho, kto má menšiu MAC Adresu. Na obr. 2.11 ako sa zvolí Root bridge smerovač, s najnižšou MAC Adresou.



Obr. 2.11: STP – Voľba Root Bridge.

2. Identifikácia root port – Po zvolení root bridge, si zvyšné prepínače zvolia svoje root porty. Pri tomto procese, záleží na cene cesty, smerom na root bridge. Cena cesty záleží na šírke pásma použitej linky.
3. Identifikácia designated port – Pre každý segment v sieti je identifikovaný jeden predurčený port. Tento port je zodpovedný za zasielanie BPDU a rámcov do tohto segmentu. Každý segment siete, musí vždy obsahovať jeden predurčený port. Porty na root bridge, sa vždy automaticky menia na predurčené porty.
4. Port ID – Pri vzájomnom prepojení prepínačov dvoma linkami, cena cesty a Bridge ID nepomôžu. V tejto situácii sa uvažuje na prioritě portu a čísle portu. Menšia priorita portu vyhráva.

## 2.6.2 Virtuálne siete (VLAN)

Logická sieť, ktorá je nezávislá na fyzickom umiestnení koncových uzlov v lokálnej sieti. Umožňuje segmentáciu siete, aby koncové zariadenia a sieťové zdroje boli logicky združené. VLAN je všesmerová doména, tvorená jedným alebo viacerými prepínačmi. Každý port prepínača, môže byť priradený do rôznej VLAN, viď obr. 2.12.

Tab. 2.2: Typy STP protokolov.

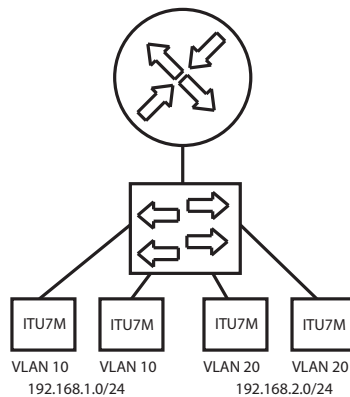
Protokol	Štandard	Konvergencia	Výkon zariadenia
STP	802.1D	Pomalá	Nízky
PVST+	CISCO	Pomalá	Vysoký
RSTP	802.1w	Vysoká	Priemerný
RAPID PVST+	CISCO	Vysoká	Veľmy vysoký
MSTP	802.1s, CISCO	Vysoká	Priemerný/vysoký

Základné výhody virtuálnych sietí sú: [17]

- Vyššia výkonnosť siete – obmedzuje všesmerové šírenie správ, preberá časť záťaže od smerovačov a zvyšuje rýchlosť siete.
- Zvýšená bezpečnosť prístupu ku jednotlivým dátam.
- Zjednodušená správa siete.

Nevýhody:

- Potreba smerovača, alebo prepínača pracujúceho na sietovej vrstve, pre prepojenie VLAN.



Obr. 2.12: VLAN 10 a VLAN 20.

### 2.6.3 First Hop Redundancy Protocol (FHRP)

Zariadenia v prístupovej vrstve, využívajú na komunikáciu so vzdialenými sieťami predvolenú bránu, ktorá tvorí rozhranie smerovača v danej sieti. V prípade výpadku rozhrania, alebo samotného smerovača, je potrebné mať k dispozícii záložný smerovač. Koncové zariadenia sú typicky konfigurované s jednou IP Adresou, pre predvolenú bránu. Ak toto zariadenie nie je možné dosiahnuť IP Adresu predvolenej brány,

nedokáže komunikovať mimo lokálnu sieť. Dokonca aj keď je k dispozícii, redundantný smerovač v tejto lokálnej sieti. Neexistuje dynamický mechanizmus, ktorý by detegoval a zmenil IP adresu predvolenej brány.

Jedným zo spôsobov ako predísť výpadku spojenia, je implementácia virtuálneho smerovača. Dva a viacero smerovačov, môže slúžiť ako jeden virtuálny smerovač zdieľaním rovnakej IP adresy a MAC adresy. IP adresa virtuálneho smerovača je konfigurovaná ako predvolená brána, pre danú lokálnu sieť. Redundantné protokoly zabezpečujú mechanizmus určujúci, ktorý smerovač bude aktívny v preposielaní trafiky, a ktorý smerovač bude v čakajúcom móde. Pri zlyhaní aktívneho smerovača, sa automaticky presunie preposielanie celej komunikácii na záložný smerovač, ktorý prejde z čakajúceho módu do aktívneho módu. [18]

### **Hot Standby Routing Protocol (HSRP)**

- Zo smerovačov patriacich do skupiny HSRP, sa jeden smerovač zvolí ako primárny, jeden ako záložný a ostatné sú v stave počúvania.
- Používa sa virtuálna IP adresa a MAC adresa.
- Aktívny smerovač sa volí podľa standby priority, vyššia hodnota víťazí. Predvolená hodnota je nastavená na 100, volí sa z rozsahu 1 – 255.
- Aktívny smerovač sa pravidelne overuje pomocou Hello paketu, ktorý sa štandardne posiela každé 3 sekundy. Ak po dobu holdtime (predvolene 10 sekúnd) nedostane hello paket, aktívny smerovač sa vyhlási za nefunkčný.
- Pre vyrovnávanie záťaže, sa využíva rozšírený Multiple HSRP (MHSRP) protokol. Dovoľuje nakonfigurovať časť klientov pre jeden smerovač, a druhú časť pre záložný smerovač.

### **Internet Router Discovery Protocol (IRDP)**

- Host si zistí skutočnú IP adresu smerovača.
- Prijíma multicastové pakety, od smerovačov, a na základe toho nájde predvolenú bránu vo svojej sieti.
- Ak nedostane pravidelnú správu od svojej brány, prepne na záložnú bránu.

### **Virtual Router Redundancy Protocol (VRRP)**

- Podobný HSRP protokolu.
- Hlavný smerovač je master, ostatné sú záložné. Master smerovač má najvyššiu prioritu.
- Neobsahuje žiaden mechanizmus na sledovanie rozhrania, ale objektu pre následnú úpravu priority.
- Ako virtuálna IP adresa sa môže používať IP adresa jedného zo smerovačov.

## Gateway Load Balancing Protocol (GLBP)

- CISCO proprietárny protokol, ktorý je podobný HSRP protokolu, a navyše poskytuje vyváženie zaťaženia.
- Klienti majú rovnakú IP adresu brány, ale inú MAC adresu.
- Volí sa Active Virtual Gateway (AVG) ktorý prideluje virtuálne MAC adresy. Smerovač ktorý prijme túto MAC adresu sa označuje ako Active Virtual Forwarder (AVF).
- V jednej skupine môžu byť maximálne 4 smerovače.

## 2.7 Zabezpečenie siete

Dôležitým faktorom každej siete, je jej bezpečnosť. Je to súbor pravidiel a bezpečnostnej politiky pre prevenciu a kontrolu neoprávneného prístupu ku sieťovým zdrojom alebo jednotlivým dátam ktoré sa šíria v sieti. ČEZ Distribuce využíva svoju technologickú sieť výhradne na riadenie trafostaníc. Táto sieť neposkytuje prístup ku internetu, a pracovníci spoločnosti, nemajú voľný prístup do tejto siete.

Hlavnými dôvodmi pre vznik bezpečnostných problémov v sieti sú slabé miesta v technológii, konfigurácii a zásadách. Každá sieťová a počítačová technológia má svoje slabé stránky, ktoré sa dajú zneužiť. Slabé miesta v konfigurácii môže správca nevhodne nakonfigurovať, alebo s nimi nevhodne zachádzať. Slabé miesta v zásadách vznikajú, ak je nedostatočne definovaná a implementovaná bezpečnostná politika. V takých prípadoch môže byť sieť ohrozená aj pri tých najbezpečnejších technológiách.

### 2.7.1 Typy zabezpečenia

#### Zabezpečenie fyzických zariadení

Fyzické uzamknutie sieťových zariadení, záložné elektrické napájanie pre každé zariadenie a zabezpečená klimatizácia. [19]

#### Zabezpečenie administratívneho rozhrania

Do správneho zabezpečenia administratívneho rozhrania smerovačov a prepínačov sa radí: [19]

- Zabezpečenie prístupu ku konzole – povinnosť autentizácie pri pripojení. Nastavenie hesla pre konzolový, užívateľský a privilegovaný režim.
- Šifrovanie hesiel – šifrovanie konzolových a prístupových hesiel, uložených v konfiguračnom súbore jednotlivých sieťových zariadení.
- Vyladenie parametrov linky – nastavenie časového limitu prístupu.

- Nastavenie viac úrovní opravnena - skupina užívateľov má prístup ku rôznym príkazom na základe udelených privilégií.
- Úvodná správa v zariadení – úvodná správa pri prihlásení sa do zariadenia, oznamuje kto ma prístup k danému zariadeniu, a varuje pred nelegálnym zneužitím zariadenia.

### **Zabezpečenie komunikácie smerovačov**

Vzájomná komunikáciu medzi smerovačmi sa dá zabezpečiť: [19]

- Autentizácia v smerovacom protokole -- smerovacie protokoly, sú náchylné ku falšovaniu smerovacích aktualizácií. Využitie protokolov podporujúce šifrovanie.
- Zabezpečenie konfiguračných súborov v smerovači -- Ukladanie konfiguračných súborov na server, ktorý je dostatočne zabezpečený.
- Riadenie sieťovej prevádzky pomocou filtrov -- Používanie prístupových zoznamov (ACL), na filtrovanie komunikácie.



## 3 Architektúra optickej infraštruktúry

Architektúra optickej infraštruktúry popisuje fyzickú a logickú časť siete. Fyzická časť siete rieši segmentáciu siete, návrh fyzickej topológie siete a následnú vláknovú schému tvorenú optickými okruhmi. Logická časť siete popisuje použité sieťové protokoly zabezpečujúce komunikáciu medzi aktívnymi prvkami siete, konvergenciu siete, v prípade možnej poruchy a zabezpečenie siete, v prípade neoprávneného prístupu do siete.

### 3.1 Pasívna časť optickej siete

Spracovanie topológie pasívnej časti, technologickej optickej siete pre oblasť Hradec Králové, popisuje fyzické prepojenie trafostaníc rôznej významnosti (K1–K4), pomocou optických vlákien. Jednotlivé optické vlákna vytvárajú optické trasy medzi trafostanicami, a tvoria fyzickú topológiu zapojenia siete. Dôležitou časťou pre vytvorenie jednotlivej optickej trasy, je použitie a špecifikovanie pasívnych optických prvkov.

#### 3.1.1 Segmentácia siete

Jednotlivé optické trasy, budú kopírovať fyzickú topológiu energetickej siete, a na základe toho, sa rozdeľujú jednotlivé uzly v sieti. Trafostanice významnosti (K1–K2) pracujúce na vvn/vn, budú predstavovať transportné uzly v sieti a trafostanice významnosti (K3–K4) pracujúce na vn, budú predstavovať účastnícké uzly v sieti. Primárnou úlohou transportného uzlu v sieti je vytváranie a ukončovanie optických okruhov. Z dôvodu zabezpečenia redundancie, má transportný uzol vždy minimálne dve nezávisle optické okruhy. Účastnícky uzol v sieti, tvorí líniu jedného optického okruhu medzi transportným uzlom. Technologická optická sieť, bude rozdelená do hierarchicky usporiadaných sieťových úrovní. Tvoria ju transportná a účastnícka časť siete.

#### Transportná úroveň siete

Transportná sieť, predstavuje najvyššiu úroveň siete, ktorá zabezpečuje komunikáciu medzi dispečingom (K0) a trafostanicami významnosti (K1–K2). Sieťové uzly v tejto úrovni siete, predstavujú transportné uzly a sú prepojené na základe mesh topológie. Prepojenie dvoch transportných uzlov je realizované vždy priamo optickými vláknami.



## Účastnícka úroveň siete

Účastnícku úroveň siete tvoria trafostanice významnosti K3–K4, ktoré nepriamo prepojujú dva transportné sieťové uzly, alebo tvoria optický okruh v rámci jedného transportného uzlu. Jednotlivé línie účastníckej siete sú založené na topológii polkruhu, kde daný optický okruh na jednej línii, je nezávislý na inom optickom okruhu. Tým je zabezpečená kruhová fyzická topológia, ktorá poskytuje redundanciu, v prípade výpadku jedného optického prepojenia.

### 3.1.2 Návrh pasívnej optickej siete

Návrh pasívnej optickej siete, sa skladá z popisu inštalácie optického kábelu do HDPE trubky, návrhu pasívnych prvkov optickej siete, a vytvoreniu fyzickej topológie s vláknovou schémou, popisujúcou jednotlivé optické trasy, medzi trafostanicami.

#### Inštalácia optického kábelu

Existujú dva základné spôsoby pri inštalácii zemného optického kábelu, v plnom profile 48 vlákien v štyroch mikrotrubičkách po 12 vláknach, do jednej HDPE trubky. Prvým spôsobom je metóda zaťahovania, a druhým spôsobom je metóda zafukovania. Jednotlivá metóda, sa najčastejšie vyberá na základe dĺžky trasy a dostupnosti požadovaných strojov. Správny výber spôsobu inštalácie, môže ušetriť náklady na inštaláciu a čas.

V tomto prípade sa využije metóda zafukovania. Trasa HDPE trubičky musí byť čo najpriamejšia, je však daná trasou vn kabelu. HDPE trubka sa v predstihu uloží do zeme, a vytvorí sa optická trasa. Následne sa zafúkne optický kábel. Táto metóda pri dlhších trasách je jednoduchšia, oproti metóde zaťahovania, kde sa optický kábel môže pri procese zaťahovania ľahko poškodiť. Avšak najväčšou výhodou, je jednoduchá výmena optického kábelu, pri prípadnom poškodení.

Pri inštalácii optického kábelu do HDPE trubky, sa ideálne zafúkne celý optický kábel, medzi dvoma rozdielnymi transportnými uzlami. V prípade, že nie je možné zafúknuť optický kábel v celej dĺžke, využije sa optická spojka, v ktorej sa zvaria jednotlivé optické vlákna. Zafúknutie optického kábelu, je realizované do 1 kilometra. V miestach pokračovania záfuku, bude umiestnená šachta.

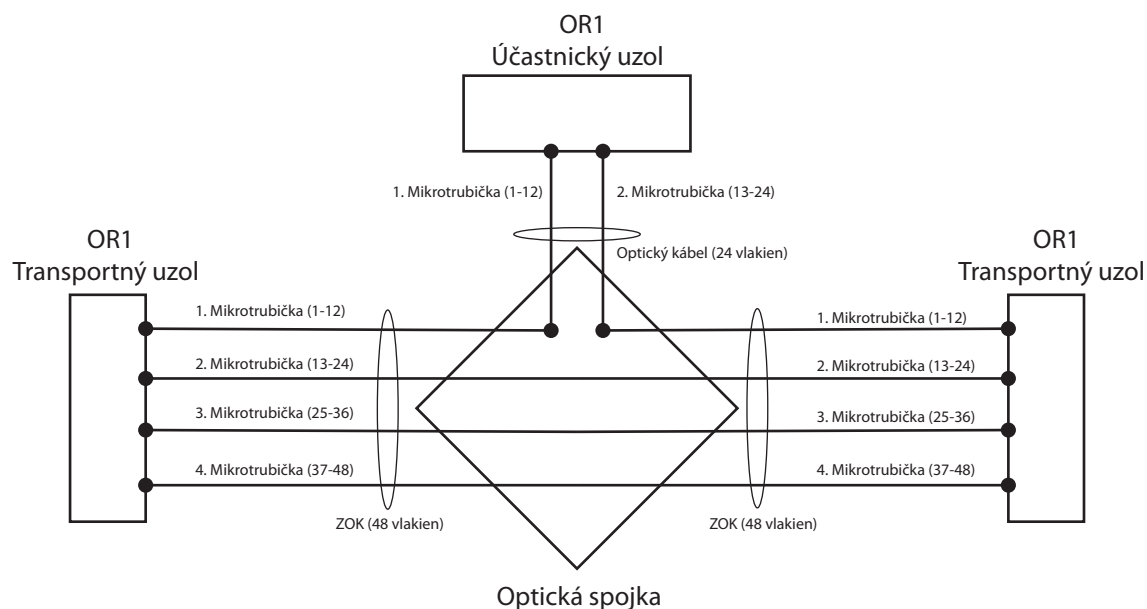
Pre montáž optického kábelu SDOK a KZL, sa využije metóda stacionárneho navijaku s dynamometrom. Pri inštalácii, je potrebné sa vyvarovať ostrým ohybom, a priebežne sledovať maximálnu prípustnú ťažnú silu, aby sa nepoškodil optický kábel.

## Optická spojka

Optická spojka je určená pre ochranu, spojených optických vlákien. V tomto prípade pre ZOK, sa použije spojka WTC2 od výrobcu Nexans. Táto optická spojka je dodávaná s maximálne šiestimi kazetami po 48 zvaroch, je odolná voči tlaku, a dá sa ukladať priamo do zeme.

Pre optické kable na podporných bodoch elektrického vedenia, sa využije hrncova optická spojka Fosc od dodávateľa Raycom. Táto optická spojka ma maximálne 4 kazety po 24 zvarov, a je vybavená so štyrmi prestupmi, pre samostatné optické kable.

Do oboch optických spojok, je možné umiestniť jeden priechodný optický kábel, z ktorého sa vyvedie jedna mikrotrubička s 12 vláknami. Týchto 12 vlákien sa prestrihne, a vytvorí sa 24 koncov optických vlákien, ktoré sa zvaria na samostatný optický kábel, vstupujúci do optickej spojky, viď obr. 3.1.



Obr. 3.1: Optická spojka WTC2.

## Optické stojany

Pre transportné uzly, sa budú využívať 3 optické stojany. Prvý stojan bude slúžiť na uloženie pasívnych prvkov optickej siete, v ktorých je ukončený optický kábel. V druhom stojane sa budú nachádzať aktívne sieťové prvky a tretí stojan, bude slúžiť na uloženie záložných napájacích zdrojov, pre aktívne sieťové prvky. Všetky 3 optické stojany budú od výrobcu Triton, s výškou 42U. Pre účastnícke uzly sa

využije, len jeden optický stojan od výrobcu Triton s výškou 42U, v ktorom sa bude nachádzať optická vaňa Netoptic 1U/24 zvarov a aktívny sieťový prvok, viď obr. 3.2.

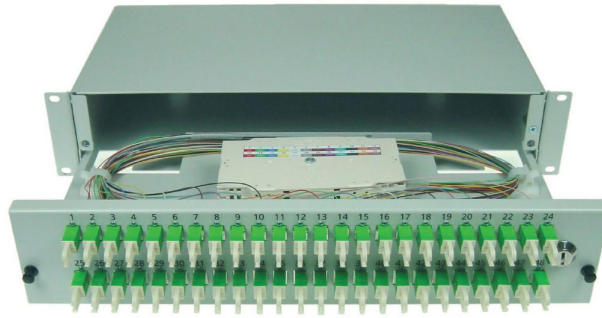


Obr. 3.2: Triton 42U, prevzaté [20].

### **Ukončenie optických káblov**

Optické kablely sú vedené stojanovým rozvádzačom ku optickej vane, ktorá pomocou fixačného prvku, je pripevnená ku zadnej časti stojana. Volné trubičky sú následne vedené po strane optickej vane, priamo do jednotlivých kaziet optickej vane. Vlákna sú následne zvarené na pigtaily, ktoré končia na konektorovom poli. Jednotlivé vlákna sú v rámci jednej kazety, farebne odlíšené.

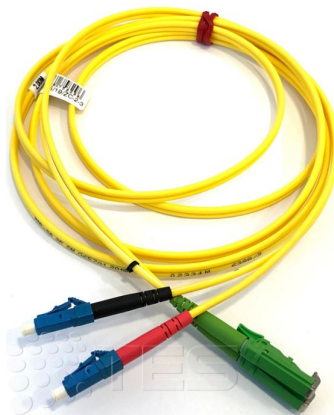
V transportných uzloch sa vždy ukončí optický kábel, v plnom profile 48 vlákien. Na ukončenie optických káblov sa v optickom rozvádzači, využije optická vaňa typu universal 2U od dodávateľa Netoptic. Táto optická vaňa, bude zahŕňať panel s 48 E2000/APC adaptérmi. V účastníckych uzloch sa ukončuje optický kábel v profile 24 vlákien. Na ukončenie optického kábelu sa využije optická vaňa typu universal 1U od dodávateľa Netoptic. Táto optická vaňa zahŕňa panel s 24 E2000/APC adaptérmi, viď obr. 3.3.



Obr. 3.3: Optická vaňa NETOPTIC, prevzaté [21].

### Prepojovacie optické káble

Prepojovací patchcord kábel, je využívaný na prepojenie zariadení vo vnútri rozvádzačov, alebo na pripojenie aktívneho sieťového prvku ku optickej trase. Pre transportný a účastnícky uzol, sa využijú patchcordy s dĺžkou 5 metrov. Tento patchcord bude jednovidový s typom vlákna G.657A, s konektormi typu LC a E2000. Tieto konektory sú v duplexnom prevedení spojené sponou, ktorá je rozoberateľná, čím umožňuje rozdelenie duplexného patchcordu na 2 simplexné patchcordy. Typ brúsenia je APC, ktorý znižuje spätný odraz signálu, viď obr. 3.4.

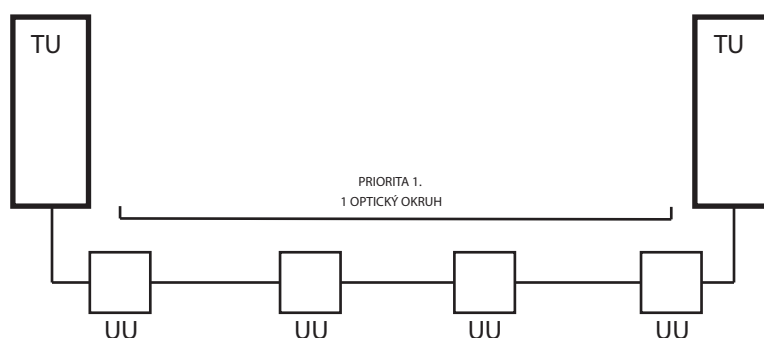


Obr. 3.4: Patchcord, prevzaté [22].

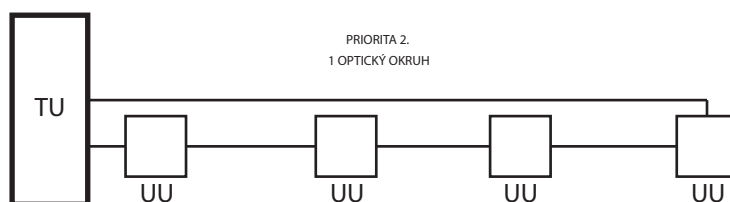
### 3.1.3 Optické okruhy

Každý transportný uzol, je priamo prepojený samostatnými vláknami s minimálne dvoma ďalšími transportnými uzlami. Tieto vlákna sa nachádzajú v existujúcich optických trasách. Nepriame prepojenia transportných uzlov, sa realizujú cez účastnícke uzly. Prioritizácia pripojenia účastníckych uzlov, na existujúcu optickú trasu

znázorňuje obrázok, viď obr. 3.5. Pri trasách, ktoré nie sú súvislé medzi dvoma transportnými uzlami, a tvoria tzv. slepú vetvu, sa vždy vracia optický okruh z účastníckeho uzlu späť, tou istou trasou, aby bolo docielené uzavretie polkruhovej fyzickej topológie, viď obr. 3.6. Optický okruh, tvoriaci dva nepriamo pripojené transportné uzly, predstavuje fyzickú topológiu plochého kruhu. V prípade optického okruhu v rámci jedného transportného uzlu, a účastníckych uzlov, ide o fyzickú topológiu kruhu.



Obr. 3.5: Optický okruh, priorita 1.

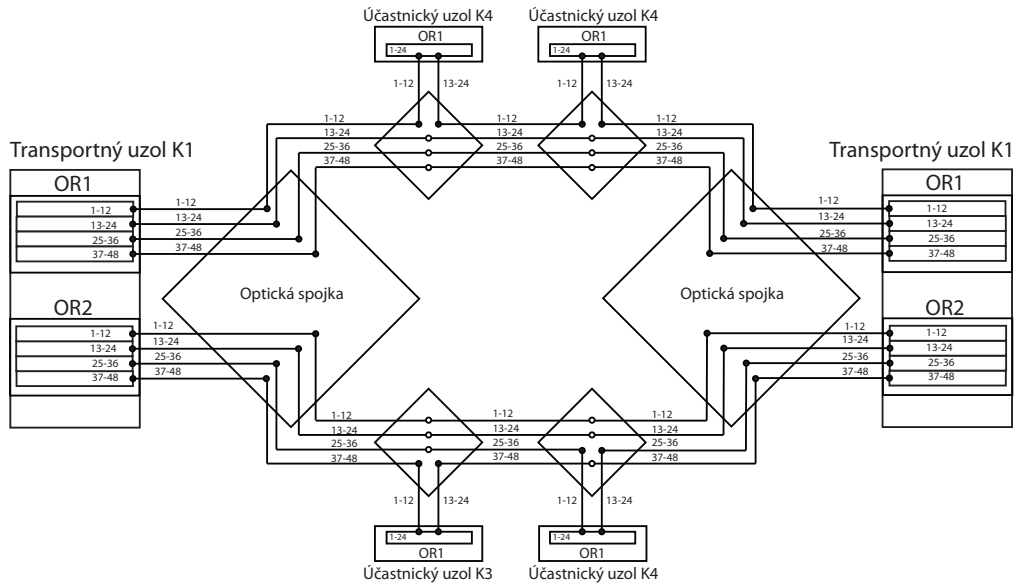


Obr. 3.6: Optický okruh, priorita 2.

### 3.1.4 Schéma optických vlákien

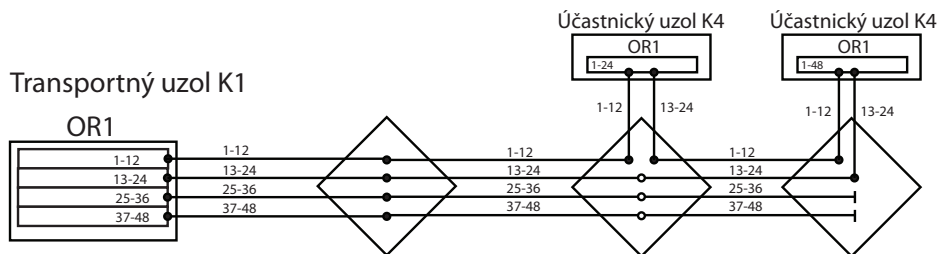
ČEZd má v rámci jednej trasy, medzi trafostanicami optický kábel so štyrmi mikrotrubičkami po 12 vláknach. Jedna mikrotrubička je vždy vyhradená pre iné účely, a teda k dispozícii sú 3 mikrotrubičky. V jednom optickom okruhu môže byť maximálne 20 účastníckych uzlov. Zvolený počet uzlov, v jednom samostatnom okruhu, závisí na počte voľných trubičiek v danom okruhu. V prípade zlyhania viac ako jedného uzlu v sieti, môže dôjsť ku nedostupnosti jednotlivých uzlov, tým pádom sa preferuje čo najmenší počet uzlov, v jednom samostatnom okruhu. Optický okruh vždy začína a končí v transportnom uzly. Nevyužitú vlákna sú ukončené v optickej vani, a môžu slúžiť na budúce účely rozširovania siete, alebo na testovanie prenosových vlastností jednotlivých optických trás.

Schéma optických vlákien v rámci jedného optického kabeľu je zobrazená na, viď obr. 3.7. Horný okruh prepojuje dva transportné uzly K1. V rámci tohto okruhu, sú na spoločných vláknoch prepojené dva účastnícke uzly a ostatné vlákna tvoria priamy prepoj transportných uzlov. V dolnej časti obrázku, sa nachádzajú dva samostatné okruhy s účastníckym uzlom. Týmto spôsobom sa prioritne pripájajú účastnícke uzly, ku dvom rôznym transportným uzlom.

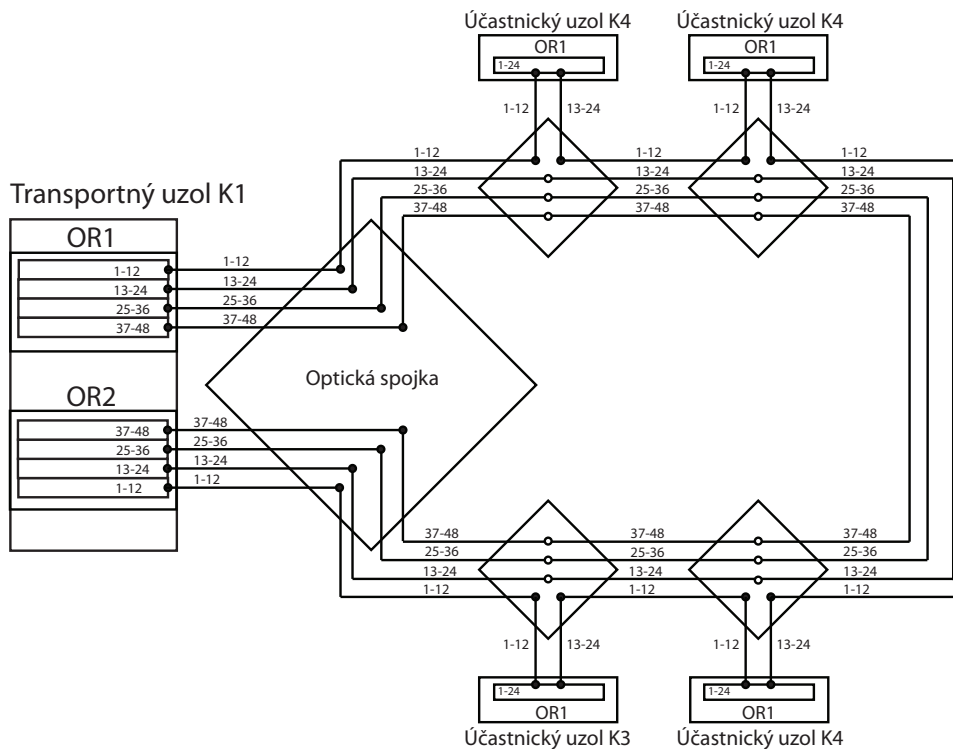


Obr. 3.7: Schéma optických vlákien dvoch TU.

Pri vláknovej schéme, pripojenia účastníckych uzlov ku jednému transportnému uzlu, v prípade že tento optický okruh je plochý, sú nevyužitú optické vlákna ukončené v účastníckom uzly, viď obr. 3.8. Ak optický okruh začína v jednom smere a prichádza do toho istého transportného uzlu v druhom smere, sú použité v transportnom uzly dve optické vane, pre ukončenie optického kabeľu. Takáto vláknohá schéma je zobrazená na obrázku, viď obr. 3.9.



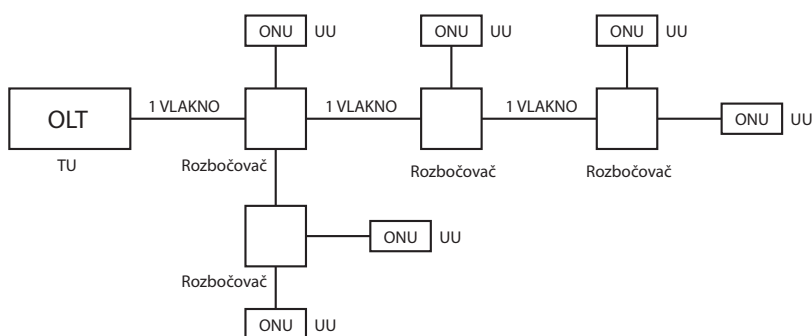
Obr. 3.8: plochá vláknohá schéma.



Obr. 3.9: Kruhová vláknová schéma.

### 3.1.5 Vlnový multiplex

Pri budúcom navyšovaní kapacity optických vlákien, je možným riešením pasívna optická sieť s vlnovým multiplexovaním. Výhoda tohto riešenia pozostáva z použitia jedného optického vlákna, na obojstrannú komunikáciu medzi viacerými uzlami, pomocou pasívnych rozbočovačov, viď obr. 3.10.



Obr. 3.10: Topológia – vlnový multiplex.

Nevýhodou je nutné využitie jednotky OLT (optické linkové zakončenie), na strane transportného uzlu, a sieťovej jednotky ONU, na strane účastníckych uzlov.

Fyzická topológia by predstavovala strom, kde vetvenie jednotlivých vn línii, by predstavovali rozbočovače. Využitie jednotlivých WDM komponentov je finančne vysoko nákladná záležitosť. Pri momentálnej architektúre infraštruktúry a požadovaných prenosových rýchlosti v jednotlivých uzloch, je takéto riešenie nevýhodné.

### **3.1.6 Prioritizácia výstavby optickej infraštruktúry**

Výstavba a sprevádzkovanie optickej siete v oblasti Hradec Králové, pozostáva z dvoch etáp. V prvej etape, sa vytvoria optické trasy medzi transportnými uzlami, trafostaníc významnosti K0 – K2. Každý transportný uzol, bude prepojený s dvoma rôznymi transportnými uzlami, pričom sa dbá na dĺžku trasy medzi jednotlivými transportnými uzlami, a použitá samostatná trasa, ktorá by pozostávala z trasy vn, predstavujúcu účastnícke uzly. Výhodou prepojenia transportných uzlov optickým káblom, paralelne s vedením vn, je minimalizácia optických trás medzi jednotlivými uzlami v sieti.

V druhej etape, sa paralelne s vn vedením, vytvoria optické trasy medzi účastníckymi uzlami, trafostaníc významnosti K3 – K4. Pri existujúcej optickej trase, z dôvodu prepojenia transportných uzlov, sa v jednotlivých šachtách, zvaria optické vlákna v optickej spojke, a ukončia v účastníckom uzle. Pri budovaní nových optických trás, sa pri každej trafostanici umiestni optická spojka, v ktorej sa zvaria optické vlákna, ukončené v účastníckych uzloch.

## **3.2 Logická topológia optickej siete**

Typy sietí sa delia na základe jej veľkosti, dosahu alebo rozlohy. Tento návrh siete predstavuje metropolitnú sieť (MAN). Jedná sa o prepojenie viacerých lokálnych sietí, v rámci jednej celej siete. Ide o špeciálny prípad lokálnej siete, len s väčšou rozlohou. Jednotlivé trafostanice tvoria svoje vlastné lokálne siete, ktoré sú prepojené pomocou optických vlákien, fungujúce na technológii Ethernetu. Technológia Ethernet, sa stará o prenos dát medzi týmito trafostanicami.

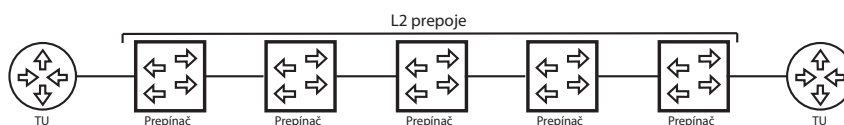
Výkonnosť a efektivitu siete, si určuje spoločnosť ČEZd. Medzi základné parametre siete patria dátová rýchlosť a zpozdanie siete. Dátová rýchlosť medzi trafostanicami rôznej významnosti je odlišná. Zatiaľ čo pri trafostanici K0 je minimálna prenosová rýchlosť 1Gb/s, pri trafostaniciach K3 a K4 sa jedná o prenosovú rýchlosť do 1 Mb/s. Zpozdanie siete v MAN, je približne rovnaké ako v LAN, no záleží na viacerých parametroch ako dĺžka trasy, zataženie danej trasy, šírka pásma a iné. Na základe týchto parametrov, sú vybrané a použité komunikačné protokoly a jednotlivé aktívne sieťové prvky.



### 3.2.1 L2 sieť

L2 prepínanie je proces prepínania rámcov na základe využívania MAC adries ostatných zariadení. Pri topológii Hradca Králové je výhodne nasadiť L2 prepínanie pri vn sieťach, ktoré napájajú trafostanice významnosti K3–K4. Dôvodom nasadenia L2 spojov v týchto úsekoch, je vysoký počet účastníckych uzlov, medzi dvoma transportnými uzlami, alebo v rámci jedného transportného uzlu, viď obr. 3.11. Na druhej vrstve môžu pracovať huby, mosty alebo prepínače. V tomto prípade budú využité prepínače, nachádzajúce sa v každom účastníckom uzly, ktoré budú realizovať tieto L2 prepojenia. Pri nasadení prepínačov oproti smerovačom v účastníckych uzloch, je základným faktorom rýchlosť prepínania rámcov. Prepínač pri prijatí rámcu sleduje len MAC adresy, a nezaťažuje sa s informáciami zo sieťovej vrstvy. Nevýhodou nasadenia smerovačov, by bolo nutnosťou nasadenia IP adries, medzi každými dvoma smerovačmi, a tým pádom by každý smerovač v jednom segmente, mal rozsiahle smerovacie tabuľky a nutnosť využívania smerovacích protokolov, ktoré by zaťažovali celkový výkon na smerovači a zároveň v celej sieti. Zároveň pri nasadení viacerých prepínačov v jednej línii, je oneskorenie v sieti, z dátového hladiska menšie, ako by bolo pri zapojení viacerých smerovačov. Ďalšou výhodou je nižšia cena, kedy prepínač je lacnejším riešením ako smerovač, a pri vysokom počte účastníckych uzloch, sa toto riešenie, výrazne finančne zviditeľní. Každý prepínač bude vykonávať 3 základné funkcie.

- Učenie sa MAC adries — Prepínač si zapamätá zdrojovú MAC adresu, ktorú prijme na svojom rozhraní a tieto informácie si uloží do svojej databázy.
- Prepínanie — Ak prepínač prijme rámec, pozrie sa na cieľovú MAC adresu, a na základe svojej databázy, odošle rámec cez príslušné rozhranie.
- Predchádzanie vzniku slučky -- Pri prepojení viacerých prepínačov, v dôsledku zabezpečenia redundancie, využije sa Spanning tree protocol na zabránenie vzniku slučiek v sieti.



Obr. 3.11: L2 spoje.

### 3.2.2 L3 sieť

Pre zabezpečenie komunikácie medzi transportným uzlom K0 (dispečingom) a ostatnými uzlami v sieti, je dôležité implementovať proces smerovania v sieti. Ako

aktívne sieťové prvky, zabezpečujúce smerovanie, budú použité smerovače, ktoré sa budú nachádzať v každom transportnom uzle. Smerovače, na rozdiel od prepínačov v účastníckych uzloch pracujúcimi s fyzickou MAC adresou, pracujú s logickou IP adresou. Základnou úlohou smerovača bude určovanie cesty do cieľovej siete, na základe zdrojovej IP adresy.

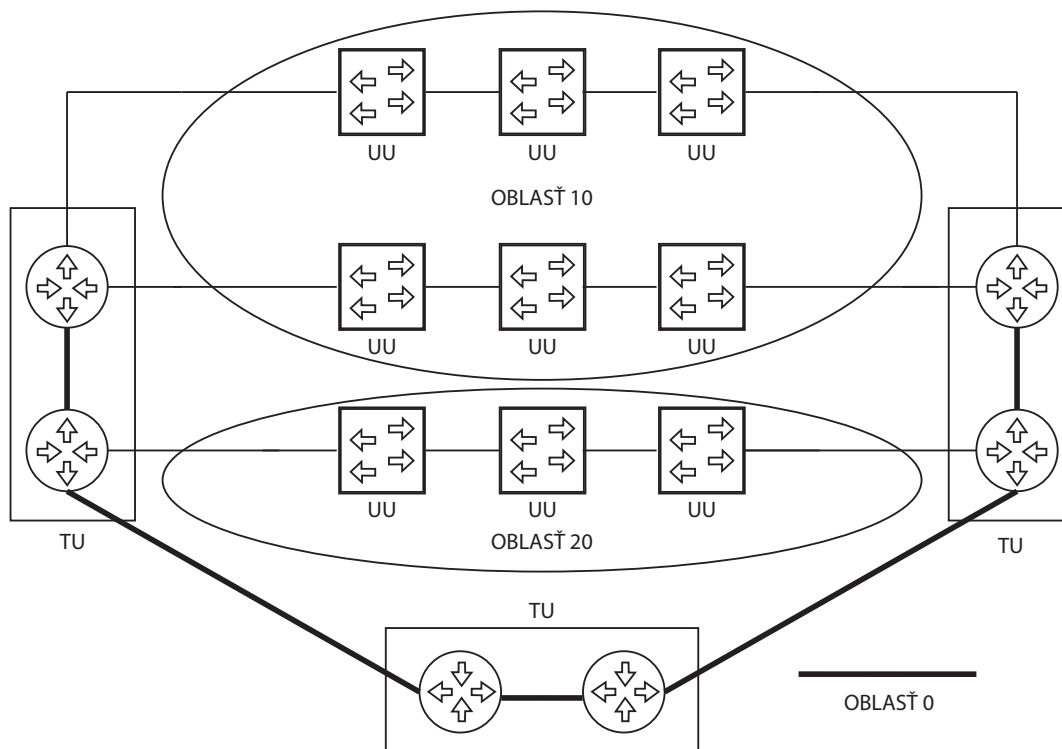
Existujú dva typy smerovania, a to dynamické a statické smerovanie. V tomto prípade sa využije dynamické smerovanie, ktoré pri tomto návrhu siete má mnoho výhod oproti statickému smerovaniu. Pri dynamickom smerovaní, netreba definovať smerovaču IP adresu každej jednej siete, definujú sa len priamo pripojené IP adresy sietí. Smerovače si neustále aktualizujú svoju smerovaciu tabuľku, a udržiavajú si sieťové informácie neustále aktuálne. Pri výpadku linky medzi uzlami a následnej zmene logickej topológie, si smerovače nájdu automaticky najkratšiu cestu do cieľovej siete, pričom nie je potreba zasahovať do konfigurácie každého smerovača, a tým pádom je sieť možné ľahko rozširovať alebo meniť. Nevýhodou je vyššie zaťaženie procesora, a preto je potrebné zabezpečiť výkonný smerovač, ktorý zároveň bude finančne drahší.

### 3.2.3 Sieťové protokoly

Každý aktívny sieťový prvok v sieti bude nakonfigurovaný s rôznymi sieťovými protokolmi, zabezpečujúce funkcionality siete. Tieto protokoly, majú rôzne úlohy, a ich výber je založený na rýchlej konvergencii v celej sieti, a ľahkej škálovateľnosti siete v budúcnosti.

#### OSPF

Pre dynamické smerovanie v sieti, sa využije smerovací protokol OSPF. Tento protokol je najvyužívanejším protokolom v rámci jedného autonómneho systému. Oproti protokolu EIGRP, využíva oblasti, ktoré v tejto sieti sú nesmierne dôležité. Chrbticovú oblasť 0, tvoria priame prepojenia transportných uzlov. Jednotlivé okruhy obsahujúce účastnícke uzly, medzi dvoma transportnými uzlami sa nachádzajú v rôznych iných oblastiach, nikdy v oblasti 0. Všetky okruhy medzi dvoma rovnakými transportnými uzlami a zároveň toho samého smerovača, sa nachádzajú v rovnakej oblasti, viď obr. 3.12. Pri tomto rozdelení siete, je zabezpečená rýchla konvergencia a ľahká škálovateľnosť siete. Výhodou je podpora sumarizácie pre jednotlivé oblasti. Každý okruh s účastníckymi uzlami, obsahuje samostatnú sieť a tým pádom samostatný záznam IP adresy siete, v smerovacej tabuľke. Pri využití sumarizácie oblasti, má ďalší smerovač v transportnom uzle vo svojej smerovacej tabuľke len jeden záznam do celej cieľovej oblasti.



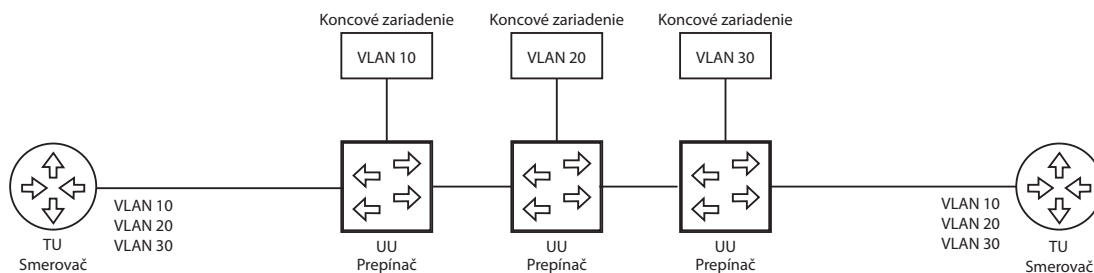
Obr. 3.12: Rozdelenie oblasti – OSPF.

## VLAN

Na jednom fyzickom okruhu s viacerými účastníckymi uzlami sa logická sieť bude deliť na niekoľko virtuálnych sietí VLAN viď obr. 3.13. Každý účastnícky uzol bude vo svojej samostatnej VLAN. Dôvodom je lepšie riadenie a manažment každého samostatného uzlu. VLAN zabezpečí oddelenie komunikácie medzi jednotlivými účastníckymi uzlami, v rámci jedného okruhu. Smerovač v transportnom uzle, bude mať vytvorený potrebný počet subrozhraní, ktoré predstavujú bránu pre danú VLAN. Pri okruhoch, s vysokým počtom účastníckych uzlov, sa zvýši výkon celej siete a minimalizuje sa možné zahltenie siete broadcastovými rámcami.

## VRRP

Koncové zariadenia v každom uzle sú konfigurované s jednou IP adresou brány. Transportné uzly majú vždy v rámci svojej LAN siete dva smerovače, a účastnícke uzly majú dva rôzne smerovače, v rámci jedného okruhu medzi dvoma transportnými uzlami. Pre zabezpečenie redundancie, a komunikácie z vonkajšou sieťou, sa využívajú rôzne sieťové protokoly ako HSRP, GLBP alebo VRRP. Pre návrh tejto siete sa využije sieťový protokol VRRP. Tento protokol nie je CISCO proprietárny, čo je hlavným dôvodom výberu protokolu. Funkcionalita je podobná ako pri ostatných



Obr. 3.13: Rozdelenie VLAN.

protokolov. VRRP dokáže zabezpečiť vyváženie zdieľania v sieti, keďže jednotlivé okruhy obsahujú vysoký počet účastníckych uzlov a zároveň vysoký počet koncových zariadení, je dôležité túto funkcionality využiť. Pre každú VLAN sieť v danom okruhu, medzi dvoma transportnými uzlami sa zvolí smerovač ktorý bude master, a druhý smerovač ktorý bude backup. Pre koncové zariadenia v transportnom uzle, sa zvolí rovnako jeden smerovač ako master, a druhý ako backup. IP adresa môže a nemusí byť reálna IP adresa master smerovača. Využije sa virtuálna IP adresa, ako brána pre koncové zariadenia.

## STP

Pri nasadení L2 siete, s desiatkami prepínačov, v jednej línii, je potrebné nasadiť redundantný sieťový protokol STP. V prípade zakruhovania alebo vetvenia jednotlivých vn línii, môže vzniknúť medzi prepínačmi slučka, ktorá dokáže zahltiť rámcami celý jeden segment v sieti. Pri konfigurácii STP na cisco prepínačoch, sa využije variant Rapid PVST+, ktorý oproti klasickému STP, poskytuje rýchlejšiu konvergenciu. Ďalšou výhodou, je využitie jednotlivých inštancií na zvolenie root bridga. Táto inštancia predstavuje VLAN, v jednom segmente. Nevýhodou Rapid PVST+ je cisco proprietárnosť.

## SSH

Pre manažment jednotlivých aktívnych sieťových prvkov, v celej distribučnej sieti, sa využije sieťový protokol SSH (Secure Socket Shell). Pomocou tohto protokolu, je zabezpečená vzdialená správa a prístup ku smerovačom v transportných uzloch, a prepínačom v účastníckych uzloch. Zabezpečený prístup, je zriadený len pre lokálnu sieť, nachádzajúcu sa v trafostanici K0. Ostatné zariadenia, mimo trafostanicu K0, sú blokované a majú zamietnuté povolenie vytvoriť a naviazať SSH spojenie s inou trafostanicou v sieti. SSH oproti klasickému telnetu, poskytuje šifrovanie, ktoré z

pohľadu bezpečnosti distribučnej siete je veľmi dôležité. Pri využívaní telnetu, sa dá pomocou rôznych sieťových analyzátorov odchytiť komunikácia z trafostanice K0, a zistiť prihlasovacie údaje do jednotlivých aktívnych sieťových prvkov.

### 3.3 Aktívne sieťové prvky

Aktívne sieťové prvky, nachádzajúce sa v transportnom a účastníckom uzle, plnia rozdielne funkcie. Pri výbere vhodných zariadení, pre jednotlivé uzly, sa dbá na ich výkon a spoľahlivosť.

#### 3.3.1 Smerovač

Aktívny sieťový prvok, v transportnom uzle, tvorí agregačný smerovač. Transportný uzol združuje niekoľko vn línií s účastníckymi uzlami, preto je dôležitá redundancia, v podobe dvoch nezávislých agregačných smerovačov. Zároveň, každý smerovač bude pripojený na druhý smerovač, v druhom transportnom uzle, priamym spojením. Každý agregačný smerovač, má minimálne dva moduly. Tieto moduly sú typu Ethernet a navrhnuté tak, aby poskytovali vysoký stupeň flexibility. Typ agregáčného smerovača, predstavuje Cisco ASR 900 Series, konkrétne ASR 903, vid' obr. 3.14. Jeho základnou vlastnosťou je podpora širokej škály služieb, vysokého výkonu, teplotných rozsahov a možnosť inštalovania maximálne šiestich rozhraní modulov. V každom smerovači sa nainštalujú dva kompatibilné moduly rozhrania. Prvý modul je typu A900-IMA8SIZ. V tomto module sa nachádza 8 GigabitEthernet portov s fyzickou konektivitou SFP prijímača-vysielača a jeden 10GigabitEthernet port, s fyzickou konektivitou SFP+ prijímača-vysielača. Druhý modul bude typu A900-IMA8T1Z, poskytujúci 8 GigabitEthernet portov, s konektorom RJ-45, a jeden 10GigabitEthernet port s konektorom SFP+.



Obr. 3.14: Smerovač Cisco ASR903, prevzaté [23].

SFP modul, umožňujúci pripojenie optického patchcordu, bude od výrobcu Cisco, konkrétne GLC-LH-SM Compatible 1000Base-LX/LH SFP modul. Tento modul, pracuje na vlnovej dĺžke 1310nm s duplexnými konektormi LC do maximálnej vzdialenosti 10 kilometrov. Vzdialenosti optických trás medzi uzlami, sú radovo do 10 kilometrov. SFP+ bude od výrobcu Intel G/10GSFPLR Compatible 10GBASE-LRLSFP+, pracujúcom na vlnovej dĺžke 1310 nm, s duplexnými LC konektormi do 10 kilometrov.

### 3.3.2 Prepínač

Aktívny sieťový prvok v účastníckom uzly tvorí prepínač. Pri vysokom počte účastníckych uzlov, v celej sieti, je dôležité zohľadniť cenu zariadenia a požadované rýchlosti portov. Z finančného hľadiska, je lepšou variantou zabezpečiť prepínač, s FastEthernetovými portami. V tomto prípade sa využije prepínač od výrobcu Cisco, konkrétne Cisco Small Business SF220-24, viď obr. 3.15. Tento prepínač pracuje len na L2 vrstve. Umožňuje fyzickú konektivitu s 24 Ethernet portov typu RJ-45, s rýchlosťou 10-100Mb. Zároveň má dva SFP porty, s rýchlosťou 1Gb, pre optické vlákna. SFP modul, umožňujúci pripojenie optického patchcordu, bude od výrobcu Cisco, konkrétne GLC-LH-SM Compatible 1000Base-LX/LH SFP modul.



Obr. 3.15: Prepínač Cisco SF220-24, prevzaté [24].

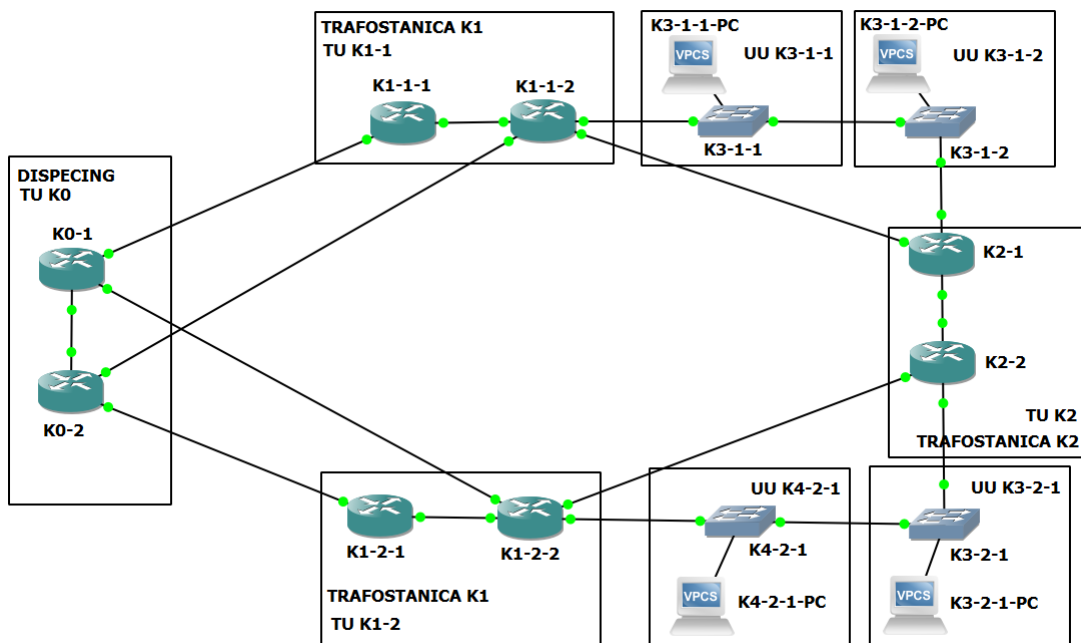


## 4 Simulácia

Simulácia fungovania sieťových protokolov, pre aktívne sieťové prvky v transportnom a účastníckom uzle, je vytvorená v programe GNS-3. Tento program je voľne šíriteľný, a poskytuje virtualizáciu obrazových systémov, pre rôzne aktívne sieťové prvky. V tejto simulácii sa využíva obrazový systém c7200 pre smerovač, a vIOS-L2 pre prepínač.

### 4.1 Vytvorený scenár

Znázornená topológia, viď obr. 4.1, predstavuje trafostanicu K0 ako transportný uzol, pripojenú ku dvom rôznym trafostaniciam K1. Pre dosiahnutie redundancie, každý transportný uzol má dva agregáčny smerovače. Každý tento agregáčny smerovač, je priamo napojený na agregáčny smerovač, iného transportného uzlu. Výsledkom tohto riešenia, je prepojenie jedného transportného uzlu, na dva ďalšie transportné uzly, priamym spojením. Okruhy účastníckych uzlov, tvorí niekoľko prepínačov, ktoré sú napojené dvoma agregáčnymi smerovačmi, v dvoch rôznych transportných uzloch. Koncové zariadenia tvoria počítače, pripojené na prepínač, nachádzajúci sa v prístupovej sieti, každého transportného uzlu.



Obr. 4.1: Scenár-topológia



## 4.2 Konfigurácia smerovača

Každý smerovač má pridelenú IP adresu na každom aktívnom rozhraní. Jeden samostatný prepój dvoch rozhraní, medzi rozdielnymi smerovačmi, tvorí jednu sieť. V prípade že ide o priamy prepój smerovačov, bez pripojenia prepínačov, využije sa maska siete 255.255.255.252, ktorá poskytuje maximálne dve IP adresy pre rozhrania sieťových zariadení. Rozsah IP adries pre jednu VLAN bude definovaný maskou siete 255.255.255.0.

Konfigurácia OSPF protokolu na každom smerovači, sa skladá z týchto príkazov, viď výpis 4.1. Každý smerovač bude mať nakonfigurovaný OSPF proces, pracujúcom v autonómnom systéme 100. Pre zredukovanie OSPF trafiku v tejto sieti, sa na smerovačoch v transportnom uzle trafostanice K0, nakonfiguruje router-id. Smerovač s najvyšším router-id a smerovač s druhým najvyšším router-id v jednom procese OSPF, bude zvolený ako DR smerovač a BDR smerovač. Všetky ostatné smerovače, budú posielat svoje smerovacie informácie do transportného uzla trafostanice K0, na DR smerovač (router-id 255.255.255.255) a BDR smerovač (255.255.255.254), a DR smerovač následne všetkým ostatným smerovačom. Tým pádom si smerovače nevymieňajú svoje smerovacie informácie naprieč celou sieťou, a nezahlcujú tým trafiku v sieti. Každá priamo pripojená sieť pre smerovač, je pridaná do jeho OSPF procesu. Tieto siete sú reprezentované ich IP adresou siete, wildcard maskou a danej OSPF oblasti, v ktorej sa nachádzajú. Smerovač ktorý ma v rámci jednej OSPF oblasti, rôzne od nuly, sumarizuje túto OSPF oblasť. Dôvodom sumarizácie oblastí, je skrátenie smerovacej tabuľky ostatných smerovačov, kedy jedna IP adresa reprezentuje celú OSPF oblasť.

Výpis 4.1: Konfigurácia OSPF pre smerovač.

```
router ospf 100
router-id 100.100.100.100
network 10.10.10.16 0.0.0.3 area 0
network 10.10.10.20 0.0.0.3 area 0
network 10.10.10.28 0.0.0.3 area 0
network 192.166.2.0 0.0.0.255 area 10
network 192.166.3.0 0.0.0.255 area 10
area 10 range 192.166.0.0 255.255.0.0
```

Počet vytvorených subrozhraní v rámci jedného rozhrania pre smerovač, sa rovná počtu prepínačov pripojených k tomuto rozhraniu smerovača. Každé subrozhranie reprezentuje VLAN, ktorá je pridelená pre daný prepínač, viď výpis 4.2. Maximálny počet subrozhraní je od 2 – 21, kde dané číslo reprezentuje VLAN. Každé subrozhranie má pridelenú IP adresu s maskou siete 255.255.255.0. Brána pre prepínače je virtuálna IP adresa danej siete, nakonfigurovanej na subrozhraní smerovača. Táto

virtuálna IP adresa je nakonfigurovaná pomocou protokolu VRRP. Ako ďalší parameter pre VRRP sa určuje priorita, ktorá určí či dané subrozhranie smerovača je v stave master alebo backup.

Výpis 4.2: Subrozhranie a VRRP protokol.

```
K1-1-2(config)#interface GigabitEthernet 5/0
K1-1-2(config-if)#no shutdown
!
K1-1-2(config)#interface GigabitEthernet 5/0.2
K1-1-2(config-if)# encapsulation dot1Q 2
K1-1-2(config-if)# ip address 192.166.2.2 255.255.255.0
K1-1-2(config-if)# vrrp 2 ip 192.166.2.1
K1-1-2(config-if)# vrrp 2 priority 100
!
1-1-2(config)#interface GigabitEthernet 5/0.3
K1-1-2(config-if)# encapsulation dot1Q 3
K1-1-2(config-if)# ip address 192.166.3.2 255.255.255.0
K1-1-2(config-if)# vrrp 3 ip 192.166.3.1
K1-1-2(config-if)# vrrp 3 priority 100
```

Každý smerovač má 3 rozhrania, ktoré sa nachádzajú v OSPF oblasti 0, a slúžia na komunikáciu s transportným uzlom trafostanice K0. V prípade výpadku tohto portu, VRRP automaticky nezaregistruje zmenu, a daný smerovač bude stále v stave master. Z tohto dôvodu sa konfiguruje sledovanie portu, kde v prípade jeho vypadnutia, sa VRRP priorita pre každé subrozhranie zmenší o 20, a zároveň VRRP priorita backup smerovača sa stáva najvyššou, a smerovač mení svoj stav na master, vid výpis 4.3.

Výpis 4.3: Trakovanie rozhrania.

```
track 1 int gi2/0 line-protocol
int gi5/0.2
vrrp 2 trac 1 decrement 20
int gi5/0.3
vrrp 3 trac 1 decrement 20
!
track 2 int gi6/0 line-protocol
int gi5/0.2
vrrp 2 trac 2 decrement 20
int gi5/0.3
vrrp 3 trac 2 decrement 20
```

Pre zakázanie komunikácie cez protokol IP, medzi jednotlivými prepínačmi, je na každom smerovači v transportných uzloch trafostaniciach K1 – K2, nakonfigurovaný

access list, vid výpis 4.4. Tento access-list povoľuje komunikáciu OSPF protokolu a IP komunikáciu s transportným uzlom trafostanice K0. IP komunikácia s ostatnými účastníckými uzlami v sieti, je zakázaná. Access list sa aplikuje na subrozhrania smerovačov.

Výpis 4.4: Access-list – blokovanie prístupu.

```
K1-1-2(config)#ip access-list extended blocking
K1-1-2(config-ext-nacl)#permit ospf any any
K1-1-2(config-ext-nacl)#permit ip 10.10.10.0 0.0.0.3 any
K1-1-2(config-ext-nacl)#permit ip any 10.10.10.0 0.0.0.3
K1-1-2(config-ext-nacl)#deny ip any any
!
K1-1-2(config)#interface GigabitEthernet 5/0.2
K1-1-2(config-if)# ip access-group blocking out
```

Pre vzdialený prístup na jednotlivé smerovače, je nakonfigurovaný protokol SSH, vid výpis 4.5. Šifrovanie je nastavené na 1024 bitov, a heslá do privilegovaného globálneho konfiguračného módu sú nastavené na admin. Tieto heslá sú úkažkové, spoločnosť ČEZd si určuje svoje hesla. Daný SSH protokol je verzie 2. Následne je SSH priradený na virtuálnu terminálnu linku. Vzdialený prístup cez SSH protokol, má povolený len transportný uzol trafostanice K0. ostatné smerovače a prepínače v sieti, majú prístup zakázaný, vid výpis 4.6. Toto pravidlo je nakonfigurované pomocou access-listu, ktoré sa aplikuje na virtuálnu terminálnu linku smerovača.

Výpis 4.5: SSH

```
hostname K0
ip domain name admin
crypto key generate rsa 1024
enable password admin
username admin password admin
ip ssh version 2
!
line vty 0 4
transport input ssh
login local
```

Výpis 4.6: Access-list SSH

```
access-list 10 permit 10.10.10.0 0.0.0.3 log
access-list 10 deny any
!
line vty 0 4
ip access-class 10 in
```

## 4.3 Konfigurácia prepínača

Konfigurácia smerovača, je jednoduchšia ako v prípade smerovača. Prvým krokom je vytvorenie VLAN a ich pomenovanie. Každý prepínač v jednej spoločnej línii, musí mať nakonfigurované všetky VLAN siete, ktoré ma smerovač v rámci rozhrania vytvorené, viď výpis 4.7. Rozhrania prepínača, ktoré slúžia na vonkajšiu komunikáciu, sú nakonfigurované v móde trunk. Rozhrania, pre koncové zariadenia, sú v móde acces, a je k nim priradená VLAN, ktorá slúži pre daný účastnícky uzol, viď výpis 4.8. Pre vzdialený prístup je nakonfigurovaný SSH protokol verzie 2, podobne ako u smerovača. Bránu tvorí virtuálna IP adresa VLAN siete, nakonfigurovanej na smerovačoch.

Výpis 4.7: Vytvorenie VLAN

```
vlan 2
name K3-1-1
vlan 3
name K3-1-2
```

Výpis 4.8: Konfigurácia portov

```
interface FastEthernet0/1
  switchport trunk allowed vlan 2-4
  switchport mode trunk
!
interface FastEthernet0/2
  switchport trunk allowed vlan 2-4
  switchport mode trunk
!
interface FastEthernet0/3
  switchport access vlan 3
  switchport mode access
!
interface Vlan3
  ip address 192.167.1.4 255.255.255.0
!
ip default-gateway 192.167.1.1
```

## 4.4 Výsledky simulácie

Pre transportný uzol trafostanice K2, so smerovačmi K2-1 a K2-2, je vytvorený na každom smerovači loopback, slúžiaci na testovanie. Tento loopback sa nachádza v regulárnej OSPF oblasti 5, pre oba smerovače. Loopback na smerovači K2-1 má IP

adresu 100.100.100.100/24, a smerovač K2-2 má IP adresu 200.200.200.200/24. Pre dispečing trafostanice K0, sú vytvorené taktiež dva loopbacky, na smerovačoch. IP adresa loopbacku 1 na smerovači K0-1 je 1.1.1.1/24, a loopback 1 na smerovači K0-2 má IP adresu 2.2.2.2/24. Oba loopbacky sa nachádzajú v regulárnej OSPF oblasti 7. Tieto adresy budú testované pomocou icmp správy, konkrétne pingu, viď výpis 4.9. Testovanie bude prebiehať z dispečingu, na jednotlivé smerovače v transportnom uzly trafostanice K2.

Výpis 4.9: PING K0-1 na K2-1,K2-2.

```
K0-1#ping 100.100.100.100 source 1.1.1.1 repeat 100
Type escape sequence to abort.
Sending 100, 100-byte ICMP Echos to 100.100.100.100,
timeout is 2 seconds:
Packet sent with a source address of 1.1.1.1
!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!
!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!
Success rate is 100 percent (100/100),
round-trip min/avg/max = 28/70/136 ms
K0-1#
K0-1#ping 200.200.200.200 source 1.1.1.1 repeat 100
Type escape sequence to abort.
Sending 100, 100-byte ICMP Echos to 200.200.200.200,
timeout is 2 seconds:
Packet sent with a source address of 1.1.1.1
!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!
!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!
Success rate is 100 percent (100/100),
round-trip min/avg/max = 32/50/80 ms
```

Pre overenie fungovania protokolu VRRP, sa pomocou výpisu, overí jeho funkčnosť, viď výpis 4.10. Každé rozhranie na smerovači K1-2-2, konfigurované VRRP protokolom, sa zobrazí v danom výpise. V tomto prípade, oba subrozhrania, tvoria účastnícky okruh, s dvoma prepínačmi. Pre bližšie špecifikovanie VRRP protokolu, pracujúcim na určenom rozhraní sa zobrazí výpisom protokolu VRRP, viď výpis 4.11. Tu sa pozoruje, že subrozhranie GigabitEthernet5/0.2 je v stave master. Priorita je 100, čo túto skutočnosť indikuje. Sledované objekty pre VRRP, v tomto prípade rozhrania, sú v stave UP.

Výpis 4.10: Stručný prehľad VRRP.

```
K1-2-2#show vrrp brief
Interface      Grp Pri Time   Own Pre State
Gi5/0.2        2   100 3609      Y Master
                Master addr      Group addr
                192.167.2.2      192.167.2.1

Gi5/0.3        3   100 3609      Y Master
                192.167.3.2      192.167.3.1
```

Výpis 4.11: Rozšírený prehľad VRRP.

```
K1-2-2(config)#do show vrrp
GigabitEthernet5/0.2 - Group 2
  State is Master
  Virtual IP address is 192.167.2.1
  Virtual MAC address is 0000.5e00.0102
  Advertisement interval is 1.000 sec
  Preemption enabled
  Priority is 100
    Track object 1 state Up decrement 20
    Track object 2 state Up decrement 20
    Track object 3 state Up decrement 20
  Master Router is 192.167.2.2 (local), priority is 100
  Master Advertisement interval is 1.000 sec
  Master Down interval is 3.609 sec
```

Overenie fungovania OSPF protokolu, a sumarizácie regulárnych oblastí, je zobrazené v smerovacej tabuľke, vo výpise smerovača K0-1, viď výpis 4.12. Príznak 0 signalizuje, že danú sieť sa smerovač naučil prostredníctvom OSPF protokolu, a príznak IA signalizuje, že daná sieť bola propagovaná, z regulárnej oblasti. Následne je zobrazená administratívna vzdialenosť protokolu OSPF v hodnote 110, a cena cesty do cieľovej siete. Pre daný výpis, je zobrazená sumárna adresa pre dané regulárne oblasti.

Výpis 4.12: Skrátená smerovacia tabuľka OSPF.

```
0 IA 192.166.0.0/16 [110/3] via 10.10.10.6,
      01:04:54, GigabitEthernet1/0
      [110/3] via 10.10.10.2,
      01:04:54, GigabitEthernet6/0
0 IA 192.167.0.0/16 [110/2] via 10.10.10.10,
      01:04:54, GigabitEthernet2/0
```

Pri prepínači sa overia vytvorené VLAN siete, vid' výpis 4.13. Vždy len jedna VLAN sieť, je priradená ku danému rozhraniu prepínača, v prístupovom móde. Vo výpise je vidno, priradenie rozhrania GigabitEthernet0/2 ku vytvorenej VLAN K3-1. VLAN K3-2 nie je priradená k žiadnemu rozhraniu, ale pre zabezpečenie fungovania druhého prepínača, a jeho komunikáciu cez daný prepínač je dôležité, aby každý prepínač, v jednej doméne, mal vytvorené všetky VLAN siete.

Výpis 4.13: Zoznam VLAN sietí.

VLAN	Name	Status	Ports
1	default	active	
2	K3-1	active	Gi0/2
3	K3-2	active	

## Záver

Cielom práce sa bolo oboznámiť s optickou infraštruktúrou ČEZ Distribuce. Osobne som navštívil jednotlivé trafostanice významnosti K1 – K4, aby som mal reálnu predstavu o fungovaní energetickej siete. Základné požiadavky optickej siete, vychádzajú z dokumentov, ktoré spoločnosť poskytla. Doterajšiu technologickú sieť zabezpečuje spoločnosť Telco Pro Servicess, ktorá kvôli kybernetickej bezpečnosti, neposkytla doterajšie riešenie siete.

Práca teoreticky popisuje jednotlivé prenosové média, využívané v sieti a teoreticky rozoberá sieťové protokoly, ktoré zabezpečujú komunikáciu jednotlivých trafostaníc s dispečingom. Práca rozoberá základne rozdiely medzi statickým a dynamickým smerovaním a sieťové protokoly, ktoré túto funkciu zabezpečujú. Pre zabezpečenie rýchlej konvergenencie, a redundancie siete, sú charakterizované jednotlivé protokoly, ktoré sú nevyhnutné pre každú sieť. Nevyhnutnou súčasťou, je popis zabezpečenia siete, proti možným útokom.

V práci je zhodnotená fyzická topológia jednotlivých trafostaníc, a navrhnutá vláknová schéma, ktorá popisuje jednotlivé optické trasy medzi trafostanicami. Následne je navrhnutá pasívna časť optickej siete, ktorá popisuje kompletnú inštaláciu optickej siete.

Návrh logickej siete, popisuje vybrané aktívne sieťové prvky, a spôsob komunikácie a fungovanie siete. Protokoly OSPF a VRRP sú nevyhnutnou súčasťou tejto siete, a zabezpečujú jej fungovanie. Rozdelenie siete, do jednotlivých VLAN sietí, poskytuje ľahký manažment a rýchlosť siete.

Navrhnutá konfigurácia aktívnych sieťových prvkov, je implementovaná do programu GNS-3, pomocou ktorého je vytvorený simulačný scenár. Tento scenár potvrdzuje funkčnosť a správnosť konfigurácie smerovačov a prepínačov. Výsledkom sú priložené výpisy konfigurácii a jednotlivých overení, na daných aktívnych sieťových prvkov.





# Literatúra

- [1] ČEZ Distribuce: *Zakladní informace* [online], [cit. 1.12.2021]. Dostupné z URL: <<https://www.cezdistribuce.cz/cs/o-spolecnosti/zakladni-informace>>
- [2] VODRÁŽKA, J. JAREŠ, P. *Komunikační sítě pro energetiku budoucnosti (Smart Grid)* [online], 05/2019 [cit. 8.12.2021]. Dostupné z URL: <<https://www.vovcr.cz/odz/tech/520/page07.html>>
- [3] *Fiber Optic Network Products: FTTH Access Networks – AON vs. PON* [online], 0/2015 [cit. 8.12.2021]. Dostupné z URL: <<https://www.fiberopticshare.com/ftth-access-networks-aon-vs-pon.html>>
- [4] Meador B. *A Survey of Computer Network topology and Analysis examples* [online]. 2009 [cit. 8.12.2021]. Dostupné z URL: <<https://www.cse.wustl.edu/~jain/cse567-08/ftp/topology.pdf>>
- [5] FILKA, M. *Přenosová média: skripta*. 1. vyd. Brno: FEKT Brno Ústav telekomunikací, 2012. 96-120 s. ISBN 978-80-214-4444-7
- [6] MICHAL TARJAN. *Katalogový list: zemní optický kábel (ZOK)*. ČEZ Distribuce, a. s., 03/2019 [cit. 1.12.2021].
- [7] PAVEL MATIÁŠEK. *Katalogový list: samonosné dielektrické optické kabely (SDOK)*. ČEZ Distribuce, a. s., 08/2021 [cit. 1.12.2021].
- [8] PAVEL MATIÁŠEK. *Katalogový list: kombinované zemní lano*. ČEZ Distribuce, a. s., 09/2021 [cit. 1.12.2021].
- [9] *Cisco Networking Academy: Testovanie káblů* [online], [cit. 2021-12-07]. Dostupné z URL: <<http://cisco-academy.aspone.cz/testovanie-kablov.html>>
- [10] *Mindiamart: D-Link Cat 6 UTP LAN Cable* [online], [cit. 2021-12-07]. Dostupné z URL: <<https://www.indiamart.com/proddetail/d-link-cat-6-utp-cable-12706079648.html>>
- [11] *HD Cablink High Definition Audio Video Resolution: Price per Meter / CCA Shielded CAT6 Cable / STP Gigabit Networking Cable* [online], [cit. 2021-12-07]. Dostupné z URL: <<https://www.hdcablink.co.za/product/price-per-meter-cat6-stp-cca-ethernet/-cable-shielded-solid-core-with-braiding-up-to-1gb-s-gray>>

- [12] WENSTROM, Michael J. *Směrování v sítích IP*. Brno: Computer Press, 2004. Cisco PRESS. 144-154 s. ISBN 80-251-0127-4
- [13] WENSTROM, Michael J. *Směrování v sítích IP*. Brno: Computer Press, 2004. Cisco PRESS. 263-285 s. ISBN 80-251-0127-4
- [14] CISCO: *OSPF Design Guide* [online], 10/2005 [cit. 2021-12-07]. Dostupné z URL: <<https://www.cisco.com/c/en/us/support/docs/ip/open-shortest-path-first-ospf/7039-1.html>>
- [15] CISCO: *Enhanced Interior Gateway Routing Protocol* [online], 09/2020 [cit. 2021-12-07]. Dostupné z URL: <<https://www.cisco.com/c/en/us/support/docs/ip/enhanced-interior-gateway-routing-protocol-eigrp/16406-eigrp-toc.html>>
- [16] CISCO: *Configuring Spanning Tree* [online], 06/2007 [cit. 2021-12-07]. Dostupné z URL: <<https://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/switches/lan/catalyst4000/8-2glx/configuration/guide/spantree.html>>
- [17] NOVOTNÝ, V. *Architektura sítí: skripta*. 1. vyd. Brno: FEKT Brno Ústav telekomunikací, 2012. 88-93 s. ISBN 978-80-214-4450-8
- [18] *16. HSRP – Hot Standby Routing Protocol* [online], [cit. 2021-12-07]. Dostupné z URL: <<http://tech.sosthe.sk/index.php/ccna/cisco-ios/16-hsrp-hot-standby-routing-protocol/>>
- [19] WENSTROM, Michael J. *Zabezpečení sítí Cisco: autorizovaný samostudijní výukový kurz..* Brno: Computer Press, 2003. Cisco systems. 63-97 s. ISBN 80-7226-952-6.
- [20] *Focus computer: Triton 19"rozvaděč stojanový 42U* [online], [cit. 2022-20-05]. Dostupné z URL: <<http://www.focus.sk/stojanovy-rozvadec-42u-s600xh800>>
- [21] *Netoptic cz: Splice panel universal* [online], [cit. 2022-20-05]. Dostupné z URL: <<http://www.netoptic.cz/katalogy.html>>
- [22] *Tes-Slovakia: IBRAIN Optický patchcord E2000/APC - LC/PC* [online], [cit. 2022-20-05]. Dostupné z URL: <[https://www.tesshop.sk/fibrain-opticky-patchcord-e2000-apc/1c-pc-5m-gold-2-8m-duplex-sm-g657a1\\_d6099.html](https://www.tesshop.sk/fibrain-opticky-patchcord-e2000-apc/1c-pc-5m-gold-2-8m-duplex-sm-g657a1_d6099.html)>
- [23] *Dynamic: Cisco ASR 900 Series Router* [online], [cit. 2022-13-05]. Dostupné z URL: <<http://dynamicitnetworks.com/cisco-asr-900-series-router.html>>

- [24] *SENETIC: Cisco Small Business SF220-24 Riadený L2 Fast Ethernet (10/100) Čierna* [online], [cit. 2022-13-0]. Dostupné z URL: <<https://www.senetic.sk/product/SF220-24-K9-EU>>



## Zoznam symbolov a skratiek

<b>ABR</b>	Area Border Router – Hraničný smerovač
<b>AON</b>	Active optical network – Aktívna optická sieť
<b>APC</b>	Angle Polished Connector – Uhlový fyzický konektor
<b>ASBR</b>	Autonomous System Boundary Router – Autonómny systémový hraničný smerovač
<b>AVF</b>	Active Virtual Forwarder – Aktívny virtuálny dopravca
<b>AVG</b>	Active Virtual Gateway – Aktívna virtuálna brána
<b>BDR</b>	Backup Designated Router – Záložný určený smerovač
<b>BOC</b>	Breakout Optical Cable – Breakoutový vláknový optický kábel
<b>BPDU</b>	Bridge Protocol Data Unit – Mostová dátová protokolová jednotka
<b>CT</b>	Central Tube – Centrálny rúrkový optický kábel
<b>ČEZd</b>	ČEZ Distribuce, a. s.
<b>DR</b>	Designated Router – Určený smerovač
<b>DTS</b>	Distribučná transformačná stanica
<b>EIGRP</b>	Enhanced Interior Gateway Routing Protocol – Vylepšený vnútro-bránový smerovací protokol
<b>FHRP</b>	First-Hop Redundancy Protocol – Prvý protokol redundancie skokov
<b>GLBP</b>	Gateway Load Balancing Protocol – Protokol vyrovnávania záťaže brány
<b>GSM</b>	Global System for Mobile Communication – Štandard pre mobilné telefóny
<b>HDPE</b>	High density polyethylenel – Polyetylen s vysokou hustotou
<b>HSRP</b>	Hot Standby Router Protocol – Proprietárny redundantný protokol

<b>IGP</b>	Interior Gateway Protocol – Vnútro-bránový protokol
<b>IP</b>	Internet protocol – Internet protokol
<b>ISO/OSI</b>	Referenčný model
<b>IRDP</b>	Internet Router Discovery Protocol – Protokol nájdania predvolenej brány
<b>K0</b>	Trafostanica K0
<b>K1</b>	Trafostanica K1
<b>K2</b>	Trafostanica K2
<b>K3</b>	Trafostanica K3
<b>K4</b>	Trafostanica K4
<b>KZL</b>	Kombinované zemné lano
<b>LAN</b>	Local area network – Lokálna sieť
<b>LC</b>	Local Connector – Lokálny konektor
<b>LT</b>	Loose Tube – Trubička s voľným vlaknom
<b>LTE</b>	Long Term Evolution – Dlhodobá generácia mobilnej siete
<b>LSA</b>	Link-state Advertisement – Linkovo-stavová reklama
<b>LSDB</b>	Link State Database – Linkovo stavová databáza
<b>MAC</b>	media access control address – Adresa riadenia prístupu k médiám
<b>MHSRP</b>	Multiple Hot Standby Routing Protocol – Multiplicitný redundantný protokol
<b>MPO</b>	Multi-fiber Push on – Multivláknové konektory
<b>MSTP</b>	Multiple Spanning Tree Protocol – Multiplicitný vetviaci strom
<b>NN</b>	Nízke napätie
<b>ODF</b>	Optical distribution frame – Optický rozvážací rám

<b>OSPF</b>	Open Shortest Path First – Smerovací prtokol najkratšej prvej cesty
<b>OR</b>	Optický rozvádzač
<b>PON</b>	Passive optical network – Pasívna optická sieť
<b>PS NAP SG P13</b>	Národný akčný plán pre chytré siete karta 13
<b>PVST+</b>	Per VLAN Spanning Tree Plus – Vetviaci strom pre vlan plus
<b>P2MP</b>	Point-to-multipoint – Bod-multibod
<b>P2P</b>	Point-to-point – Bod-bod
<b>RAPID PVST+</b>	RAPID Per VLAN Spanning Tree Plus - Rýchlo sa vetviaci strom pre vlan
<b>RSTP</b>	Rapid Spanning Tree Protocol – Rýchlo sa vetviaci strom protokol
<b>RTU7M</b>	Komponent riadiaceho systému
<b>SDOK</b>	Samonosný dielektrický kábel
<b>SFP</b>	Small form-factor pluggable – Malý tvarovaný prípoj
<b>STP Cable</b>	Shielded Twisted Pair – Tienená krútená dvojlínka
<b>STA</b>	Spanning Tree Algorithm – Algoritmus vetviaceho stromu
<b>SPF</b>	Shortest Path First – algoritmus najkratšej cesty
<b>SSH</b>	Secure Shell – Zabezpečený shell
<b>STP</b>	Spanning Tree Protocol – Protokol vetviaceho stromu
<b>TU</b>	Transportný uzol
<b>UU</b>	Účastnícky uzol
<b>UTP</b>	Unshielded Twisted Pair – Netienená dvojlínka
<b>VLAN</b>	Virtual Local Area Network – Virtuálna lokálna sieť
<b>VVN</b>	Veľmi vysoké napätie
<b>VN</b>	Vysoké napätie



<b>VRRP</b>	Virtual Router Redundancy Protocol – Virtálny redundantný protokol
<b>ZOK</b>	Zemný optický kábel
<b>ZVN</b>	Zvlášť vysoké napätie

# **A Vlákňová schéma**

V priloženom pdf súbore, je vlákňová schéma pre oblasť Hradec Králové.



## **B GNS-3**

V prílohe páce, sa nachádza vytvorený projekt v programe GNS-3, a exportovaná konfigurácia smerovačov a prepínačov.