

МОДЕЛИРАНЕ И ИЗСЛЕДВАНЕ НА КОМУНИКАЦИОННА ИНФРАСТРУКТУРА БАЗИРАНА НА ПАСИВНА ОПТИЧНА МРЕЖА ПРИ ИЗГРАЖДАНЕ НА АКТИВНО АДАПТИВНИТЕ ЕЛЕКТРИЧЕСКИ МРЕЖИ

Димитър Няголов, Юрий Желязков
ТУ - София, ИПФ – Сливен, e-mail: yurik@mail.bg

Резюме: В настоящата статия е извършено моделиране и изследване на комуникационна инфраструктура в активно адаптивните електрически мрежи на основата на пасивна оптична мрежа при използване на методи за мултиплексиране с разделяне по време, мултиплексиране с разделяне по дължината на вълната и комбиниране на двата метода, като се сравняват техните предавателни характеристики в зависимост от изискванията за скорост и надежност на предаваната информация. Резултатите от сравнението и изследването може да се използват като теоретична препоръка за избор и практическо изграждане на пасивни оптични мрежови инфраструктури за интелигентни мрежи.

Ключови думи: комуникационна инфраструктура, активно адаптивна мрежа, пасивна оптична мрежа, мултиплексиране с разделяне по време, мултиплексиране с разделяне по дължината на вълната.

MODELING AND RESEARCH OF A COMMUNICATION INFRASTRUCTURE BASED ON A PASSIVE FIBER OPTIC NETWORK IN THE DEVELOPMENT OF THE SMART GRIDS

Dimitar Nyagolov, Yuri Zhelyazkov
Faculty of Engineering and Pedagogy – Sliven, Technical University – Sofia
e-mail: yurik@mail.bg

Abstract: In this paper, a modeling and exploration of communications infrastructure in smart grids, based on passive optical network was performed using time division multiplexing, wavelength division multiplexing and combining both methods by comparing their transmission characteristics depending on the speed and reliability requirements of the transmitted information. The results of the simulation show that the WDM PON has the lowest input power requirements at the same connection length, and its performance is the best at fixed input power in the three Passive Optical Network infrastructures. The Fig.4 shows that the maximum data transmission time decreases for all PON architectures, with bandwidth increasing, and WDM PON is having the largest band at the same bit rate, due to smaller AWG losses compared to the optical splitters. Analytical studies have shown that hybrid infrastructure has the best transmission performance. However, WDM PON cannot fully replace TDM PON as the basic network infrastructure in smart grid networks because of its relatively high cost and using complex techniques. Hybrid PON infrastructure can be deployed as a cost-effective variation to meet the rapid growth of broadband needs for smart networking applications that have been created so far. The results of the comparison and study can be used as a theoretical recommendation for choosing and practical construction of passive optical network infrastructures for smart grids.

Keywords: communication infrastructure, smart grids, passive optical network, time division multiplexing, wavelength division multiplexing.

1. ВЪВЕДЕНИЕ

Комуникационната инфраструктура се състои от набор от комуникационни технологии, мрежи и протоколи, които поддържат комуникационната свързаност между устройствата или мрежовите подсистеми и дават възможност за разпространение на информация и команди в рамките на активно адаптивната електрическа мрежа. Пасивната оптична мрежа (PON) е най-авангардната съвременна технология за гигабитов обмен на информация в смарт грид мрежите. При изграждането на гъвкава и устойчива интелигентна мрежа, изискванията за информационен обмен стават все по-високи, като комуникационната технология е предпоставка и гаранция за реализация на информативна, автоматична и интелигентна мрежа [3]. Традиционните технологии за мрежов достъп не могат напълно да удовлетворят изискванията за обмен на информация при съвременните стратегии за изграждане на интелигентните мрежи. Теоретичните изследвания показват, че дори за средни по размер разпределителни мрежи, изискванията за латентност на съобщенията в интелигентните мрежи ще изискват използването на оптични влакна като преносна среда. Пасивната оптична мрежова технология днес е най-ефективният метод за решаване на проблема [2]. Понастоящем съществуват три типични инфраструктури за достъп: мултиплексиране с разделяне по време (TDM), мултиплексиране с разделяне по дължината на вълната (WDM) и WDM-TDM комбинирани PON. Тъй като тези технологии имат различна гъвкавост по отношение на приложенията и разходи за реализация, ще бъдат сравнени количествено техните преносни характеристики при различни изисквания за ширина на честотната лента с помощта на optisystem – софтуер за проектиране на оптични комуникации, за да се осигури теоретична основа на подбора и практическата реализация на PON инфраструктури за интелигентни мрежови приложения.

2. ХАРАКТЕРНИ ОСОБЕНОСТИ НА СЪВРЕМЕННИТЕ PON ИНФРАСТРУКТУРИ

Пасивната оптична мрежа (PON-Passive Optical Network) използва при изграждането си само пасивни оптични елементи и компоненти: оптични влакна, различни видове разглобяеми и неразглобяеми съединители, разпределителни и разклонителни устройства, затихватели и др. Интерфейсното оборудване на PON се състои от крайно оптично линейно оборудване (OLT - Optical Line Terminal), разположено в контролния център, приемопредавателни оптични мрежови устройства (ONU – Optical Network Unit) в крайната станция, и оптични рутери, например оптични сплитери (OS - Optical Splitter), или WDM мултиплексори/демултиплексори (AWG - Arrayed Waveguide Gratings), като междинни устройства [1]. При използването на TDM-PON, оптичните потоци в посока „надолу“ (down streams) се предават по влакното до оптичния сплитер, който маршрутизира първичните потоци в до всеки ONU, който от своя страна приема потоците съвпадащи с техните MAC адреси.

За разлика от TDM-PON, WDM-PON се нуждае от многовънлов оптичен източник в OLT устройствата. Down stream данните се модулират на множество носещи с дължина на вълната и мултиплексирани от AWG. След предаване по down stream оптичен линк, комбинираните сигнали се демултиплексират и се предават на всяко ONU устройство в крайната станция. Формирането на ONU up stream потоците данни се извършва чрез модулация на фиксирана носеща дължина на вълната. След пристигане в централния офис те се детектират чрез оптичен приемник. В сравнение с TDM-PON, WDM-PON притежава очевидни предимства като: по-голям капацитет, по-голям обхват на покритие, по-висока информационна сигурност, по-добра прозрачност на протокола и гъвкав потребителски интерфейс. WDM-TDM комбинирана инфраструктура се предлага като ефективна схема за актуализиране на Етернет пасивна оптична мрежа (EPON – Ethernet Passive Optical Network), а основната причина за това е че WDM-TDM-PON технологията постига най-доброто съотношение между мрежовия капацитет и разходите по изграждането чрез пра-

вилно комбиниране на TDM и WDM инфраструктура.

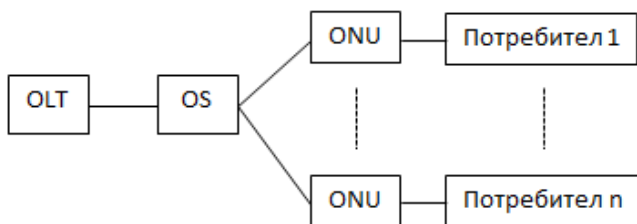
3. ЗАДАВАНЕ НА ПАРАМЕТРИТЕ В МОДЕЛА ЗА СИМУЛАЦИЯ

Параметрите на оптичните влакна и другите компоненти на пасивната оптична мрежа са показани в Табл.1

Таблица 1. Компоненти на PON

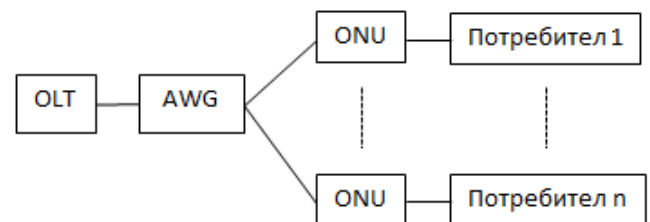
Оптичен компонент	Загуби (dB)
Оптично влакно	
Работна дължина на вълната $\lambda=1310\text{nm}$	0.40
Работна дължина на вълната $\lambda=1550\text{nm}$	0.25
Оптичен сплитер	
оптичен сплитер 1x2	4.1
оптичен сплитер 1x4	7.4
оптичен сплитер 1x8	9.6
оптичен сплитер 1x16	12.8
Оптичен пасивен (де)мултиплексор AWG	5.4

Като се вземат в предвид горните параметри са построени симулационните диаграми за три PON инфраструктури. При TDM симулация, както е показано на фиг.1 оптичният маршрутизатор представлява оптичен сплитер. Носещата дължина на вълната down/up е 1550/1310nm, а броят на портовете на сплитера е 16. Резултатите от симулацията показват, че BER стойността за down/up линия при дължина на оптичното влакно 24km и bit-rate 1.2Gb/s е $\sim 1,2 \cdot 10^{-9}$, като излъчваната оптична мощност на OLT и ONU е съответно 3.2dBm и 7.1dBm.



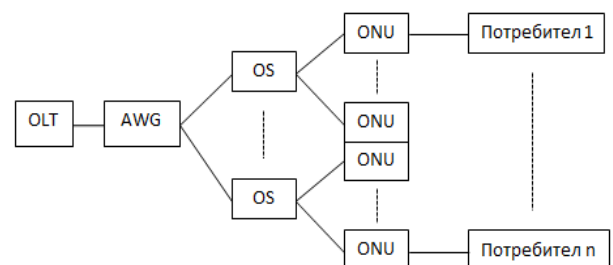
Фиг. 1. TDM симулация

При използване на оптичен маршрутизатор AWG, симулацията е WDM, както е показано на фиг.2. Оптичният 16 канален WDM източник е реализиран в OLT. Интервалът между WDM каналите е 100GHz, а първата канална честота е 192.8THz. Резултатите от симулацията показват, че стойността на BER за down/up линия при дължина на влакното 24km е $\sim 1,1 \cdot 10^{-9}$, където излъчваната оптична мощност на OLT и ONU е установена на -6.4dBm и -7.1dBm.



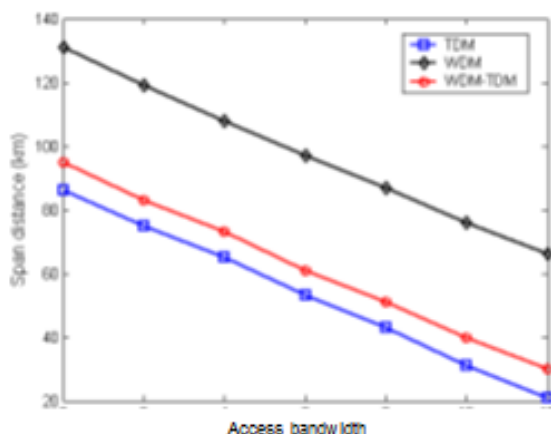
Фиг. 2. WDM симулация

Фиг. 3 представя симулационна схема за WDM-TDM-PON. В OLT се използва WDM оптичен източник с 4 вълнови канала. Оптичен сплитер 1:4 е свързан с всеки порт на AWG, а общият брой на сплитерите е 4. Както при фиг. 1, моделът на оптичния комутатор се използва за реализиране на разпределението на статичния времеви слот за всеки WDM канал. Резултатите от симулацията показват, че стойността на BER за down/up линия при дължина на влакното 24km е $\sim 1,3 \cdot 10^{-9}$, където излъчваната оптична мощност на OLT и ONU е съответно 1dBm и 0dBm.



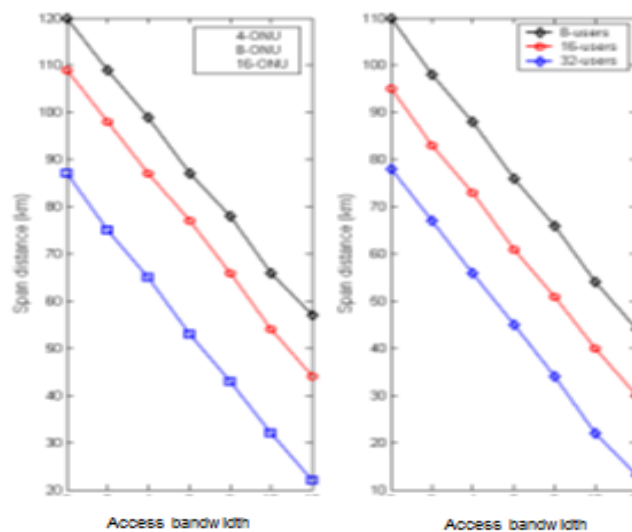
Фиг. 3. TDM-WDM симулация

Резултатите от симулацията показват, че WDM-PON има най-малки изисквания към входната мощност при една и съща дължина на връзката, а нейната предавателна характеристика е най-добрата при фиксирана входна мощност в трите PON архитектури. В гореспоменатите анализи bit-rate-а на сигнала е фиксиран. За да се получат по-детайлни резултати честотната лента за предаване се увеличава с времето като оптичната мощност на OLT достига 3dBm, а броят на ONU - 16. На фиг.4 са представени симулационните резултати при различна честотна лента за предаване на трите PON инфраструктури. Графиката показва, че максималното време за предаване на данните намалява за всички PON архитектури, при което пропускателната способност се увеличава, като WDM-PON има най-големият обхват при един и същи bit-rate, поради по-малките загуби на AWG в сравнение с тази на оптичните сплитери.



Фиг. 4. Симулация при различен достъп до честотна лента за трите инфраструктури

За TDM-PON максималният обхват варира в зависимост от броя на портовете на оптичните сплитери, като на фиг. 5 е показан съответният симулационен резултат. За WDM-TDM-PON броят на потребителите с достъп може да бъде променен чрез задаване в AWG на различен брой на каналите или оптичен сплитер с различен брой на портовете. Фиг. 6 показва резултата при различен брой потребители, получен чрез промяна на броя на портовете на сплитера. Фиг. 5 и 6 показват, че колкото по-голям е броят на портовете на оптичните сплитери, толкова по-



Фиг. 5.

Фиг. 6.

малко е максималното разстояние на връзката при определена ширина на честотната лента, като WDM-TDM-PON има по-голям обхват от TDM-PON при един и същи брой на потребителите.

4. ИЗВОДИ И ЗАКЛЮЧЕНИЯ

Сравнени са предавателните характеристики на три типични PON инфраструктури, за да се осигури комуникационната свързаност на системата за събиране на информация в активно адаптивната електрическа мрежа. Аналитичните изследвания показват, че WDM-PON има най-добри предавателни характеристики. Въпреки това, WDM-PON не може да замести напълно TDM-PON като основна мрежова инфраструктура в smart grid мрежите за достъп поради неговите сравнително високи разходи и сложни техники. WDM-TDM PON инфраструктура може да служи като рентабилен преход за удовлетворяване на бързото нарастване на нуждите на широколентов достъп до интелигентните мрежови приложения създадени досега.

REFERENCES

1. Gugova V., Pulkov V., Optichni kabelni linii i mrezi, 2009
2. Aggarwal A., Kunta S., and Verma P. K., A proposed communications infrastructure for the smart grid, Innovative Smart Grid Technologies (ISGT), vol1, pp 1-5, 2010
3. Budka K., Desplande J., Thottan M., Coommunication networks for smart grids, 2014.