



## УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ - ЕЛЕКТРОТЕХНИЧКИ ФАКУЛТЕТ

Булевар краља Александра 73, 11000 Београд, Србија

Тел. 011/324-8464, Факс: 011/324-8681

### КОМИСИЈИ ЗА СТУДИЈЕ II СТЕПЕНА ЕЛЕКТРОТЕХНИЧКОГ ФАКУЛТЕТА У БЕОГРАДУ

Комисија за студије II степена, Електротехничког факултета у Београду, на својој седници одржаној 10.07.2018. године именовала нас је у Комисију за преглед и оцену мастер рада дипл. инж. Милане Лаловић под насловом „Свеоптички комутатори на основу унакрсне модулације фазе и оптичког појачања у полупроводничким оптичким појачавачима“ (енг. „All-optical switches based on cross phase and gain modulation in semiconductor optical amplifiers“). Након прегледа материјала Комисија подноси следећи

### ИЗВЕШТАЈ

#### 1. Биографски подаци кандидата

Милана Лаловић је рођена 31.08.1994. године у Сарајеву. Завршила је Основну школу "Свети Сава" у Зворнику, са одличним успехом. Уписала је Гимназију и ССШ „Петар Кочић“ у Зворнику, коју је завршила као носилац Вукове дипломе. Електротехнички факултет уписала је 2013. године. Дипломирала је на одсеку за Физичку електронику, смер Наноелектроника, оптоелектроника и ласерска техника, 2017. године са просечном оценом 8,85. Дипломски рад одбранила је у јулу 2017. године са оценом 10. Дипломске академске – мастер студије на Електротехничком факултету у Београду, на Модулу за Наноелектронику и фотонику, уписала је у октобру 2017. године. Положила је све испите са просечном оценом 10.

#### 2. Опис мастер рада

Мастер рад кандидата садржи 39 нумерисаних страна текста, заједно са сликама и додацима. Рад садржи 5 поглавља и списак литературе који садржи 28 библиографских референци. Мастер рад је написан на енглеском језику, а додати су насловна страна и сажетак на српском језику.

Прво поглавље представља увод у коме су описаны предмет и циљ рада.

Друго поглавље садржи детаљан опис математичко-физичког модела брзинских једначина полупроводничког оптичког појачавача. Модел узима у обзир фактор нелинеарног потискивања појачања који доводи до смањења појачања пропорционалног густини фотона у активној области. Презентован је нумерички модел решавања брзинских једначина заснован на „узводно“ шеми првог реда.

У трећем поглављу су представљени основни принципи рада унакрсне модулације фазе (XPM) и оптичког појачања (XGM). У случају када се комутација спроводи путем унакрсне фазне модулације анализа обухвата Max-Зендер интерферометар (MZI) у чијим гранама су постављени оптички појачавачи. За потребе комутације на основу унакрсне модулације оптичког појачања потребна је анализа само једног оптичког појачавача.

Конечно, четврто поглавље се фокусира на резултате нумеричких симулација за

два типа корисног сигнала, континуални сигнал и поворка импулса. Узет је у обзор правац простирања контролног сигнала и анализирани су ко-попагирајући и контрапопагирајући контролни сигнали. Представљени су и дискутовани резултати симулације, фактор потискивања и брзина рада комутатора. Анализирана је и предложена нова шема за реализацију унакрсне фазне модулације.

Последње поглавље представља закључак у коме су изнети доприноси рада.

### 3. Анализа рада са кључним резултатима

Мастер рад дипл. инж. Милане Лаловић даје приказ методе за свеоптичку комутацију применом нелинеарних ефеката присутних у полупроводничким оптичким појачавачима. Циљ рада је формирање математичко-физичког модела полупроводничког појачавача, његова нумеричка имплементација која на основу симулације може обезбедити оптимизацију радног режима како би се остварио максимални фактор потискивања приликом комутације. Основни доприноси рада су:

- Формиран је комплетан математичко-физички модел полупроводничког оптичког појачавача заснован на брзинским једначинама које обухватају динамику фазе и укључују нелинеарно потискивање појачања, на основу ког је могуће разматрати различите нелинеарне интеракције између оптичких сигнала који копропагирају или контрапропагирају кроз појачавач.
- Анализиране су конфигурације које се базирају на експлоатацији нелинеарног ефекта унакрсне модулације појачања (XGM) и, у другом случају нелинеарног ефекта унакрсне фазне модулације (XPM). Генерално гледано, веће вредности фактора потискивања постигнуте су у случају примене XGM, реда величине до 40 dB у односу на вредности које се постижу применом XPM које иду до 10 dB.
- Формирани модел омогућава анализу утицаја параметара као што је Хенријев фактор, као и оптимизацију овог фактора у циљу постизања максималног фактора потискивања и максималне битске брзине за коју корисни сигнал остаје очуван.
- Показано је да у случају када је улазни корисни сигнал континуалан, долази до пораста фактора потискивања уколико Хенријев фактор расте, док се за корисни сигнал у форми поворке Гаусових сигнала овај тренд не може уочити.
- Показано је да уз повећање струје поларизације појачавача до око 400 mA могу остварити комутације за корисни сигнал у форми поворке Гаусових импулса са битском брзином до око 10 Gb/s.
- Предложена је нова шема која у Max-Зендер конфигурацији дели контролни сигнал на неједнаке фракције које затим модулишу појачање у оба полупроводничка појачавача. Овај приступ комбинује утицај XPM и XGM ефеката и на тај начин омогућава постизање фактора потискивања реда величине 20 dB за битске брзине до 10 Gb/s.

### 4. Закључак и предлог

Кандидат Милана Лаловић је у свом мастер раду успешно анализирала проблем свеоптичке комутације применом полупроводничких оптичких појачавача. Предложене су методе које комутацију остварују кроз нелинеарне ефекте унакрсне модулације појачања и/или унакрсне модулације фазе. Формирани математичко-физички модели нумерички имплементирани у програмском пакету MATLAB омогућили су оптимизацију параметара појачавача како би се постигле максимално велике вредности фактора потискивања. Приказани резултати у пројектовању свеоптичких комутатора могу се искористити за реализацију сложенијих свеоптичких логичких кола која ће

потенцијално налазити примену у оптичким рачунарима и оптичким мрежама нове генерације.

Кандидат је исказао самосталност и систематичност у своме поступку као и иновативне елементе у решавању проблематике овог рада.

На основу изложеног, Комисија предлаже Комисији за студије II степена да прихвати рад „Свеоптички комутатори на основу унакрсне модулације фазе и оптичког појачања у полупроводничким оптичким појачавачима“ (енг. „All-optical switches based on cross phase and gain modulation in semiconductor optical amplifiers“) дипл. инж. Милане Лаловић као мастер рад и одобри јавну усмену одбрану.

Београд, 03.09.2018.

Чланови комисије:

Јасна Јованчић  
др Јасна Џрњански, доц.

Дејан Гвоздић  
др Дејан Гвоздић, ред. проф.