

## I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

<b>Název práce:</b>	<b>Dynamic range of photomultipliers in pulse mode</b>
<b>Jméno autora:</b>	<b>Daniel Veškrna</b>
<b>Typ práce:</b>	bakalářská
<b>Fakulta/ústav:</b>	Fakulta elektrotechnická (FEL)
<b>Katedra/ústav:</b>	Katedra řídicí techniky
<b>Vedoucí práce:</b>	Ing. Jakub Cikhardt, Ph.D.
<b>Pracoviště vedoucího práce:</b>	Katedra Fyziky

## II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ

<b>Zadání</b>	<b>náročnější</b>
<i>Hodnocení náročnosti zadání závěrečné práce.</i>	
Zadání bakalářské práce hodnotím jako náročnější, neboť student musel nastudovat řadu problematik, které jsou nad rámec jeho studijního programu, např. principy produkce a detekce neutronového záření, funkci a vlastnosti fotoelektronových násobičů atd. Součástí zadání bylo rovněž praktické měření a jeho vyhodnocení.	

<b>Splnění zadání</b>	<b>splněno</b>
<i>Posuďte, zda předložená závěrečná práce splňuje zadání. V komentáři případně uveďte body zadání, které nebyly zcela splněny, nebo zda je práce oproti zadání rozšířena. Nebylo-li zadání zcela splněno, pokuste se posoudit závažnost, dopady a případně i příčiny jednotlivých nedostatků.</i>	
Všechny body zadání byly splněny.	

<b>Aktivita a samostatnost při zpracování práce</b>	<b>A - výborně</b>
<i>Posuďte, zda byl student během řešení aktivní, zda dodržoval dohodnuté termíny, jestli své řešení průběžně konzultoval a zda byl na konzultace dostatečně připraven. Posuďte schopnost studenta samostatné tvůrčí práce.</i>	
Při řešení zadání své bakalářské práce student projevil značnou míru samostatnosti a aktivního přístupu. Zároveň veškeré záležitosti průběžně konzultoval a na konzultace se vzorně připravoval.	

<b>Odborná úroveň</b>	<b>A - výborně</b>
<i>Posuďte úroveň odbornosti závěrečné práce, využití znalostí získaných studiem a z odborné literatury, využití podkladů a dat získaných z praxe.</i>	
Tato bakalářská práce svou odborností odpovídá řádné vědecké publikaci. Student zde velice vhodně využil své znalosti nabyté jak při studiu, tak z citované literatury. Rešeršní část práce se dobře čte a vytváří zajímavý úvod do praktické části. Stěžejním bodem práce je pak precizně provedené měření charakteristik několika vzorků fotonásobičů a jejich vzájemné porovnání. Výsledky tohoto měření jsou velmi důležité pro experimentální výzkum produkce neutronů v deuteriovém plazmatu a budou prakticky využity.	

<b>Formální a jazyková úroveň, rozsah práce</b>	<b>A - výborně</b>
<i>Posuďte správnost používání formálních zápisů obsažených v práci. Posuďte typografickou a jazykovou stránku.</i>	
Po formální a jazykové stránce považuji práci za vzornou. V celé práci je dodržovaná zavedená typografická konvence zápisu matematických výrazů, odkazů a citací. Práce je psaná v anglickém jazyce, což velmi chválím. Gramaticky i terminologicky je anglický text psán na velmi vysoké úrovni. Stejně tak hodnotím i srozumitelnost textu a vyjadřovací schopnosti studenta.	

**Výběr zdrojů, korektnost citací**

**A - výborně**

*Vyjádřete se k aktivitě studenta při získávání a využívání studijních materiálů k řešení závěrečné práce. Charakterizujte výběr pramenů. Posuďte, zda student využil všechny relevantní zdroje. Ověřte, zda jsou všechny převzaté prvky řádně odlišeny od vlastních výsledků a úvah, zda nedošlo k porušení citační etiky a zda jsou bibliografické citace úplné a v souladu s citačními zvyklostmi a normami.*

Student si sám aktivně vyhledával zdroje nad rámec doporučené literatury. Většina zdrojů, na které se student odkazuje jsou buď světově uznávané knihy, nebo odborné články v impaktovaných časopisech. V rešeršní části se student na použité zdroje jasně odkazuje buď na začátku patřičné sekce, nebo přímo za konkrétním tvrzením. Z práce jasně vyplývá, které myšlenky student převzal z citované literatury a co je jeho vlastní přínos. Vzhledem k tomu, že se jedná o praktickou bakalářskou práci, považuji rozsah citované literatury za přiměřený.

**Další komentáře a hodnocení**

*Vyjádřete se k úrovni dosažených hlavních výsledků závěrečné práce, např. k úrovni teoretických výsledků, nebo k úrovni a funkčnosti technického nebo programového vytvořeného řešení, publikačním výstupům, experimentální zručnosti apod.*

Výsledkem práce jsou charakteristiky fotonásobičů, které jsou potřebné pro výzkum probíhající na Katedře fyziky FEL ČVUT. Tyto charakteristiky výrobce pro dané fotonásobiče neudává a výsledky práci jsou zcela originální.

Během zpracování svého bakalářského projektu a následně bakalářské závěrečné práce student projevil velký zájem o danou problematiku a zúčastnil se 2týdenní zahraniční stáže na společném experimentu FEL ČVUT a Ústavu fyziky plazmatu a laserové mikrosyntézy ve Varšavě, kde pomáhal s obsluhou experimentální diagnostiky a zpracováním dat.

**III. CELKOVÉ HODNOCENÍ A NÁVRH KLASIFIKACE**

*Shrňte aspekty závěrečné práce, které nejvíce ovlivnily Vaše celkové hodnocení.*

Největší vliv na mé hodnocení má skutečnost, že se jedná o praktickou bakalářskou práci, ve které student přispěl k výzkumu probíhajícímu na Katedře fyziky FEL ČVUT. Dále oceňuji pečlivost, racionální přístup a zájem o obor, které student vykazoval po celou dobu řešení své bakalářské práce a během výše zmíněné stáže ve Varšavě.

Předloženou závěrečnou práci hodnotím klasifikačním stupněm **A - výborně**.

Datum: 24.5.2021

Podpis:

Jakub Cikhardt

**I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE**

<b>Název práce:</b>	<b>Dynamic Range of Photomultipliers in Pulse Mode</b>
<b>Jméno autora:</b>	<b>Daniel Veškrna</b>
<b>Typ práce:</b>	bakalářská
<b>Fakulta/ústav:</b>	Fakulta elektrotechnická (FEL)
<b>Katedra/ústav:</b>	Katedra řídicí techniky
<b>Oponent práce:</b>	Ing. Jan Dostál, Ph.D.
<b>Pracoviště oponenta práce:</b>	Ústav fyziky plazmatu AVČR, v.v.i.

**II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ**

<b>Zadání</b>	<b>náročnější</b>
<i>Hodnocení náročnosti zadání závěrečné práce.</i>	
Zadání bakalářské práce považuji za náročnější. Student měl nejprve za úkol seznámit se s problematikou generace neutronů a jejich detekce. Následně bylo nutné, aby se seznámil s principem fungování fotonásobiče, určeného k detekci neutronů, který se používá v laboratoři Plazmatického fokusu na Katedře fyziky, Fakulty elektrotechnické, ČVUT v Praze. Dalším úkolem studenta bylo experimentálně ověřit dynamický rozsah používaných fotonásobičů (model R1828-01) a to pro různá napájecí napětí. V případě úspěšného vyřešení dosud uložených úkolů se měl student pokusit navrhnout automatickou metodu zpracování experimentálně získaných dat.	

<b>Splnění zadání</b>	<b>splněno</b>
<i>Posuďte, zda předložená závěrečná práce splňuje zadání. V komentáři případně uveďte body zadání, které nebyly zcela splněny, nebo zda je práce oproti zadání rozšířena. Nebylo-li zadání zcela splněno, pokuste se posoudit závažnost, dopady a případně i příčiny jednotlivých nedostatků.</i>	
V předložené bakalářské práci jsou řádně vypracovány všechny body jejího zadání. V rámci experimentální části byl posouzen dynamický rozsah fotonásobičů nejen s využitím klíčového zařízení laboratoře, plazmatického fokusu PFZ-200, ale též pomocí pulsního neodymového laseru. Pro zpracování získaných experimentálních dat byl navíc vytvořen algoritmus v prostředí MATLAB.	

<b>Zvolený postup řešení</b>	<b>vynikající</b>
<i>Posuďte, zda student zvolil správný postup nebo metody řešení.</i>	
V rámci základního experimentu na plazmatickém fokusu PFZ-200 byly porovnávány vlastnosti čtyř typově stejných fotodetektorů Hamamatsu R1828-01, které byly kompletované se scintilátorem BC-408 tak, aby vytvořily scintilační detektor. Výsledky byly zaznamenávány na 1 GHz osciloskop. Během první části experimentu bylo na fotodetektory přiloženo napětí 1,4 kV a bylo provedeno 11 nezávislých měření. U pěti měření byl ovšem alespoň jeden z použitých fotodetektorů v saturaci. Podobná situace nastala, když bylo na pájecí napětí fotodetektorů sníženo na 1,2 kV. V tomto případě bylo též provedeno 11 měření, kdy tři měření byla vyhodnocena jako nestandardní, v dalších třech případech byly všechny použité fotodetektory v saturaci. Nicméně i přes tyto obtíže bylo možné stanovit, že každý z použitých fotodetektorů má jinou odezvu (citlivost) na dopadající signál, který byl podle předpokladu stejný pro všechna zařízení. Pro zpřesnění zjištěného dynamického rozsahu fotodetektorů navrhl autor využít pulsního neodymového laseru. Zde byla provedena rozsáhlá série měření pro 27 různých úrovní napájecího napětí fotodetektorů v rozsahu 700 V až 2 kV. Zvolený postup hodnotím jako originální a efektivní, kdy i přes počáteční komplikace byly požadované výsledky získány alternativní cestou.	

<b>Odborná úroveň</b>	<b>A - výborně</b>
<i>Posuďte úroveň odbornosti závěrečné práce, využití znalostí získaných studiem a z odborné literatury, využití podkladů a dat získaných z praxe.</i>	
Předložená bakalářská práce je po odborné stránce na velmi vysoké úrovni a značně převyšuje standard požadovaný pro tento typ práce. Autor velice pečlivě koncipoval rešeršní část, která je dobře strukturovaná a obsahuje klíčové informace pro řešenou problematiku. Autor nezabíhá do detailů, kdy na tyto zcela předpisově odkazuje citací. Praktická část je psána srozumitelně, naměřená data jsou přehledně prezentována a vysvětlena. Vzhledem k tomu, že autor uvádí, že vytvořil	

algoritmy v MATLABu pro polo/automatické zpracování naměřených dat, mohly být tyto přiložené jako Appendix k práci a tím ještě více podpořit její kvalitu.

### Formální a jazyková úroveň, rozsah práce

**A - výborně**

*Posuďte správnost používání formálních zápisů obsažených v práci. Posuďte typografickou a jazykovou stránku.*

Především velmi oceňuji, že student napsal práci v anglickém jazyce, což samo o sobě je náročné. Z textu je zřejmé, že i po lingvistické stránce je kol. Veškrna velmi dobře vybaven. Práce je psána srozumitelně, je velmi dobře strukturovaná, rozsah práce je zcela vyhovující.

### Výběr zdrojů, korektnost citací

**A - výborně**

*Vyjádřete se k aktivitě studenta při získávání a využívání studijních materiálů k řešení závěrečné práce. Charakterizujte výběr pramenů. Posuďte, zda student využil všechny relevantní zdroje. Ověřte, zda jsou všechny převzaté prvky řádně odlišeny od vlastních výsledků a úvah, zda nedošlo k porušení citační etiky a zda jsou bibliografické citace úplné a v souladu s citačním i zvyklostmi a normami.*

Student použil, kromě veškeré doporučené literatury, i řadu odborných knih a článků z impaktovaných časopisů, které si zajistil a prostudoval. Vybrané pasáže textu jsou řádně citovány, seznam literatury má odpovídající rozsah. Zde si dovolím drobné doporučení k seznamu použité literatury. Je ustáleným zvykem označovat kurzívou název článku nebo název odborného časopisu, ve kterém byl článek publikován, nikoliv však v různých místech různě.

### Další komentáře a hodnocení

*Vyjádřete se k úrovni dosažených hlavních výsledků závěrečné práce, např. k úrovni teoretických výsledků, nebo k úrovni a funkčnosti technického nebo programového vytvořeného řešení, publikačním výstupům, experimentální zručnosti apod.*

Předloženou práci považuji za velmi přínosnou a to nejen pro pracoviště, na kterém byla vypracována, ale vzhledem k tomu, že je psána anglicky a je napsaná přehledně a srozumitelně, tak i v širším mezinárodním kontextu. Navržený postup stanovení dynamického rozsahu fotonásobiče s využitím pulsního laseru je pak využitelný i v jiných laboratořích.

V textu práce jsem našel pouze několik málo překlepů či opomenutí:

- str. 16 uváděný odkaz na obrázek by měl být Fig. 3.3
- str. 28 chybí popis os záznamu signálu z osciloskopu
- str. 35 chybí popis os záznamu signálu z osciloskopu
- str. 41 množné číslo „phenomenon“ je „phenomena“

### III. CELKOVÉ HODNOCENÍ, OTÁZKY K OBHAJOBĚ, NÁVRH KLASIFIKACE

*Shrňte aspekty závěrečné práce, které nejvíce ovlivnily Vaše celkové hodnocení. Uvedte případné otázky, které by měl student zodpovědět při obhajobě závěrečné práce před komisí.*

Bakalářská práce vypracovaná Danielem Veškrnou je věnována dynamickému rozsahu fotonásobičů v impulsním režimu. Během jejího řešení vypracoval student přehlednou rešerši k řešené problematice, aktivně se účastnil experimentu na plazmatickém fokusu PFZ-200, následně experimentu s neodymovým laserem, zpracoval a interpretoval naměřená data a vytvořil algoritmus pro automatické zpracování těchto dat s cílem jeho využití pro budoucí měření. Tím splnil veškeré body zadání, které lze považovat za náročnější co do rozsahu vyžadovaných znalostí i časové náročnosti. Nadto je práce napsaná v anglickém jazyce, je psána srozumitelně, je velmi dobře strukturovaná, rozsah práce je zcela vyhovující. Vzhledem k těmto skutečnostem doporučuji práci k obhajobě.

Předloženou závěrečnou práci hodnotím klasifikačním stupněm **A - výborně**.



## POSUDEK OPONENTA ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

### Otázky k obhajobě:

- 1) Co je přínosem Vaší bakalářské práce.
- 2) V textu práce se opakovaně odkazujete na „Q-value“. Uveďte její definici a vysvětlete, k čemu se využívá.
- 3) Za jakých podmínek dochází k saturaci fotonásobiče během experimentu na plazmatickém fokusu PFZ-200. Lze z naměřených dat rozlišit, co je přesnou příčinou této saturace?
- 4) Na obrázcích 5.10 a 5.11 jsou odezvy fotodiody a fotonásobiče na laserový impuls. Proč je odezva fotodiody kladná a fotonásobiče záporná?
- 5) V grafu 5.12 uvádíte závislost relativního zisku na napájecím napětí fotonásobiče. Je správné vytvořit křivku závislosti spojením naměřených hodnot? Je možné celou tuto křivku využít ke stanovení relativního zisku daného fotonásobiče při daném napětí?

Datum: 31.5.2021

Podpis: