

POSUDEK OPONENTA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Autor práce: Michal Šimeček

Název práce: Využití bezpilotního leteckého prostředku pro radiační monitoring a leteckou gama spektrometrii

Předložená bakalářská práce je zaměřena na problematiku monitorování radiační situace pomocí bezpilotních leteckých systémů. Jde o velmi aktuální téma, jemuž je s ohledem na současný technický rozvoj dronů věnována rostoucí pozornost. Dokladem toho jsou i momentálně řešené projekty, na nichž s výzkumnými ústavy spolupracují průmyslové podniky i státní instituce (např. TAČR projekt RaDron nebo EMPIR projekt Preparedness).

Úvodem první kapitoly práce je popsána současná podoba radiačního monitorování v České republice. Dále je nastíněna možnost využití bezpilotních prostředků pro leteckou gama spektrometrii. Příklady konkrétních aplikací (lokalizace ploch kontaminovaných v důsledku jaderných havárií v Černobylu a Fukušimě, monitorování přírodní radioaktivity a obrana proti CBRN hrozbě) jsou podloženy výsledky převzatými z několika odborných článků. Druhá kapitola stručně doplňuje rešeršní část práce o popis vlastností různých druhů detektorů využitelných pro účely předemtných měření.

Samostatná experimentální činnost studenta, která se zabývala určením základních parametrů detektoru D230A z produkce firmy Georadis, je popsána v kapitole třetí. Měřením byla stanovena energetická kalibrace a rozlišovací schopnost zařízení. Dále byla studována směrová závislost odezvy, a nakonec byla demonstrována možnost využití prostorové závislosti měřidla k lokalizaci zdroje ionizujícího záření. Pro každý z experimentů je v práci uveden dostatečně podrobný postup měření i vyhodnocení dat. Výsledky jsou prezentovány formou grafů a tabulek. Plovoucí objekty jsou v textu bohužel umístěny ne vždy v pořadí, v jakém jsou odkazovány a komentovány, což čtenáři znesnadňuje orientaci. Pozitivně vnímám snahu studenta o diskusi a interpretaci výsledků, postrádám však zhodnocení nejistoty měření.

Z formálního hlediska je práce logicky členěna a obsahuje všechny povinné náležitosti. Gramatické chyby se v textu objevují ojediněle, leč srozumitelnost v některých případech narušují kostrbaté formulace nebo použití nepřesné terminologie. Text by si taktéž před odevzdáním zasloužil pečlivější kontrolu, díky které by bývaly mohly být eliminovány zbytečné jazykové (opakování slov) nebo typografické chyby.

Konkrétní poznámky a připomínky k předloženému textu uvádím níže.

- Vzhledem ke skutečnosti, že experimentální část práce byla realizována se scintilačním detektorem, bych očekával, že teoretickému popisu jeho principu bude věnován poněkud větší prostor (s. 27).
- Formulace na s. 28, že vyšší četnost detekovaných částic vede ke snížení detekční účinnosti, neodpovídá skutečnosti. Účinnost se nemění, dochází k nárůstu mrtvé doby.
- Definice dosvitu na s. 28 není správně, nejedná se o „*dobu, během které dochází ke scintilaci*“, ale o dobu, za kterou intenzita světelného záblesku poklesne na $1/e$ maxima.

- Na s. 29 je k polovodičovým detektorům uvedeno: „Obecně díky jejich vysokému efektivnímu protonovému číslu jsou dobrými indikátory fotonového záření.“ To ovšem není pravda, neboť např. křemíkový detektor ($Z = 14$) by patrně nebyl vhodným kandidátem pro leteckou gama spektrometrii. V další větě je psáno, že „vzhledem k jejich malé energii (3 eV) potřebné k vytvoření jednoho páru elektron díra jsou schopny přesně stanovit složitá a smíšená energetická spektra.“ Podvědomě sice tuším, co chtěl autor sdělit, ale v dané podobě je vyjádření velmi zkratkovité a obtížně srozumitelné.
- Princip polovodičových detektorů nespočívá ve správném zapojení polovodiče (s. 30). Dále není jasné, co autor myslel „klasickým způsobem zapojení“. Jedná se PN přechod v propustném směru, nebo připojení polovodičového materiálu jednoho typu do obvodu pomocí ohmických kontaktů? Tvrzení, že „v tomto typu zapojení [PN přechod v závěrném směru] prochází minimální proud a tak jsou polovodičové detektory specifické svými úzkými píky úplné absorpce.“ je velkým myšlenkovým skokem.
- CZT je ternární, nikoli termální směs (s. 30).
- V souvislosti se zářením emitovaným bodovými radionuklidovými zdroji typu EG není na místě hovořit o „svazcích záření“ (s. 34).
- Nafitované parametry kalibrační přímky (2) by bylo vhodné doplnit o nejistotu (s. 36). V grafu na obrázku 9 (s. 37) není nutné vypisovat hodnoty na tolik desetinných míst.
- Koeficienty energetické závislosti FWHM znázorněné na obrázku 11 (s. 40) nejsou v práci uvedeny.
- U fotonů nelze hovořit o dosahu, tato veličina je definována pro nabitě částice (s. 47). Pokles odezvy se vzdáleností zdroje od detektoru je očekávatelný a je vysvětlitelný změnou geometrického uspořádání (a tím i účinnosti detekce).
- Pro znázornění výsledků experimentu demonstrujícího využití prostorové závislosti pro lokalizaci zdroje (s. 46–51) by bylo užitečné doplnit k 3D pohledům i další typy grafů – například „teplotní“ mapu nebo zobrazení ve dvourozměrném řezu.
- První citace, která se objeví v textu práce, je [6]. V seznamu literatury jsem nevysledoval žádný systém, není seřazen ani podle pořadí výskytu citací v textu, ani podle jmen autorů. Taktéž není dodržena jednotnost položek (velká a malá písmena), u některých z nich chybí diakritika. Webové adresy je vhodné sázet neproporcionálním písmem.
- Jednotky fyzikálních veličin se píší základním řezem písma, a nikoli kurzívou, jak je tomu v předloženém textu. Mezi hodnotou a označením jednotky má být mezera, výjimkou jsou jednotky rovinného úhlu nebo případ, kdy údaj je použit ve funkci přídatného jména.
- Jednotka času hodina je v SI označena symbolem h, nikoli hod (s. 11).
- Zápis 2×2 m (s. 46) není rozměrově v pořádku, vhodnější tvar je $2 \text{ m} \times 2 \text{ m}$ nebo $(2 \times 2) \text{ m}^2$.
- Popis tabulek je obvyklé umisťovat nad tento objekt.
- Slovo „gamma“ se pro označení jednoho z druhů ionizujícího záření v češtině nepoužívá, správný tvar je gama (ten je nakonec uveden v názvu práce).
- Japonská elektrárna, na níž se roku 2011 udála havárie, je na s. 14 nazvána jak Fukushima Daiichi (anglický přepis), tak Fukušima (český přepis). V každém případě je žádoucí jednotnost, s ohledem na jazyk práce bych se klonil k českému přepisu. Podobně pro místa v uzavřené zóně Černobylské jaderné elektrárny (železniční stanice Janov a Rudý les) není důvod uvádět anglickou transkripci ruštiny namísto české (s. 22).
- Viz není zkratka, nýbrž rozkazovací způsob od slovesa vidět. Tečka se za ním proto nepíše.
- Neslabičné předložky by neměly zůstat na konci řádků.

K práci mám následující otázky:

1. Jakým způsobem sloužil pomocný detektor, který byl užit při energetické kalibraci zařízení D230A, ke kontrole mrtvé doby a četnosti impulzů?
2. Jak byl stanoven údaj označený v tabulce 2 (s. 39) jako „chyba FWHM“?

Závěrem mohu konstatovat, že student provedl všechny úkoly definované v zadání. Výsledky realizovaných experimentů jsou hodnotné pro další využití systému D230A ve spojení s bezpilotním leteckým prostředkem pro gamaspektrometrické radiační monitorování. **Práci doporučuji k obhajobě a navrhuji hodnocení C (dobře).**

V Praze dne 1. září 2020

Ing. Pavel Novotný
Český metrologický institut