



## Oponentní posudek dizertační práce

**Uchazeč: Ing. Petr Blažek**

**Název dizertační práce:**

**Modelování a hodnocení kybernetické bezpečnosti elektroenergetických systémů**

**Oponent: doc. Ing. Ladislav Pospíchal, CSc.**

**Pracoviště oponenta: MEGa - Měřicí Energetické Aparáty, a.s.**

*Oponent se v posudku vyjádří dle Studijního a zkušebního řádu VUT zejména:*

- a) k aktuálnosti tématu dizertační práce,*
  - b) zda dizertační práce splnila stanovený cíl,*
  - c) k postupu řešení problému a k výsledkům dizertační práce s uvedením konkrétního přínosu doktoranda,*
  - d) k významu pro praxi nebo rozvoj oboru,*
  - e) k formální úpravě dizertační práce a její jazykové úrovni,*
  - f) zda dizertační práce splňuje podmínky uvedené v § 47 odst. 4 zákona,*
  - g) zda student prokázal nebo neprokázal tvůrčí schopnosti v dané oblasti výzkumu a zda práce splňuje nebo nespĺňuje požadavky standardně kladené na dizertační práce v daném oboru. Bez tohoto závěru je posudek neplatný.*
- Ke každému z níže uvedených bodů je nutno doplnit stručný komentář.*

### Ad a) Aktuálnost tématu dizertační práce

Téma dizertační práce je velmi aktuální.

Komentář: Dizertační práce se zabývá velmi aktuální a perspektivní problematikou kybernetické bezpečnosti elektroenergetických systémů, která nabývá na významu s rostoucí digitalizací kritické infrastruktury. Autor reaguje na potřebu propojit oblasti bezpečnosti informačních technologií (IT) a kybernetické ochrany průmyslových systémů (OT Operational Technology Security), což je zásadní pro ochranu provozních technologií Smart Grid. Práce zohledňuje současné mezinárodní trendy (IEC 61850, IEC 60870-5-104, IEC 62351, IEC 62443, NIST 800-82) i metodiky STRIDE a MITRE ATT&CK. Aktuálnost tématu je tedy vysoká.

### Ad b) Splnění stanoveného cíle dizertační práce

Cíl dizertační práce byl splněn.

Komentář: Cíle disertační práce byly splněny v plném rozsahu. Autor navrhl, realizoval a ověřil modulární sandboxové prostředí pro výzkum a testování kybernetické bezpečnosti elektroenergetických systémů. Součástí řešení je formální analýza komunikační architektury Smart Grid, bezpečnostní rámec zohledňující identifikaci zranitelností a validace přenosových modelů s využitím teorie front. Výsledné prostředí umožňuje simulaci útoků, ověřování mitigačních opatření a generování realistických datasetů pro výuku a výzkum.

#### **Ad c) Postup řešení problému a výsledky disertační práce s uvedením konkrétního přínosu doktoranda**

Postup řešení problému a výsledky dizertační práce jsou nadprůměrné.

Komentář: Autor zvolil systematický a metodicky správný přístup spojující analytické modelování s experimentálním ověřením. Využil SGAM model pro architektonické mapování, teoretické modely přenosu zpráv na základě modelů systémů hromadné obsluhy (M/M/1, M/D/1, MMPP) pro kvantitativní analýzu zátěže, a bezpečnostní rámce STRIDE a MITRE ATT&CK pro identifikaci hrozeb a mezer ve standardech.

Konkrétní přínosy:

- návrh a implementace sandboxového prostředí kombinujícího fyzické, emulované a virtualizované prvky,
- analytické modelování přenosu zpráv klíčových protokolů IEC 61850 a IEC 104,
- metodika propojující bezpečnostní rámce STRIDE a MITRE ATT&CK pro elektroenergetiku,
- generování realistických datových sad pro testování a školení personálu,
- přímá integrace navrženého prostředí do výzkumné infrastruktury BUTENET.

Výsledky jsou originální a přinášejí vědecký i aplikační přínos pro oblast průmyslové kyberbezpečnosti.

#### **Ad d) Význam pro praxi nebo rozvoj oboru**

Význam pro praxi nebo rozvoj oboru je nadprůměrný.

Komentář: Práce má významný přínos jak pro akademický výzkum, tak pro praxi. Vytvořený testbed lze využít pro testování bezpečnostních opatření, trénink odborníků i pro vývoj detekčních metod založených na strojovém učení. Koncepte sandboxové architektury je aplikovatelná i mimo elektroenergetiku – např. v plynárenství, vodárenství nebo dopravní infrastruktuře. Disertační práce tak přispívá k rozvoji moderní aplikované kybernetické bezpečnosti kritických infrastruktur.

#### **Ad e) Formální úprava dizertační práce a její jazyková úroveň**

Formální úprava dizertační práce a její jazyková úroveň je nadprůměrné.

Komentář: Práce je po formální i grafické stránce na velmi dobré úrovni. Struktura kapitol je logická, text je přehledný a odborně precizní. Grafy, tabulky i schémata jsou kvalitně zpracovány. Jazyková úroveň je velmi dobrá, terminologie odpovídá vědeckému stylu a text je stylisticky kultivovaný. Menší formální nedostatky nemají vliv na srozumitelnost.

#### **Ad f) Dizertační práce splňuje podmínky uvedené v § 47 odst. 4 zákona**

Dizertační práce podmínky uvedené v § 47 odst. 4\*) zákona č. 111/1998 sb. o vysokých školách splňuje.

*(\*4) Studium se řádně ukončuje státní doktorskou zkouškou a obhajobou dizertační práce, kterými se prokazuje schopnost a připravenost k samostatné činnosti v oblasti výzkumu nebo vývoje nebo k samostatné teoretické a tvůrčí umělecké činnosti. Dizertační práce musí obsahovat původní a uveřejněné výsledky nebo výsledky přijaté k uveřejnění.*

#### **Ad g) Prokázání tvůrčí schopnosti studenta v dané oblasti výzkumu a zda práce splňuje nebo nesplňuje požadavky standardně kladené na dizertační práce v daném oboru.**

Doktorand prokázal tvůrčí schopnosti v dané oblasti výzkumu a práce splňuje požadavky standardně kladené na dizertační práce v daném oboru.

Komentář: Na základě předložené práce lze konstatovat, že Ing. Petr Blažek prokázal vysokou odbornou úroveň, samostatnost a schopnost tvůrčího výzkumu. Dizertační práce splňuje všechny požadavky kladené na práce tohoto typu v oboru Teleinformatika.

Kladné stránky práce:

- vysoká aktuálnost a relevance tématu,
- propojení teorie a praktické implementace,
- originální návrh sandboxového prostředí,
- kvalitní metodika a analytická hloubka,
- přehledná struktura, odborný jazyk a grafické zpracování,
- významný přínos pro praxi i vzdělávání.

Nedostatky práce:

- omezené srovnání s existujícími mezinárodními testbedy,
- chybí detailní analýza provozních a ekonomických aspektů implementace,
- bezpečnostní analýzy nejsou experimentálně validovány v reálném scénáři,

- menší zastoupení novějších zahraničních zdrojů (2023–2025).

**Celkové hodnocení:**

Disertační práce Ing. Petra Blažka představuje kvalitní a vyvážené spojení teorie, modelování a praktické realizace. Přináší nové poznatky a nástroje pro výzkum i vzdělávání v oblasti kybernetické bezpečnosti elektroenergetických systémů. Přes drobné výhrady jde o mimořádně zdařilé a přínosné dílo.

**Otázky oponenta:**

1. Jaké jsou limity modelů M/M/1 a M/D/1 při reálném nasazení v hybridních sítích a jak by se dal model rozšířit pro nestacionární komunikaci?
2. Jak je zajištěna věrohodnost a reprodukovatelnost generovaných datasetů a jak lze tyto datové sady využít pro trénování detekčních algoritmů založených na umělé inteligenci?

**Disertační práci k obhajobě**

**doporučuji**

**nedoporučuji.**

Dne: *14. 4. 2025* Klikněte nebo klikněte sem a zadejte datum.

Podpis: .....

