



## Záverečná karta projektu

Názov projektu Evidenčné číslo projektu **APVV-15-0062**

**Zabezpečenie elektromagnetickej kompatibility monitorovacích systémov mimoriadnych prevádzkových stavov jadrovej elektrárne**

Zodpovedný riešiteľ **Ing. Jozef Hallon, PhD.**

Príjemca **Slovenská technická univerzita v Bratislave - Fakulta elektrotechniky a informatiky**

### Názov pracoviska, na ktorom bol projekt riešený

Fakulta elektrotechniky a informatiky STU v Bratislave  
VUJE, a. s., Trnava

### Názov a štát zahraničného pracoviska, ktoré spolupracovalo pri riešení

-

### Udelené patenty/podané patentové prihlášky, vynálezy alebo úžitkové vzory, ktoré sú výsledkami projektu

V roku 2020 bola podaná prihláška s názvom „Meracia sonda najmä na meranie vodíka v hermetickej zóne jadrového reaktora“ a spustený proces konania o zápise na Úrade priemyselného vlastníctva SR (PUV 237-2020).

### Najvýznamnejšie publikácie (knihy, články, prednášky, správy a pod.) zhrňujúce výsledky projektu – uveďte aj publikácie prijaté do tlače

- HARTÁNSKÝ, René - MIERKA, Martin - BITTERA, Mikuláš - HALLON, Jozef - HALGOŠ, Ján - HRICKO, Jaroslav - ANDOK, Robert - RAFAJ, Michal. Novel method of contactless sensing of mechanical quantities. In Measurement Science Review. Vol. 20, no. 3 (2020), s. 150-156. ISSN 1335-8871. V databáze: CC: 000555887000006.

- VAVRÍK, F. - HALLON, J.: Frequency shift of the minimal magnitude of reflection coefficient in antenna array. Journal of Electrical Engineering, 70. s. 64—68, 2019. ISSN 1335-3632.

- HALLON, Jozef - KOVÁČ, Karol - BITTERA, Mikuláš. Comparison of coupling networks for EFT Pulses Injection. In Przegląd elektrotechniczny. Vol. 94, Iss. 2 (2018), s. 17-20. ISSN 0033-2097. V databáze: SCOPUS; WOS.

- HALLON, Jozef - KOVÁČ, Karol - BITTERA, Mikuláš. Electromagnetic clamp for EFT pulses injection. In EMD 2017: 24th International conference on electromagnetic disturbances. Białystok, Poland. September 20-22, 2017. Białystok: University of Technology, 2017, S. 34-37. ISBN 978-83-65596-28-4.

- MAJCHRÁK, Michal – LIETAVEC, Ondrej – LUKÁŠOVÁ, Monika – HORNIAKOVÁ, Andrea. Kvalifikácia a certifikácia zariadení pre jadrové elektrárne. XX. odborná medzinárodná konferencia "Riadenie kvality v energetike" QEM 2017. Časť-Papiernička, Slovenská republika, 11.-12.5.2017.

- MAJCHRÁK, Michal – DUBOVSKÝ, Daniel. Hydrogen concentration measurement

- system for hermetic zones of nuclear power plants – Mons - H2. In EMS-Ai 2017: Electro-Mechanical Systems Application in Industry 2017. Zliechov, Slovakia, 30.8.-1.9., 2017. Published by the Slovak University of Technology in SPEKTRUM STU Publishing, 2017, S. 49-53. ISBN 978-80-227-4753-0.
- KAMENSKÝ, Miroslav - KRÁLIKOVÁ, Eva - BITTERA, Mikuláš - ČERVEŇOVÁ, Jozefa - KOVÁČ, Karol. Flexible system of remote applications and teaching with sensors. In Innovative Educational Technologies, Tools and Methods for E-learning : 12th Annual International Scientific Conference Theoretical and Practical Aspects of Distance Learning (DLCC 2020). Katowice-Cieszyn, Poland. October 12-13, 2020. Katowice : Studio Noa for University of Silesia, 2020, S. 268–278. ISBN 978-83-66055-19-3. V databáze: DOI: 10.34916/el.2020.12.23.
- HARTĀNSKÝ, R. - MIERKA, M.: A New Method of Measuring the Physical Quantities. Measurement 2019: 12th International conference on measurement. Smolenice, Slovakia, May 27-29, 2019. ISBN 978-80-972629-3-8.
- HALLON, Jozef - KOVÁČ, Karol - BITTERA, Mikuláš - KRAMMER, Anton. Test site for EMC testing of electrical devices using GPS receiver. In Measurement 2017: 11th International conference on measurement. Smolenice, Slovakia, May 29-31, 2017. Bratislava: Slovak academy of sciences, 2017, S. 147-150. ISBN 978-80-972629-0-7. V databáze: IEEE.
- BITTERA, Mikuláš - HALLON, Jozef. Reference disturbance for radiated EMI measurements. In EMS-Ai 2017: Electro-Mechanical Systems Application in Industry 2017. Zliechov, Slovakia, 30.8.-1.9., 2017. Published by the Slovak University of Technology in SPEKTRUM STU Publishing, 2017, S. 1-6. ISBN 978-80-227-4753-0.
- HALLON, Jozef - KOVÁČ, Karol - BITTERA, Mikuláš. OP-AMP output circuits sensitivity to continues wave high frequency disturbance. In EMS-Ai 2017: Electro-Mechanical Systems Application in Industry 2017. Zliechov, Slovakia, 30.8.-1.9., 2017. Published by the Slovak University of Technology in SPEKTRUM STU Publishing, 2017, S. 23-28. ISBN 978-80-227-4753-0.
- HARTĀNSKÝ, René - HALGOŠ, Ján - MIERKA, Martin. Developed of TEM cell design. In EMS-Ai 2017: Electro-Mechanical Systems Application in Industry 2017. Zliechov, Slovakia, 30.8.-1.9., 2017. Published by the Slovak University of Technology in SPEKTRUM STU Publishing, 2017, S. 29-34. ISBN 978-80-227-4753-0.
- BITTERA, Mikuláš - KOVÁČ, Karol - SMIEŠKO, Viktor. Estimation of RF measurements uncertainties in EMC. In Electro-mechanical systems application in industry 2018 : Zliechov, Slovakia. August 28-31, 2018. 1.vyd. Bratislava : Vydavateľstvo Spektrum STU, 2018, S. 1-10. ISBN 978-80-227-4870-4.
- HALLON, Jozef - KOVÁČ, Karol - BITTERA, Mikuláš - KRAMMER, Anton. The origin of HF interference at cable interfaces and its consequences on electronic system. In Electro-mechanical systems application in industry 2018 : Zliechov, Slovakia. August 28-31, 2018. 1.vyd. Bratislava : Vydavateľstvo Spektrum STU, 2018, S. 19-23. ISBN 978-80-227-4870-4.
- KAMENSKÝ, Miroslav - KOVÁČ, Karol - HALGOŠ, Ján. Ealuation of ADC error corrected by additive iterative method over RMSE. In Electro-mechanical systems application in industry 2018 : Zliechov, Slovakia. August 28-31, 2018. 1.vyd. Bratislava : Vydavateľstvo Spektrum STU, 2018, S. 45-52. ISBN 978-80-227-4870-4.
- MIERKA, M.: Realization of a TEM cell. Measurement 2019: 12th International conference on measurement. Smolenice, Slovakia, May 27-29, 2019. ISBN 978-80-972629-3-8.
- NOVÁKOVÁ, T. - BITTERA, M. - SMIEŠKO, V. - KRÁLIKOVÁ, E. Modelling of EMC broadband antennas with complex geometry above 1 GHz. In Annals of DAAAM International Week 2016: elektronický zdroj 27th International symposium intelligent manufacturing and automation. Mostar, Bosnia and Herzegovina. October 23-30, 2016. Vienna: DAAAM International, 2016, s. 2016. ISBN 978-3-902734-13-6.
- VAVRÍK, Ferdinand. Testing of 3-elements printed Yagi-Uda antenna. In Measurement 2017: 11th International conference on measurement. Smolenice, Slovakia, May 29-31, 2017. Bratislava: Slovak academy of sciences, 2017, S. 143-146. ISBN 978-80-972629-0-7. V databáze: IEEE.
- HALLON, J. - BITTERA, M. - HARTĀNSKÝ, R. - KOVÁČ, K. Electromagnetic emission measurement of devices with GSM interface. In Annals of DAAAM International Week 2016: elektronický zdroj 27th International symposium intelligent manufacturing and automation. Mostar, Bosnia and Herzegovina. October 23-30, 2016. Vienna: DAAAM International, 2016,

s. 2016. ISBN 978-3-902734-13-6.

- HARTÁNSKÝ, R. - MIERKA, M.: New Method of One-Component Force Measurement. Techničeskije universitety: Integracija s evropejskimi i mirovymi sistemami obrazovanija: Materialy VIII. Meždunarodnoj konferencii, Rossija, Iževsk, 23. - 24. 04. 2019. ISBN 978-5-7526-0832-2.

- DZURIŠ, M. - HARTÁNSKÝ, R.: Network Analyzer Calibration Problem. Techničeskije universitety: Integracija s evropejskimi i mirovymi sistemami obrazovanija: Materialy VIII. Meždunarodnoj konferencii, Rossija, Iževsk, 23. - 24. 04. 2019. ISBN 978-5-7526-0832-2.

- KAMENSKÝ, M. - KRÁLIKOVÁ, E. - ČERVEŇOVÁ, J. - MIERKA, M.: Modular Education System of Remote Access Applications Employed for Filter Response Measurement. Measurement 2019: 12th International conference on measurement. Smolenice, Slovakia, May 27-29, 2019. ISBN 978-80-972629-3-8.

### **Uplatnenie výsledkov projektu**

Poznanie aktuálnej hodnoty koncentrácie vodíka a jej časového trendu v hermetickej zóne jadrového reaktora je jedným zo základných predpokladov zvládnutia ťažkých havárií v jadrovej elektrárni. Služi pre prijatie správnych rozhodnutí na riadenie vývinu vodíka, a tým k ochrane integrity krytu jadrového reaktora, ktorý je konečnou bariérou proti úniku štiepných produktov do životného prostredia. Vyvinutý monitorovací systém plní túto mimoriadne dôležitú úlohu tak, že zabezpečuje snímanie hodnôt koncentrácie vodíka a ich časového trendu v rôznych častiach hermetickej zóny priamou metódou (snímače sú umiestnené priamo vo vnútri hermetickej zóny). V súčasnosti je vyvinutý a realizovaný prototyp umiestnený v pilotnej prevádzke v jadrovej elektrárni v zahraničí, čo mu dáva dobrý predpoklad pre jeho budúcu komerčnú úspešnosť.

### **Súhrn výsledkov riešenia projektu a naplnenia cieľov projektu v slovenskom jazyku (max. 20 riadkov)**

- Bol vyvinutý a realizovaný prototyp monitorovacieho systému, ktorý musel prejsť celým radom náročných záťažových skúšok tak, aby bol splnený predpoklad, že bude schopný prevádzky aj v prípade ťažkej havárie v jadrovej elektrárni.
- Realizovaný merací systém bol umiestnený v pilotnej prevádzke v jadrovej elektrárni v zahraničí.
- Meracia sonda na meranie koncentrácie vodíka v hermetickej zóne jadrového reaktora má unikátne vlastnosti. Preto sme pristúpili k jej právnej ochrane formou úžitkového vzoru.
- Pracovníci spoluriešiteľskej organizácie VUJE, a. s. si osvojili zásady konštruovania elektrotechnických zariadení s aplikáciou opatrení EMC.
- Pracovníci EMC laboratória si nadobudli vedomosti a skúsenosti a rozšírili technické vybavenie tak, že už sú schopní realizovať skúšky EMC aj v rozsahu prostredia jadrovej energetiky.
- Pracovníci EMC laboratória si pri riešení projektu rozšírili vedomosti v oblasti tvorby modelov a počítačovej simulácie elektromagnetických javov.
- V nadväznosti na riešenie projektu vzniklo 22 vedeckých a odborných príspevkov vo vedeckých časopisoch, na medzinárodných a domácich konferenciách.
- Edukačný dosah zahŕňal obhajobu niekoľkých bakalárskych a diplomových záverečných prác priamo súvisiacich s riešením projektu.
- Organizované odborné kurzy s problematikou EMC prispeli k odbornej erudícii inžinierov z konštruktárskej praxe.

### **Súhrn výsledkov riešenia projektu a naplnenia cieľov projektu v anglickom jazyku (max. 20 riadkov)**

- A prototype of a monitoring system was developed and implemented. The prototype had to pass a number of demanding stress tests in order to meet the conformity to operate even during severe accidents at a nuclear power plant.
- The pilot monitoring system was also installed at the foreign nuclear power plant.
- The probe for measuring hydrogen concentration in the hermetic zone of a nuclear reactor has unique properties. Therefore, we have applicated its legal protection as the utility model.
- Employees of the cooperating organization VUJE, a. s. acquired their knowledge, mainly new principles of construction of electrical devices with compliance of EMC measures.
- The EMC laboratory staff gained their knowledge and experiences and arranged their

testing equipment; so they are able to carry out EMC tests even for the nuclear energy environment now.

- The EMC laboratory staff expanded their knowledge in the field of model creating and computer simulation of electromagnetic phenomena.
- 22 scientific papers were published in scientific journals, at international and domestic conferences thanks to the project solution.
- The project had impact also to the education process, several bachelor's and master's theses related directly to the project were defended.
- The EMC courses contributed to the professional erudition of design engineers from practice.