



Záverečná karta projektu

Názov projektu

Evidenčné číslo projektu

APVV-19-0049

Výskum starnutia elektroizolačných systémov, zmeny životnosti používaných materiálov po zavedení nových EÚ regulácií (RoHS, REACH).

Zodpovedný riešiteľ **doc. Ing. Juraj Packa, M.D., PhD.**

Príjemca **VUKI a.s.**

Názov pracoviska, na ktorom bol projekt riešený

Žiadateľ:

VUKI a. s.

Pri majeri 1

831 07 Bratislava 36

Spoluriešiteľská organizácia:

Slovenská technická univerzita v Bratislave - Fakulta elektrotechniky a informatiky

Ilkovičova 3

841 04 Bratislava

Názov a štát zahraničného pracoviska, ktoré spolupracovalo pri riešení

-

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

Pripravované podanie patentovej prihlášky na "Merací systém tepelnej odolnosti izolácií pomocou ohrevu pretekajúcim prúdom" je plánovaná na podanie v rámci monitorovacieho obdobia.

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

1. PACKA, Juraj - ŠÁLY, Vladimír - SULOVÁ, Jana. Chosen views on cable with improved fire performance. In Materials, Methods & Technologies: [elektronický zdroj]. Vol. 14, (2020), s.156-164.ISSN1313-2539.
2. PERNÝ, Milan - ŠÁLY, Vladimír - ĎURMAN, Vladimír - PACKA, Juraj - KURCZ, János - MIKOLÁŠEK, Miroslav - HURAN, Jozef. Electrical response of silicon heterojunction solar cells with transparent conductive oxide antireflective coating. In Acta Physica Polonica A. Vol. 139, No. 1 (2021), s. 39-45.
3. PACKA, Juraj - ŠÁLY, Vladimír - PERNÝ, Milan. Vplyv európskej legislatívy z oblasti ekológie na zloženie káblových zmesí. In Magazín mobilita - stroje - technológie - ekológia. Roč. 18, č. 1 (2023), s. 36-37. ISSN 2644-6839
4. PACKA, Juraj - ŠÁLY, Vladimír - ČUBOŇ, Peter - PERNÝ, Milan. Influence of Water on Selected Dielectric Properties of Impregnants in the Cured State. In EPE 2024: 24th International scientific conference on electric power engineering. Kouty nad Desnou, Czech Republic. May 15-17, 2024. 1. ed. Ostrava: Technical University of Ostrava, 2024, S. 52-55.

ISBN 979-8-3503-4876-7.

5. PACKA, Juraj - ŠÁLY, Vladimír – ČUBOŇ, Peter: Mechanické vlastnosti plášťov bez UV stabilizácie po ich nesprávnej aplikácii, časopis ENERGETIKA, odborný dvojmesačník, ISSN: 0375-8842 , Česká republika, 2024. V tlači.

6. KURCZ, János - PONIČAN, Ján - CHUDÝ, Michal - ŠÁLY, Vladimír - JANÍČEK, František - GEBURA, Marek. Dynamic changes of photovoltaic power plants power supply. In Elektroenergetika 2022 [elektronický zdroj]: 11th International Scientific Symposium on Electrical Power Engineering. Stará Lesná, Slovak Republic. September 12-14, 2022. Košice: Technical University of Košice, 2022, S. 251-255. ISBN 978-80-553-4104-0.

7. VALACH, Rastislav, PACKA, Juraj: Súhrnná záverečná správa VUKI 3/24 z júla 2024.

Uplatnenie výsledkov projektu

Výsledky projektu sa využijú pri návrhu, pri výrobe, ako aj pri overovaní a skúšaní káblov používaných v bežných prostrediach ako aj v náročných podmienkach kritickej energetickej a dátovej infraštruktúry v zmysle súčasne platnej národnej a európskej legislatívy. Budú zdrojom podkladov pri tvorbe a úprave noriem a legislatívnych nariadení v rámci národných a medzinárodných predpisov, ktoré by mali viesť k zvýšeniu bezpečnosti pri projektovaní a realizácii káblových trás. Snahou bude v rámci novozakladanej komisie "Káble" pri Úrade pre normalizáciu, metrológiu a skúšobníctvo Slovenskej republiky implementovať získané poznatky a skúsenosti aj do legislatívneho rámca.

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

V rámci projektu boli vo VUKI, a.s. a FEI STU testované a porovnávané pôvodné typy káblov s káblami, ktoré spĺňajú prísne environmentálne požiadavky po zavedení EÚ regulácií (RoHS, REACH). Výsledky termooxidačného urýchleného starnutia realizované vo VUKI, a.s. mierne preferujú nové konštrukcie káblov v bezhalogénovom vyhotovení (HFFR), pričom sledované vlastnosti boli mechanické vlastnosti podľa STN EN 60811-501 a meranie izolačného odporu žíl. Na druhej strane merania skúmaných vzoriek káblov po prirodzenom 2 ročnom starnutí (paralelne umiestnené na streche VUKI, a.s. a na streche FEI STU) poukázali na významný pokles mechanických vlastností pre súčasné konštrukcie bezhalogénových káblov s predpísanou oranžovou farbou bez UV stabilizácie. Merania vybraných dielektrických vlastností po prirodzenom starnutí a nasledujúcich ďalších záťažových skúškach realizované na FEI STU vykazujú stabilitu vlastností pri všetkých meraných vzorkách káblov. Vzorky bezhalogénových káblov ale dosahovali lepšie absolútne hodnoty meraných vlastností v porovnaní s PVC káblami a to najmä vzorka s XLPE izoláciou. Testy na zostavenom prototype experimentálnej aparatury na testovanie napäťovej odolnosti žíl káblov pri zvýšenej teplote preukázali vyššiu odolnosť voči kombinovanému namáhaniu pri žilách s bezhalogénovou izoláciou v porovnaní so vzorkami žíl z PVC zmesí. Tieto výsledky významne preferujú káble s bezhalogénovými izoláciami z hľadiska lepšej odolnosti voči zvýšeným prevádzkovým teplotám, ktoré môžu byť spôsobené krátkymi úsekmi s rôznou tepelnou vodivosťou pozdĺž kábluovej trasy. Možné dosahované teploty káblov v bežných stavebných materiáloch boli v rámci projektu testované na zostavenom meracom pracovisku na FEI STU. V rámci testovania materiálov boli hodnotené materiály na izolácie a plášte káblov káblov v rámci simulácie prostredí jadrových elektrární. Bolo potvrdené, že aj v tomto prípade kombinácia nedovoleného torzného namáhania a zvýšenej lokálnej teploty môže viesť časom k poškodeniu káblov. Toto sa aj v praxi potvrdilo vadami na materiáloch káblov nainštalovaných v reálnom prostredí. Z toho dôvodu bol vypracovaný manuál pre inštaláciu káblov s novými materiálmi so zdôraznením rizík pri inštalácii, ktoré by časom mohli viesť k poškodeniu káblov. Taktiež vznikli odporúčenia pre prípady, kde sa nedá vyhnúť predpisom výrobcu ohľadom UV ochrany, polomeru ohybu a lokálne zvýšenej teploty a hlavne ich kombinácie, aby v takomto prípade boli inštalované káble s pridanými UV stabilizátormi a sieťovanými izolačnými a plášťovými materiálmi, ktoré vykazujú vyššiu odolnosť aj proti takýmto faktorom.

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

As a part of the project, VUKI, a.s. and FEI STU tested and compared original types of cables with cables that meet strict environmental requirements following the introduction of

EU regulations (RoHS, REACH). The results of thermo-oxidative accelerated aging conducted at VUKI, a.s. slightly favor new cable designs in halogen-free versions (HFFR), based on the monitored mechanical properties according to STN EN 60811-501 and measurements of the insulation resistance of the wires. On the other hand, measurements of the tested cable samples after natural 2-year aging (placed in parallel on the roof of VUKI, a.s. and the roof of FEI STU) showed a significant decrease in mechanical properties for current halogen-free cable designs with the prescribed orange color without UV stabilization. Measurements of selected dielectric properties after natural aging and subsequent additional load tests carried out at FEI STU indicate the stability of properties for all measured cable samples. However, the halogen-free cable samples achieved better absolute values of the measured properties compared to PVC cables, especially the sample with XLPE insulation. Tests on the assembled prototype of the experimental apparatus for testing the voltage resistance of cable cores at elevated temperatures showed higher resistance to combined stress in cores with halogen-free insulation compared to cores made from PVC mixtures. These results significantly favor cables with halogen-free insulation in terms of better resistance to elevated operating temperatures that can be caused by short sections with different thermal conductivity along the cable route. The possible temperatures reached by cables in common building materials were tested as part of the project at the set-up measuring station at FEI STU. Within the framework of materials testing, materials for the insulation and sheaths of cables were evaluated as part of a simulation of nuclear power plant environments. It was confirmed that even in this case, the combination of impermissible torsional stress and increased local temperature can lead to cable damage over time. This has also been confirmed in practice by defects in cable materials installed in real environments. For this reason, a manual was developed for the installation of cables with new materials, emphasizing the risks during installation, which could lead to cable damage over time. Recommendations were also made for cases where it is impossible to avoid the manufacturer's regulations regarding UV protection, bending radius, and locally increased temperature, especially their combination. In such cases, cables with added UV stabilizers and cross-linked insulating and sheathing materials, which show higher resistance even against these factors, are recommended.