

REALIZÁCIA SCADA SYSTÉMU AKO PODPORNÉHO NÁSTROJA PRE NÁVRH METODIKY ZISŤOVANIA ZOSTATKOVÉHO VÝKONU VYHORENÉHO JADROVÉHO PALIVA

SCADA SYSTEM DEVELOPMENT AS A SUPPORTIVE TOOL FOR THE MEASURING OF RESIDUAL POWER OF BURNED - OUT NUCLEAR FUEL

Michal KOPČEK, Andrej ELIÁŠ

Autori: Ing. Michal Kopček, Ing. Andrej Eliáš
Pracovisko: Ústav aplikovanej informatiky, automatizácie a matematiky
Materiálovotechnologická fakulta v Trnave
Slovenská technická univerzita v Bratislave
Adresa: Hajdóczyho 1, 917 24 Trnava
Tel.: +421 33 544 77 34
E-mail: michal.kopcek@stuba.sk, andrej.elias@stuba.sk

Abstract

Pri preprave vyhoreného jadrového paliva (VJP) je nutné sledovať niekoľko fyzikálnych veličín napr. gama žiarenie, počet voľných neutrónov atď. Na určenie ich hodnoty existujú rôzne metódy. Najväčším problémom je určenie hodnoty zostatkového výkonu VJP, pretože existujúce metódy vykazujú vysokú nepresnosť. Z tohto dôvodu vznikla potreba vypracovať metodiku merania zostatkového výkonu VJP.

During the transportation of the burned out nuclear fuel (BNF) is necessary to monitor some physical variables e.g. radiation, quantity of free neutrons etc. Various methods are used for evaluating their values of quantity. The biggest problem is to evaluate the quantity of residual power of the BNF, because available methods are very inaccurate. Therefore a new methodics for measuring the residual power of BNF is needed.

Key words

zostatkový výkon, jadrové palivo, prepravný kontajner

residual power, nuclear fuel, freight container

Úvod

V medzinárodných ([1], [2]) a slovenských legislatívnych dokumentoch ([3], [4] a [5]) sú pre GovCo, a.s., Jaslovské Bohunice stanovené podmienky pre používanie kontajnerov

vyhoreného jadrového paliva (VJP). Sú definované parametre, ktoré je potrebné pri používanom type kontajnerov VJP sledovať a preukázateľne dokladovať. Limitné a bezpečnostné parametre sú stanovené a dokladované analýzami a výpočtami. Použité postupy, metódy a programy sú schválené kompetentnými inštitúciami. Snahou prevádzkovateľa prepravných zariadení (PZ) na základe dokumentov [1] až [5] a ďalej rozhodnutia ÚJD SR č. 123/2004, ktorým schválil typ prepravného zariadenia – obalový súbor C-30 na prepravu vyhoreného jadrového paliva z reaktorov VVTR 440 ako zásielku typu B(U) v podmienkach výlučného použitia, je okrem iného z pohľadu bezpečnosti verifikovať prevádzky týchto zariadení analýzami a výpočtami rozhodujúce parametre a správnosť výpočtov kontajnerov VJP experimentálnymi meraniami. Jedná sa o:

- dávkový príkon gama,
- dávkový príkon neutrónov,
- zostatkový výkon,
- vývin vodíka,
- povrchovú teplotu,
- tesnosť,
- tieniacu schopnosť.

Niektoré uvedené parametre je možné preukázať priamymi meraniami (napr. dávkový príkon gama, dávkový príkon neutrónov, a pod.). Zúčastnené organizácie v projekte (VUJE, a.s., MTF STU) a GovCo, a.s. sú nositeľmi know-how príslušných postupov.

Cieľom projektu je overenie presnosti realizovaných výpočtových programov a získanie reálnych údajov zostatkového výkonu VJP prepravovaného v kontajneroch. Zostatkový výkon sa v súčasnosti celosvetovo štandardne určuje teoretickým jadrovo-fyzikálnym výpočtom. Aby bolo možné získanú vypočítanú hodnotu verifikovať, je potrebné zostatkový výkon preukázať experimentálnym meraním a vyhodnotením výsledkov z nameraných veličín. Popísané riešenie považujeme za nové a originálne nielen v rámci SR, ale aj na medzinárodnej úrovni.

Tento príspevok popisuje návrh podporného SCADA systému, ktorého úlohou je simulovať VJP s určitou vopred stanovenou hodnotou zostatkového výkonu a zozbierať relevantné dáta pre potreby ďalšieho spracovania (tvorba a verifikácia matematického modelu systému atď.).

Návrh hardvéru pre meranie a zber dát

Za účelom merania zvyškového výkonu jadrového paliva v kontajneri C30 sa počíta s využitím 100kusov snímačov teploty (odporových článkov typu PT100). Tieto snímače budú systematicky umiestnené na vonkajšom plášti kontajnera podľa vopred stanoveného obrazca rozloženia.

Za účelom minimalizovania chýb merania, boli na zber dát zvolené moduly ADAM 4015 od spoločnosti ADVANTECH. Moduly rady ADAM 4000 (vid'. obr. 1) umožňujú vytvorenie distribuovaného systému na zber dát a riadenie. Komunikácia modulov s nadradeným systémom je realizovaná priemyselnou zbernicou EIA-485. Moduly podporujú štandardný ModBus protokol, alebo ASCII príkazy. Každý modul ADAM 4015 umožňuje pripojenie šiestich odporových snímačov teploty. Snímače môžu byť pripojené dvoj-, troj- i štvorvodičovým spojením. Moduly ADAM 4015 používajú 16-bitový A/D prevodník a dosahovaná presnosť je $\pm 0,1\%$. Moduly vyžadujú jednosmerné napájacie napätie v rozsahu 10V-30V (nie je potrebná stabilizácia). Príkon jedného modulu je približne 1.2W. Rozsah pracovných teplôt modulov je -10 °C až +70 °C.



Obr. 1. Moduly ADAM radu 4000 fy. ADVANTECH

Keďže na jeden modul je možné pripojiť 6 snímačov teploty, na plánovaných 100 ks snímačov, bude potrebných 17 modulov ADAM 4015. Troj- prípadne štvorvodičové pripojenie snímačov umožňuje kompenzovať nepresnosti spôsobené dlhšou kabelážou. Dĺžka spojovacích káblov medzi jednotlivými snímačmi a prislúchajúcimi modulmi bude minimalizovaná vďaka strategickému rozmiestneniu modulov v priestore okolo kontajnera. Táto skutočnosť by mala v maximálnej možnej miere odstrániť nežiaduce šumy superponované na meranú veličinu.

Návrh hardvéru pre riadenie výkonu vykurovacích telies

Pre reguláciu výkonu budú použité tyristorové jednotky CD3000M od spoločnosti CD Automation. Tieto jednotky taktiež umožňujú komunikáciu a riadenie prostredníctvom zbernice EIA-485 a podporujú priemyselný komunikačný protokol ModBus. Vďaka tomu je možné ich pripojenie na sieť EIA-485 s modulmi ADAM a ich bezkonfliktná komunikácia.

Tyristorové jednotky CD3000M (vid'. Obr. 2) sú schopné spínať prúdy v pomerne širokom rozsahu od 15A do 110A, čiže poskytujú dostatočné spektrum riadenia výkonu. Taktiež ponúkajú niekoľko spínacích režimov. Vzhľadom na to, že sa v našom prípade jedná o riadenie výkonu rádovo v desiatkach kW, rozhodli sme sa pre našu potrebu využiť režim spínania v nule, aby sme tak minimalizovali prúdové rázy a interferencie v systéme (tyristorová jednotka v tomto režime pracuje ako spínač riadený dvojhodnotovou logikou, pričom ku spínaniu dochádza pri nulovej hodnote napájacieho napätia).

Aby sme dosiahli požadované výsledky budú použité tri tyristorové jednotky, pričom každá bude mať pripojené štyri odporové topné telesá, každé o výkone cca. 2kW. Topné telesá budú umiestnené v kontajneri podľa vopred stanovených kritérií a bude možné riadiť

výkon každej skupiny samostatne, čím dostaneme vyššiu variabilitu experimentov (pretože zostatkový výkon palivových tyčí VJP nemusí byť rovnaký). Samotný kontajner bude samozrejme naplnený rovnakou náplňou ako pri preprave VJP a rovnako uzatvorený, aby výsledky experimentov v čo možno najväčšej miere prezentovali reálny stav.

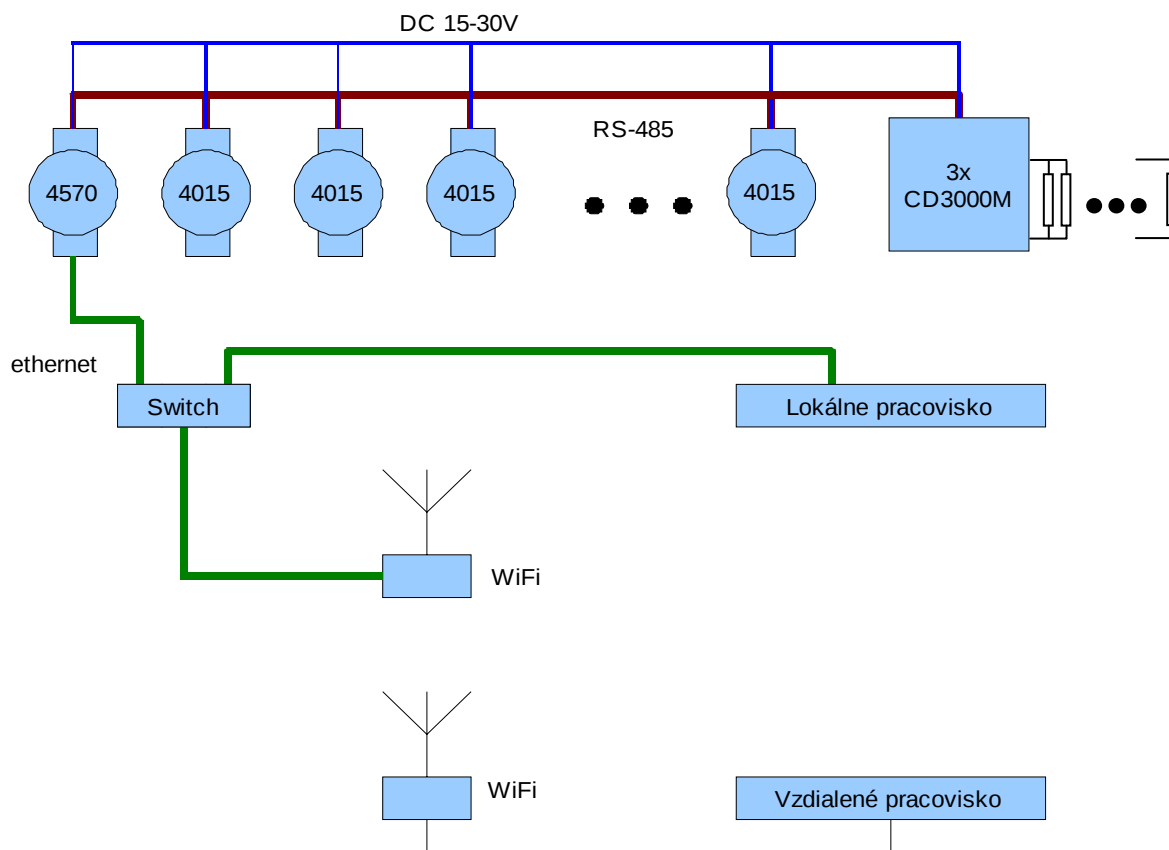


Obr. 2. Tyristorová jednotka CD3000M

Topológia podporného systému

Na pripojenie riadiaceho počítača k meracím modulom, bude potrebné použiť gateway modul ADAM 4570, ktorý realizuje prevod medzi sieťovým rozhraním (ethernet) a priemyselnou zbernicou EIA-485. Takéto riešenie umožní jednoduché pripojenie riadiaceho počítača a umožní taktiež vybudovanie sekundárneho riadiaceho pracoviska. Využitie siete ethernet umožní vytvorenie bezdrôtového (mikrovlnného) spojenia so vzdialeným riadiacim systémom. Na úrovni siete ethernet bude systém využívať komunikáciu prostredníctvom protokolu TCP/IP a na úrovni priemyselnej zbernice EIA-485 bude využitý komunikačný protokol ModBus, pretože je rovnako podporovaný modulmi ADAM ako aj tyristorovými jednotkami CD3000M. Principiálna schéma prepojenia zariadení je na obr. 3.

Pre realizáciu prepojenia zbernicou EIA-485 je potrebná dvojvodičová kabeláž so zakrútenými vodičmi – tzv. krútená dvojlinka. Taktiež je potrebné ku každému modulu zabezpečiť prívod napájania.



Obr. 3. Principiálna schéma topológie podporného systému na riadenie experimentov

Ideový návrh softvéru na riadenie priebehu experimentov

Našou úlohou je taktiež realizovať „na mieru šitý“ SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) systém, ktorý bude schopný:

- riadiť priebeh experimentu počas ohrievania kontajnera pomocou odporových topných telies (procesnou aj radiacou veličinou je v tomto prípade elektrický výkon, meranou a teda neznámou veličinou je teplota na povrchu kontajnera)
- zároveň bude vhodným spôsobom ukladať hodnoty nameraných teplôt s vopred stanovenou periódou vzorkovania (vzhľadom na dynamiku meranej sústavy) a to:
 - počas experimentov s riadeným ohrevom,
 - ako aj počas experimentov s VJP,
- vizualizovať namerané hodnoty zo snímačov vo forme tabuľky,
- vizualizovať namerané hodnoty vo forme grafu,
- ukladať namerané hodnoty do databázového archívu,
- exportovať namerané hodnoty pre ďalšie výpočty a spracovanie napr. v tabuľkovom procesore,
- exportovať historické hodnoty podľa zadaného dátumu a času.

Aby sme v maximálnej možnej miere eliminovali chyby merania, bude vždy po dobu merania vypnuté napájanie ohrevu, čím odstránime vplyv elektromagnetického žiarenia z topných telies na meracie odporové články. Vypnutie napájania ohrevu pred meraním a následné zapnutie po meraní zabezpečí softvér automaticky. Vzhľadom na dynamiku celého systému a predpokladané vysoké časové konštanty (jedná sa o tepelnú sústavu s veľkou zotrvačnosťou) neočakávame vplyv takéhoto krátkodobého odstavenia ohrevu na výsledky experimentu.

Riadiaci softvér bude vyvinutý pre spustenie a prevádzku v prostredí operačného systému MS Windows XP a vyššie. Komunikácia s modulmi na zber údajov bude realizovaná prostredníctvom virtuálneho sériového portu, ktorý bude všetky požiadavky a odpovede smerovať na modul ADAM 4570.

Záver

Hlavným cieľom projektu je návrh novej metodiky určovania zostatkového výkonu VJP v kontajneroch. Metodika bude slúžiť ako experimentálny spôsob určovania tohto parametra k teoretickému jadrový-fyzikálnemu výpočtu z výkonových pomerov, čím by bola aplikovaná požiadavka praxe na jeho verifikáciu.

Účelom tejto publikácie bolo oboznámiť čitateľa s návrhom komplexného SCADA systému, ktorý má byť vhodným nástrojom pre podporu tvorby novej metodiky určovania zostatkového výkonu VJP. Popísaný systém má za úlohu čo najviac zjednodušiť riadenie priebehu experimentov, zabezpečiť ich variabilitu a opakovateľnosť a vhodným spôsobom pripraviť namerané dáta pre ďalšie spracovanie.

Tento príspevok je súčasťou projektu č. APVV-0308-07.

Zoznam bibliografických odkazov:

- [1] The IAEA Safety Standards Series TS-R-1.
- [2] Regulations for the Safe transport of Radioactive Material, Safety Standards Series no. ST-1 IAEA, Vienna 1996.
- [3] Zákon o mierovom využívaní jadrovej energie a o zmene a doplnení niektorých zákonov č.541/2004 Z.z. (Atómový zákon).
- [4] Vyhláška ÚJD SR č. 57/2006, ktorou sa ustanovujú podrobnosti o požiadavkách pri preprave rádioaktívnych materiálov.
- [5] Vyhláška MZ SR č.12/2001 Z.z. O požiadavkách na zabezpečenie radiačnej ochrany.