УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
РУДАРСКО-ГЕОЛОШКИ ФАКУЛТЕТ
БЕОГРАД, Ђушина 7
ПРИМЉЕНО: 08. 12. 2015
Орг. јед. | Број | Прилог | Вредност
3200

Наставно-научно веће Рударско-геолошког факултета
Наставно-научно веће Рударског одсека

Предмет: Предлог за усвајање техничког решења категорије М84 (битно побољшан производ)

Назив: САТЕЛИТСКИ ПОДРЖАН СИСТЕМ ДАЉИНСКОГ НАДЗОРА У РЕАЛНОМ ВРЕМЕНУ МАШИНА У ПОВРШИНСКОЈ ЕКСПЛОАТАЦИЈИ

Техничко решење је развијено у оквиру низа пројеката реализованих на Катедри за примењено рачунарство и системско инжењерство Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду: „Пројекта изградње сателитског система даљинског надзора у реалном времену машина на површинском копу Велики Кривељ“, „Пројекта изградње сателитског система даљинског надзора у реалном времену машина површинских копова Рудника бакра Мајданпек“, „Идејног пројекта развоја и изградње рачунарског надзорно-управљачког система површинског копа угља Богутово село и „Пројекта диспечерско-управљачког система рудника Суводол, ПЈС и Брод Гнеотино. Инвеститори и корисници резултата пројеката били су РТБ Бор група, Рудници бакра Бор д.о.о., Рудник и термоелектрана Угљевик, Електрани на Македонија и Потисје Кањижа из Кањиже. Пројекти су реализовани у периоду 2005-2012.

Носилац развоја решења: Универзитет у Београду, Рударско-геолошки факултет

Руководилац пројеката: Проф. др Слободан Вујић

Рецензенти:
1. Др Дејан Ивезић, редовни професор, Универзитет у Београду, Рударско-геолошки факултет
2. Др Душан Старчевић, редовни професор, Универзитет у Београду, Факултет организационих наука

Аутори: Слободан Вујић, Игор Миљановић, Александар Милутиновић

Корисници решења: РТБ Бор, Рудник и термоелектрана Угљевик, Електрани на Македонија, Потисје Кањижа

Београд, 08.12.2015.

проф. др Игор Миљановић

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
РУДАРСКО-ГЕОЛОШКИ ФАКУЛТЕТ

Техничко решење: Сателитски подржан систем даљинског надзора у реалном времену машина у површинској експлоатацији

Београд, 2015

Врста техничког решења	Битно побољшани постојећи производ или технологија (М84)
Аутори техничког решења	Слободан Вујић, Игор Миљановић, Александар Милутиновић
Назив техничког решења	Сателитски подржан систем даљинског надзора у реалном времену машина у површинској експлоатацији
Корисници техничког решења	РТБ Бор, Рудник и термоелектрана Угљевик, Електрани на Македонија, Потисје Кањижа
Година израде техничког решења	2012
Верификација резултата	Рецензенти: проф. др Душан Старчевић проф. др Дејан Ивезић
НИО која прихвата техничко решење	Универзитет у Београду, Рударско-геолошки факултет
Области примене резултата	Рударство, информациони системи

ОБЛАСТ ТЕХНИЧКОГ РЕШЕЊА

Техничко решење односи се на надзорно-управљачки систем на површинским коповима у оквиру кога се на основу обележја реалног система, уз уважавање производне, техничко-технолошке, организационе, надзорне, управљачке, тржишно-економске, пословне, логистичке, геолошке, еколошке и друге чиниоце, поставља савремено, функционално и рационално решење надзорно-управљачког система, телеметријски подржано сателитском надзорном технологијом и базирано на CIM (Computer Integrated Manufacturing) концепцији.

ОПИС ПРОБЛЕМА

Делатност типичног површинског копа обухвата производњу полиметаличне руде, неметаличне или енергетске минералне сировине (угља). Према организацији и ентитетској структури, анализа дистрибуираности функција циљног производног процеса, идентификује се 9 производно-технолошких и техничких целина (подсистема):

1. Откопавање - утовар - транспорт - дробљење - транспорт - одлагање јаловине;
2. Откопавање - утовар - транспорт - примарно дробљење - транспорт - депоновање руде (→ПМС);
3. Помоћни радови;
4. Одводњавање површинског копа;
5. Електро и машинско одржавање;
6. Снабдевање енергентима (деривати нафте и ел. енергија);
7. Складиштење (магацин) резервних делова;
8. Складиштење (магацин) експлозива и експлозивних средстава;
9. Остали пратећи процеси;

СТАЊЕ РЕШЕНОСТИ ПРОБЛЕМА У СВЕТУ

Захваљујући убрзаном развоју технологије са аспекта стандардизације, минијатуризације и потребама повећања ефикасности реализованих решења у рударству и индустрији уопште, последњих година је приметан тренд пораста броја решења која подразумевају интеграцију рачунарски подржаних технологија у производне и помоћне токове на површинским коповима.

У свету се у том циљу примењују разнородни информационо и надзорно-управљачки системи који су у литератури описани у обиму који омогућава извођење одређених закључака у вези са увођењем оваквих система у површинској експлоатацији:

- Примена ГПС у рудничким производним системима још увек је, упркос динамичном развоју технологије, у почетној фази, са релативно малим бројем имплементираних решења;
- Ниво интегрисаности ГПС у решења надзорно-управљачких и уопште информационо-управљачких система у свету је сразмерно низак, као последица степена развијености рачунарски подржаних система у површинској експлоатацији;
- Могућност скалирања и примене решења са површинских копова великих капацитета је ограничена, обзиром на ниво потребних улагања у односу на капацитете површинских копова у Србији.

На основу анализе стања у предметној области и овде изнетих ставова се између осталог дошло до сазнања о потреби развоја свеобухватног, интегрисаног решења надзорно-управљачког система на површинским коповима.

СУШТИНА ТЕХНИЧКОГ РЕШЕЊА

Функционална структура, техничко-технолошке потребе реалног система површинских копова, циљеви и задаци успостављања сателитски подржаног система даљинског надзора у реалном времену машина на површинском копу, опредељујуће утичу на избор архитектуре надзорног система са централизованом вишеслојном хијерархијском структуром.

Централизованост подразумева, целовитост, интегрисаност, конзистентност сегмента, технолошку дисциплину и дефинисану одговорност. У информационо-управљачком смислу, централизованост треба да рудничким руководним структурама обезбеди ефикасну и ефективну контролу производних и других процеса на површинском копу.

Селективност подразумева филтрацију података и информација, према важности, значају и хијерархијској намени у структури надзорног система.

Надзорно-управљачки систем површинског копа конципиран је као вишеслојни дистрибуирани систем са шестостепеном хијерархијском структуром.

ДЕТАЉАН ОПИС ТЕХНИЧКОГ РЕШЕЊА

Полазећи од заједничких обележја машина и задатака сателитског даљинског надзора машинског комплекса, структурном анализом идентификовани су као неопходни за функционални надзор машина појединачно и комплекса у целини, следећи подаци:

- Динамичка позиција машине у простору и времену (ГПС мерење у реалном времену: x, y, z, t);
- Радни статус машине (U/I);
- Учинак машине (мерење у реалном времену);
- Потрошња горива (мерење у реалном времену нивоа горива у резервоару);

На основу ових података добијених мерењима у реалном времену, одговарајућим израчунавањима могуће је добити низ изведених податка:

- брзина кретања машине;
- трајекторија кретања машине;
- број радних циклуса машине;
- трајање циклуса;
- периодично и укупно време рада;
- пређено растојање у оквиру једног циклуса;
- пређено укупно (кумулативно) растојање;
- трајање застоја током рада;
- укупни застоји;
- учесталост застоја;
- режим рада машине (убрзање, успорење, интермитираност, ...)
- учинак машине;

- празни ходови;
- специфична потрошња нафте и др.

Надзорно-управљачки систем (НУС) површинског копа као интегрисани шестостепени дистрибуирани сателитски подржан систем даљинског надзора и управљања (Табела 1), чини пет физичких сегмената: *космички, мерно-извршни, видео-надзорни, комуникациони и рачунарски.*

Космички сегмент ГПС-а, чини 24 сателита (3 до 4 у резерви) са ознаком НАВСТАР. По четири сателита у 6 орбиталних равни на удаљености од Земље 20.200 (км). Орбитални период сателита је 11 (х). Систем је пројектован тако да у сваком тренутку постоје најмање 4 сателита изнад хоризонта при чему број видљивих сателита зависи од конфигурације терена. Сваки сателит континуално, брзином 50 (бита/с), емитује електромагнетним (радио) таласима поруке на основу којих ГПС пријемници одређују просторну позицију (x, y, z, t). Управљачки сегмент система чине 4 контролне и 1 управљачка станица на Земљи у Колорадо Спрингсу, команде из ове станице упућују се НАВСТАР сателитима преко два геостационарна сателита у орбити на висини од 36.000. Коришћење ГПС сигнала је бесплатно.

Мерно-извршни сегмент, чине сензори, давачи и мерни уређаји као извори података и информација о производним (техничким и технолошким) и другим надзираним процесима на површинском копу. Извршни уређаји, актуатори, ограничавачи, заштите од прекорачења и слично, на дробиличним постројењима и транспортерима са траком омогућавају повратна управљачка деловања. Капиталним и помоћним машинама управљају руковаоци, дакле они обављају функцију „извршних уређаја".

Видео-надзорни сегмент чине фиксне и даљински управљане камере и друга опрема, за видео надзирање дробиличних постројења, транспортера са тракама, магацина, станице за деривате нафте, паркинга тешких возила и површинског копа.

Комуникациони сегмент повезује ентитете НУС-а и омогућава комуникација између I, III, IV, V и VI хијерархијског нивоа. Чине га средства бежичних (радио) и кабловских оптичких веза.

Рачунарски сегмент спаја надзорне и управљачке функције у НУ систему, односно обезбеђује аквизицију, обраду и архивирање података и информација о реалном систему, анализу информација, закључивање, доношење управљачких одлука и повратна управљачка деловање на контролисане процесе на површинском копу.

Табела 1. Хијерархијски нивои надзорно-управљачког система.

Ниво	Функција нивоа	Функционални опис нивоа	Позиција у реалном систему
I	Мерење, аквизиција и извршно управљање	Мерења, праћење процесних токова, аквизиција података из процеса, и извршна управљачка деловања на процесе. Видео надзор, противпожарна и противпровална дојава.	Опрема, машине, објекти.
II	Комуникациона интеграција ентитета реалног система	Повезивање (умрежавање) ентитета реалног система у јединствен комуникациони амбијент.	Надзирани ентитети реалног система и сви нивои надзорно-управљачког система.

Ниво	Функција нивоа	Функционални опис нивоа	Позиција у реалном систему
III	Извршни надзор реалног система (SCADA)	Централна тачка обједињеног даљинског надзора процеса, повратног извршног управљачког деловања, видеонадзора, противпожарне и противпровалне заштите.	Диспечерски (командни) центар.
IV	Оперативно-извршни менаџмент	Праћење процеса, анализа и доношење извршних одлука.	Управник површинског копа са техничким руководиоцима радних целина.
V	Стручни надзор реалног система	Надгледање и анализа догађања у реалном систему, доношење закључака и предлога корективних мера. Припремање извештаја за IV и VI ниво.	Стручне службе површинског копа и рудника.
VI	Централни менаџмент	Централни ниво надзора и одлучивања.	Директор рудника и централни менаџмент.

На сликама 1, 2 и 3 приказане су, редом, хијерархијска структура НУС, топологија НУС и топологија видео-надзорног система.

Слика 1. Хијерархијска структура надзорно-управљачког система површинског копа.

Слика 2. Топологија надзорно-управљачког система.

Слика 3. Топологија видео надзорног система.

МОГУЋНОСТИ ПРИМЕНЕ

Основна намена сателитски подржаног робусног система надзора и управљања рудничким комплексом површинског копа, као и ефекти који се успостављањем система постижу, односе се на:

- Надзор машина и опреме (превенција испада, кварова и хаварија, рационализација режима одржавања, спречавање граничних и инцидентних ситуација у раду машина, знатно смањење отказа и оштећења, продужење експлоатационог века машина, смањење трошкова одржавања и ремонта);
- Контролу процеса (индикација кризних и инцидентних режима рада);
- Управљање процесом (регулација рада машина и опреме, и управљање процесним параметрима);
- Функционалност и поузданост машина и опреме (оптимизација експлоатационих параметара);
- Ефикасност технолошког процеса (технолошки процес вођен по задатом режиму);
- Ефикасност доношења управљачких одлука (правовременост и стручна утемељеност);
- Економичност коришћења расположивих ресурса (управљачки одзив на промене услова рада);
- Минимизацију субјективне улога људског фактора, посебно у условима изненадних и критичних поремећаја рада опреме и машина;
- Позитивну побуду и мотивација кадрова (Обука, развој, школовање);
- Безбедност рада (Смањење ометајућег утицаја атмосферских прилика, смањена видљивост, снег, киша,...);

Широка је лепеза корисних квалитативних и квантитативних ефеката од система надзора и управљања на техничком, технолошком, економском, кадровском и ширем друштвеном плану.

Резултујући кључни ефекти су побољшање ефикасности, продуктивности и економичности производног процеса, што већ кроз директне уштеде у кратком року отплаћује инвестицију у НУС.

Од посебног су значаја *индиректни ефекти* (повећавање радне дисциплине, одговорности, односа према раду и радним задацима, ...) од увођења рачунарског система надзора и управљања у процес производње. Увођење система надзора и управљања доводи до раста мотивације запослених за рад и развој, због предности које систем пружа у извршавању радних задатака, руковању савременом технологијом и оспособљавању за самостални развој апликативних решења и сл.;

Експлоатација система надзора и управљања *директно и индиректно утиче* на стварање објективних техничких услова и акумулирање знања и искуства за даљи развој система ангажовањем сопствених кадрова и ширење подручја примене система, а тиме и даљи раст позитивних ефеката иницијалне инвестиције.

Решење је примењено у оквиру система РТБ Бор групе д.о.о. – на површинским коповима Велики Кривељ, Бор и површинским коповима Северни и Јужни ревир Рудника бакра Мајданпек, у оквиру система Рудник и термоелектрана Угљевик на површинском копу Богутово село, на површинским копу Суводол – подинска угљена серија који функционише у систему Електрана Македоније и на површинском копу Мајдан III Потисје Кањижа у Кањижи.

Могућности примене нису ограничени на површинске копове поменутих система, обзиром да решење испуњава критеријуме модуларности и адаптивности. Од нарочитог је значаја

могућност проширења области примене и на површинске копове других минералних сировина: опекарских сировина, угља итд.

ЗАКЉУЧАК

Решење је прилагођено реалним, односно техничко-технолошким и производним функцијама површинског копа интеграцијом производних, логистичких и техничких функција реалног система, уз уважавање специфичности ентитета и јединства информационог амбијента. Предложено техничко решење задовољава критеријуме: савремености, поузданости, флексибилности, модуларности и адаптивности на хардверском, софтверском и функционалном нивоу.

Интеграцијом постојећих система са сегментима надзорно-управљачког система реализован је мултидисциплинарни радни оквир за ефикасно извршавање производних и помоћних задатака и активности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вујић С., Технички пројекат видео подсистема информационо-управљачког система површинског копа „Мајдан III", Потисје Кањижа а.д., 2005.
2. Вујић, С., Технички пројекат продужења етажних транспортера ЕТ-1 и ЕТ-2 на површинском копу глине „Мајдан III", Потисје Кањижа а.д., 2005
3. Вујић С., *Идејни пројекат развоја и изградње рачунарског надзорно-управљачког система површинског копа угља „Богутово село"*, рудник и термоелектрана Угљевик, а.д. Угљевик, 2006.
4. Вујић С., *Главни рударски пројекат отварања и експлоатације угља подинске угљене серије - Рудник Суводол*, *Пројекат диспечерско-управљачког система рудника „Суводол", „ПЈС" и „Брод Гнеотино",* Књига X, АД Електрани на Македонија, 2009., (102 стр.), пројектант
5. Вујић С., *Развој, ГПС подржаног, система за надзор и праћење енергетских и технолошких параметара у површинској експлоатацији и сличним привредно-технолошким целинама; Национални програм енергетске ефикасности*, Пројекат ЕЕ 232009, Министарство науке и заштите животне средине Р. Србије, 2005-2008., (Извештај 178 стр.).
6. Вујић С., *Пројекат изградње сателитског система даљинског надзора у реалном времену машина површинских копова Рудника бакра Мајданпек*, РТБ Бор, (85 стр.), 2012.
7. Вујић С., *Пројекат изградње сателитског система даљинског надзора у реалном времену машина на површинском копу Велики Кривељ*, РТБ Бор, (87 стр.), 2012.
8. Вујић С., *Аутоматизација и управљање процесима у рударству: Рачунарски подржани системи даљинског надзора и управљања у реалном времену*, Академија инжењерских наука Србије, Рударско-геолошки факултет Универзитета у Београду, (354 стр.), ИСБН 86-87379-06-0.
9. Aryee B., Afenu R., Amoako P., Awuah P., Boamah K., Barth A., Barth A., Berndt T., Schmidt F., Planning and implementation of the information management system of the mining sector of Ghana, Promoting Land Administration and Good Governance, 5th FIG Regional Conference, March 8-11, 2006. (1-14).
10. Burger D. J., Integration of the mining plan in a mining automation system using state-of-the-art technology at de beers finsch mine, The Journal of The South African Institute of Mining and Metallurgy, Vol. 106, 2006., (553-559).
11. Bailey D., Wright E., Practical SCADA for industry, Elsevier, 2003., (298 p.).
12. Bakhrankova K., Decision support system for continuous production, Industrial Management & Data Systems, Vol. 110, No. 4, 2010, (591-610).
13. Bandyopadhyay L. K., Chaulya S.K., Mishra P. K., Choure A., Baveja B. M., Wireless information and safety system for mines, Journal of Scientific & Industrial Research, Vol. 68, 2009, (107-117).
14. Bond J., Kim D., Chrzanowski A., Szostak-Chrzanowski A., Development of a fully automated, gps monitoring system for disaster prevention and emergency preparedness: PPMS, Sensors 2007, Vol. 7, (1028-1046).
15. Oz E., Management information systems, Sixth Edition, Thomson Course Technology, 2009, (36 p.).

Рецензија техничког решења
„Сателитски подржан систем даљинског надзора у реалном времену машина у површинској експлоатацији металичних минералних сировина“

Категорија

М84

У постојећим тешким економским околностима, рударска индустрија Србије је у знатној мери изгубила способност апсорпције научних и техничких новина. Дугогодишњи застој инвестиција у рударству је оставио дубоке трагове на опреми и машинама што је значајан део опреме и машина учинио неадекватним за имплементацију савремених рачунарски подржаних информационо-управљачких технологија.

Ипак, захваљујући интензивном научно-истраживачком раду и спрези инжењерске визије са практичним, реалним проблемима површинске експлоатације, у прилици смо да на пољу развоја сателитски подржаних система испратимо светске трендове и укључимо процес интеграције рачунарски подржаних технологија у производне и помоћне токове на површинским коповима

Предметно техничко решење, развијено на Катедри за примењено рачунарство и системско инжењерство Рударско-геолошког факултета представља свеобухватно решење за формирање надзорно-управљачког система које интегрише позициону - сателитску компоненту, рачунарску и компоненту видео надзора у јединствен систем за подршку производњи.

Предложени систем подразумева вишеслојну дистрибуирану концепцију, са шестостепеном хијерархијском структуром чиме је омогућена хоризонтална и вертикална интеграција по свим производним нивоима, али и свим нивоима одлучивања, те на тај начин систем у функционалном смислу представља и систем за подршку одлучивању.

Систем је заснован на најновијим технологијама и светским трендовима и представља актуелно решење које се кроз примену и реализацију редовно доказује. Са задовољством препоручујем да се предметно техничко решење усвоји.

У Београду 01.12.2015.

проф. др Дејан Ивезић

RECENZIJA TEHNIČKOG REŠENJA
Satelitski podržan sistem daljinskog nadzora u realnom vremenu mašina u površinskoj eksploataciji metaličnih mineralnih sirovina

Tehničko rešenje „Satelitski podržan sistem daljinskog nadzora u realnom vremenu mašina u površinskoj eksploataciji metaličnih mineralnih sirovina predstavlja plod dugogodišnjeg rada grupe autora pod rukovodstvom prof. dr Slobodana Vujića. Rešenje je razvijeno kroz realizaciju većeg broja naučno-istraživačkih projekata i studija, kao i projekata realizovanih i primenjenih u rudarskoj privredi Srbije.

Tehničko rešenje odnosi se na nadzorno-upravljački sistem na površinskim kopovima metaličnih mineralnih sirovina u okviru koga se na osnovu obeležja realnog sistema postavlja savremeno, funkcionalno i racionalno rešenje nadzorno-upravljačkog sistema. Osnovni zadaci koje pokriva ovako koncipiran nadzorno-upravljački sistem podrazumevaju prikupljanje, arhiviranje, obradu i ažuriranje u realnom vremenu podataka koji su bitni za praćenje funkcionisanja i stanja mašina i opreme, proizvodnje i pratećih procesa, i donošenja pravovremenih i adekvatnih upravljačkih odluka.

Efekti uspostavljanja nadzora mašinskog kompleksa površinskog kopa su višestruki i slojevito pozitivno utiču na efikasnost proizvodnje, smanjenje troškova i postizanje višeg nivoa pouzdanosti i bezbednosti rada. Poseban značaj ovog rešenja ogleda se u realizaciji rešenja na površinskim kopovima RTB Bor kao našeg najvećeg sistema za proizvodnju metalične rude.

Rešenje je prilagođeno realnim, odnosno tehničko-tehnološkim i proizvodnim funkcijama površinskog kopa uz zadovoljenje kriterijuma savremenosti, pouzdanosti, fleksibilnosti, modularnosti i adaptivnosti na hardverskom, softverskom i funkcionalnom nivou. Integracijom postojećih sistema sa segmentima nadzorno-upravljačkog sistema realizovan je multidisciplinarni radni okvir za efikasno izvršavanje proizvodnih i pomoćnih zadataka i aktivnosti.

Preporučujem Nastavno-naučnom Veću Rudarsko-geološkog fakulteta Univerziteta u Beogradu da prihvati ovo Tehničko rešenje pod kategorijom „Bitno poboljšani proizvod ili tehnologija“ (M84).

Beograd,

01.12.2015.

Prof. dr Dušan Starčević