

ДОКУМЕНТАЦИЈА ТЕХНИЧКОГ РЕШЕЊА

Систем за праћење потрошње електричне енергије вишемоторних погона у сложеним технолошким процесима

Аутори техничког решења:

Проф. др Борислав Јефтенић, дипл. инж. електротехнике
Доц. др Милан Бебић, дипл. инж. електротехнике
Доц. др Лепосава Ристић, дипл. инж. електротехнике
др Александар Николић, дипл. инж. електротехнике
Илија Михаиловић, дипл. инж. електротехнике
Драган Јевтић, дипл. инж. електротехнике
Неша Рашић, дипл. инж. електротехнике
Јелена Лазич, мастер инж. електротехнике и рачунарства
Владимир Полужански, мастер инж. електротехнике и рачунарства

Наручилац техничког решења:

Техничко решење је урађено у оквиру пројекта Технолошког Развоја под насловом „Повећање енергетске ефикасности у одабраном индустријском сектору кроз имплементацију система енергетског менаџмента у малим и средњим предузећима“, евиденциони број пројекта ТР 33017.

Корисник техничког решења:

- Фабрика картона Умка д.о.о.
- Фабрика хартије а.д. Београд

Година када је техничко решење урађено

2013.

Област технике на коју се техничко решење односи:

Енергетика, енергетска ефикасност,
ужа област:

Електротехника, електромоторни погони

Категорија техничког решења: Софтвер - М85

ELEKTROTEHNIČKI INSTITUT
„NIKOLA TESLA“
Br. 06/339
12 FEB 2014 200 god.
BEOGRAD

Научно веће Електротехничког Института "Никола Тесла", на седници одржаној 11.02.2014. године, донело је следећу

ОДЛУКУ

Усвајају се извештаји о извршеним рецензијама техничког решења:

„Систем за праћење потрошње електричне енергије вишемоторних погона у сложеним технолошким процесима“

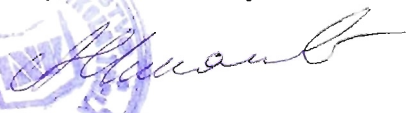
пријављеног у трећој години истраживања на пројекту бр. ТР33017, а које је доступно у електронској форми на адреси:

http://www.pogoni.etf.rs/TR33017/teh_res_3-17-2.pdf

Извештаје су поднели проф. др Небојша Митровић, редовни проф. Електронског факултета Универзитета у Нишу и др Ђура Орос, доцент Факултета техничких наука Универзитета у Новом Саду.

Ова одлука ступа на снагу даном доношења.

12.02.2014. године

Председник Научног већа

Др Александар Николић, научни сарадник

Odlukom Naučnog veća Elektrotehničkog Instituta Nikola Tesla iz Beograda, br. 33 od 13.1.2014. imenovan sam za recenzenta tehničkog rešenja „Sistem za praćenje potrošnje električne energije višemotornih pogona u složenim tehnološkim procesima“, čiji su autori: prof. dr Borislav Jeftenić, dr Milan Bebić, dr Leposava Ristić, dr Aleksandar Nikolić, Ilija Mihailović, Dragan Jevtić, Neša Rašić, Jelena Lazić, i Vladimir Polužanski. Na osnovu pregleda dokumentacije tehničkog rešenja, podnosim sledeći

IZVEŠTAJ

Tehničko rešenje „Sistem za praćenje potrošnje električne energije višemotornih pogona u složenim tehnološkim procesima“ realizovano je 2013. godine. Dokumentacija tehničkog rešenja je na 12 strana formata A4 i sadrži sledeća poglavlja:

1. Opis problema koji se rešava tehničkom rešenjem
2. Stanje rešenosti problema u svetu
3. Objašnjenje suštine tehničkog rešenja
4. Detaljan opis tehničkog rešenja
5. Literaturu

Tehničko rešenje pripada oblasti Energetike, Energetske efikasnosti, uža oblast Elektrotehnika, Elektromotorni pogoni, predložena kategorija tehničkog rešenja je M85 – Softver.

Predloženo tehničko rešenje je primenjeno u Fabrici kartona Umka d.o.o. kod Beograda, i postoji interes Fabrike hartije a.d. iz Beograda za primenu predloženog tehničkog rešenja, uz modifikaciju softvera i primenu na njihovom upravljačko nadzornom sistemu.

Prikazano tehničko rešenje poseduje niz prednosti u odnosu na druge načine realizacije sistema za praćenje potrošnje električne energije višemotornih pogona u složenim tehnološkim procesima. Posebno želim da istaknem prednost u ekonomskom smislu, jer predloženo rešenje praktično ne zahteva nikakvu dodatnu opremu. Celokupan sistem je realizovan korišćenjem hardverskih i softverskih mogućnosti opreme koja već postoji u postrojenju.

Ovakav način realizacije sistema za praćenje potrošnje električne energije višemotornih pogona potpuno je u skladu sa mogućnostima savremene upravljačko nadzorne opreme. Sistem se bazira na maksimalnom iskorišćenju komunikacionih mogućnosti opreme za elektromotorne pogone, pre svega savremenih energetske pretvarača.

Tehničko rešenje „Sistem za praćenje potrošnje električne energije višemotornih pogona u složenim tehnološkim procesima“ ispunjava uslove propisane *Pravilnikom o postupku i načinu vrednovanja i kvantitativnom iskazivanju naučnoistraživačkih rezultata*, kategorija „prototip, nove metode, softver, instrument, nove genske probe, mikroorganizmi i sl.“. Predlažem da se predloženo tehničko rešenje prihvati kao M85 – Softver.



Prof. dr Nebojša Mitrović

Redovni profesor
Katedra za Energetiku
Univerzitet u Nišu Elektronski fakultet

Odlukom Naučnog veća Elektrotehničkog Instituta Nikola Tesla iz Beograda, br. 33 od 13.1.2014. imenovan sam za recenzenta tehničkog rešenja „Sistem za praćenje potrošnje električne energije višemotornih pogona u složenim tehnološkim procesima“, čiji su autori: prof. dr Borislav Jeftenić, dr Milan Bebić, dr Leposava Ristić, dr Aleksandar Nikolić, Ilija Mihailović, Dragan Jevtić, Neša Rašić, Jelena Lazić, i Vladimir Polužanski. Na osnovu pregleda dokumentacije tehničkog rešenja, podnosim sledeći

IZVEŠTAJ

Tehničko rešenje „Sistem za praćenje potrošnje električne energije višemotornih pogona u složenim tehnološkim procesima“ realizovano je 2013. godine. Tehničko rešenje pripada oblasti Energetike, Energetske efikasnosti, uža oblast Elektrotehnika, Elektromotorni pogoni, a predložena kategorija tehničkog rešenja je M85 – Softver. Dokumentacija tehničkog rešenja ima 12 strana i sadrži sledeća poglavlja:

1. Opis problema koji se rešava tehničkom rešenjem
2. Stanje rešenosti problema u svetu
3. Objašnjenje suštine tehničkog rešenja
4. Detaljan opis tehničkog rešenja
5. Literaturu

Predloženo tehničko rešenje je primenjeno u Fabrici kartona Umka d.o.o. kod Beograda, u okviru postojećeg upravljačko nadzornog sistema. Rešenje se može primeniti na različite tehnološke procese kojima je pokretanje obezbeđeno višemotornim pogonom.

Prednosti primene opisnog načina realizacije sistema za praćenje potrošnje električne energije višemotornih pogona koji pokreću složene tehnološke procese su jasno istaknute u odnosu na druga rešenja. Navedeni su i razlozi zbog kojih je opisano rešenje manje primenjivano u svetu.

Osnovna prednost primene predloženog tehničkog rešenja u uslovima privrede Republike Srbije u tome što su potrebna minimalna ulaganja u opremu. Opisani sistem se realizuje softverom upravljačko nadzornog sistema, koji već postoji u praktično svim postrojenjima sa složenim tehnološkim procesima. Primena opisanog sistema za praćenje potrošnje električne energije višemotornih pogona koji pokreću složeni tehnološki proces je moguća i kod višemotornih pogona koji se napajaju iz više razvodnih postrojenja. Grupisanje potrošača prema tehnološkim celinama se takođe jednostavno ostvaruje.

Tehničko rešenje „Sistem za praćenje potrošnje električne energije višemotornih pogona u složenim tehnološkim procesima“ ispunjava uslove propisane *Pravilnikom o postupku i načinu vrednovanja i kvantitativnom iskazivanju naučnoistraživačkih rezultata*, kategorija „prototip, nove metode, softver, instrument, nove genske probe, mikroorganizmi i sl.“. Predlažem da se predloženo tehničko rešenje prihvati u kategoriji M85 – Softver.



dr Đura Oros

Docent

Katedra za energetsku elektroniku i pretvarače,
Departman za energetiku, elektroniku i telekomunikacije
Fakultet tehničkih nauka
Univerzitetu Novom Sadu

1. Опис проблема који се решава техничким решењем

Отворено тржиште електричне енергије које по Закону о енергетици ступа на снагу у Србији 1.1.2014. омогућује да индустријски потрошачи електричне енергије могу да изаберу снабдевача електричном енергијом. Како би доносиоци одлука у индустријским постројењима могли да изврше закуп потребних количина енергије према потребама производње, потребно је увести праћење потрошње електричне енергије технолошких процеса.

Електромоторни погони кретања технолошких процеса, по правилу спадају у групу значајних потрошача енергије, не само по количини утрошене енергије, већ и по укупној инсталисаној и ангажованој снази. Производња у фабрици је директна последица рада технолошког процеса, односно директно зависи од електромоторних погона кретања технолошког процеса. Праћење потрошње електричне енергије електромоторних погона у једном сложеном технолошком процесу могуће је реализовати на више начина:

- Применом мрежног анализатора за праћење укупне потрошње свих електромоторних погона кретања технолошког процеса
- Применом више мрежних анализатора за праћење потрошње електромоторних погона груписаних у технолошке целине
- Применом система за надзор и управљање вишемоторним погоном који покреће технолошки процес за праћење потрошње електричне енергије електромоторних погона

Техничко решење „Систем за праћење потрошње електричне енергије вишемоторних погона у сложеним технолошким процесима“ представља један од начина за праћење потрошње електричне енергије електромоторних погона кретања технолошког процеса. Примена овог техничког решења представља економски повољнију варијанту у односу на постављање било више комерцијално расположивих мрежних анализатора. Поред економске оправданости, техничко решење пружа и низ других предности примене у односу на друга приказана решења. Предности и недостаци коришћења приказаног техничког решења наведени су у наредном поглављу.

2. Стање решености проблема у свету – приказ и анализа постојећих решења

Праћење потрошње електричне енергије вишемоторних погона у сложеним технолошким процесима може се решити на више начина [1], који су приказани у наставку.

2.1 Примена једног мрежног анализатора за праћење укупне потрошње електричне енергије свих електромоторних погона који учествују у технолошком процесу

Предност оваквог решења је пре свега економска, јер се користи само један мрежни анализатор. Недостаци овог решења огледају се у томе што подаци који се могу очитати са коришћеног мрежног анализатора представљају укупну потрошњу вишемоторног погона

који се користи за покретање производног процеса, и не могу се поделити по технолошким целинама, уколико оне постоје у оквиру процеса. Уколико је производни процес такав да заузима већи простор, или је потребна велика снага за покретање, врло често се напајање електромоторних погона изводи из више разводних постројења, постављених на различитим локацијама. У том случају, мерењима се морају се обухватити сви прикључци за напајање електромоторних погона да би се добили валидни подаци о потрошњи електричне енергије, што није могуће извести коришћењем само једног мрежног анализатора. Поред извода за напајање електромоторних погона, на заједничке сабирнице у разводном постројењу, врло често су прикључени и други типови потрошача који могу, али не морају директно учествовати у производном процесу. Примери таквих потрошача су вентилација, грејање и осветљење хале, погони технолошких и ремонтних кранова, утичнице по постројењу, чак и напајање рачунарске опреме за евиденцију и праћење производње. Набројани потрошачи имају своју важну функцију у оквиру производње, али не учествују директно у производњи, или имају интермитентну природу рада. Одвајање оваквих потрошача на посебне сабирнице и напојни вод би захтевало реконструкцију разводног постројења, што није исплативо, а у многим постројењима је и немогуће.

2.2 Примена више мрежних анализатора за праћење потрошње електричне енергије електромоторних погона груписаних у технолошке целине.

Сложени технолошки процеси често су подељени у технолошке целине, према начину обраде материјала, машинама које се користе, механичким или термичким својствима материјала, или у неким случајевима просторним целинама у оквиру процеса производње. Подела процеса на технолошке целине омогућава груписање потрошача електричне енергије у оквиру исте технолошке целине. Са друге стране, постоје и случајеви где се више технолошких целина напаја из заједничких сабирница у оквиру једног разводног постројења. У том случају, иако постоји технолошка подела процеса, нема поделе на технолошке целине са становишта напајања електричном енергијом. Подела разводног постројења за напајање електричном енергијом секције које напајају засебне технолошке целине мора се спровести у фази пројектовања постројења, или у оквиру капиталних реконструкција.

Уколико је могуће груписати и раздвојити потрошаче електричне енергије према технолошким целинама, могу се поставити мрежни анализатори на сваку групу потрошача, чиме се добијају подаци о потрошњи електричне енергије у оквиру сваке целине. Детаљнији подаци, груписани по целинама имају предност у односу на збирне податке за целокупан технолошки процес, јер се лакше идентификују велики потрошачи, код којих би примена мера енергетске ефикасности дала боље резултате. Са друге стране, разводним постројењима за напајање једне технолошке целине, често је немогуће издвојити секцију са које се напајају само електромоторни погони покретања производног процеса, због чега је засебно мерење потрошње електромоторних погона немогуће.

2.3 Примена система за надзор и управљање вишемоторним погоном који покреће технолошки процес за праћење потрошње електричне енергије електромоторних погона

Вишемоторни погон који покреће један сложени технолошки процес представља целину која се огледа у координираном раду свих електромоторних погона који га сачињавају, односно покрећу.

Поједини електромоторни погони у саставу вишемоторног погона могу бити са асинхроним моторима који раде на приближно константној брзини, и пуштају се у рад или директним прикључењем на мрежу, или преко енергетског претварача за ограничење полазне струје (софт-стартера).

Друга врста електромоторних погона у саставу вишемоторног погона за покретање технолошког процеса су погони са променљивом или регулисаном брзином. Заједничка карактеристика великог броја сложених технолошких процеса је да имају већи број погона са променљивом или регулисаном брзином од погона који раде на приближно константној брзини.

Начин реализације електромоторних погона са променљивом или регулисаном брзином зависи пре свега од периода изградње постројења, и може бити са једносмерним моторима напајаним из тиристорских исправљача или са асинхроним моторима напајаним из фреквентних претварача. Нова постројења и постројења која су недавно реконструисана и модернизована углавном су опремљена погонима са асинхроним моторима.

Примена било ког типа енергетског претварача (уређаја за ограничење полазне струје, тиристорског исправљача или фреквентног претварача) омогућује употребу сигнала који постоје у управљачким системима претварача за мерење потрошње електричне енергије. Обрада података се у том случају одвија у управљачком модулу претварача, а обрађени податак о снази се уводи у управљачко-надзорни систем. Начин читавања података из претварача у том случају мора бити дигитални, коришћењем неког од стандардних комуникационих протокола, јер је потребно пренети више података у истом периоду одабирања. Сви претварачи реномираних произвођача електро опреме подржавају по неколико различитих комуникационих протокола.

Употреба податка добијених из енергетских претварача који се користе у склопу вишемоторног погона кретања сложеног технолошког процеса представља економски повољнију варијанту у односу на постављање комерцијално расположивих мрежних анализатора. Предности коришћења података из енергетских претварача су:

- Доступан је велики број података о електромоторном погону, момент мотора, брзина, фазна струја, тренутна вредност снаге мотора.
- Подаци се добијају коришћењем комуникационих протокола без губитка тачности у преносу (нема електричног шума)

- Подаци се добијају са великом учестаношћу (малом периодом) одабирања, читавање се врши за до 10 сигнала у једном тренутку (у случају коришћења PROFIBUS протокола).
- Подаци се добијају за сваки појединачни погон у постројењу.
- Подаци се могу архивирати на управљачко-надзорном систему електромоторног погона.
- Подаци се могу обрађивати на управљачко-надзорно систему електромоторног погона, чиме се прилагођавају систему енергетског менаџмента.
- Подаци се могу приказивати за свако електромоторни погон појединачно, може се вршити груписање података према технолошким целинама или се подаци могу приказати за технолошки процес у целини.

Са друге стране, коришћење података из енергетских претварача има и своје недостатке:

- Претварачи не приказују податак о улазној активној снази (снази узетој из мреже), нема података о реактивној снази, привидној снази и снази дисторзије. Нема података о вредности фактора снаге на месту прикључења претварача.
- Да би се податак о тренутној вредности снаге мотора могао користити у систему енергетског менаџмента, потребно је додатно израчунавање, које се обавља на управљачко-надзорном систему електромоторног погона.
- Електромоторни погони који се не напајају из енергетског претварача не могу бити обухваћени овим решењем без додатне опреме.

Према доступној литератури [2-4] у свету преовлађују прва два решења за праћење потрошње електричне енергије вишемоторних погона сложених технолошких процеса, описана у поглављима 2.1 и 2.2. Разлог за мали број примена трећег решења (описаног у поглављу 2.3) је пре свега у подели и раздвајању надлежности делова техничких служби у великим системима, тако да се техничка служба која се бави енергетским менаџментом не бави електромоторним погонима и управљањем, и обрнуто. Други разлог слабе примене трећег приказаног решења у свету је поступак набавке, инсталације, подешавања параметара, и пуштања у рад електромоторних погонима кретања сложених технолошких процеса. Ови послови се по правилу поверавају специјализованим фирмама и организацијама који пружају наведене услуге и обезбеђују координирани рад електромоторних погона у постројењу. Врло често се у току пројектовања вишемоторног погона не води рачуна о потребама система енергетског менаџмента и мерењу потрошње електричне енергије електромоторних погона. У случајевима где то није предвиђено пројектним задатком, након завршених радова и пуштања постројења у рад, потребно је допунити захтеве у пројектном задатку, и спровести измене у управљачко-надзорном систему. У таквим околностима, прибегава се решењима које не захтевају измене управљачко надзорног система, него уградњу додатне опреме.

3. Објашњење суштине техничког решења

Суштина техничког решења под насловом „Систем за праћење потрошње електричне енергије вишемоторних погона у сложеним технолошким процесима“ огледа се у употреби управљачко надзорног система за одређивање потрошње електричне енергије вишемоторног погона на бази читавања података из енергетских претварача. Читавање података врши управљачко надзорни систем вишемоторног погона коришћењем стандардних комуникационих протокола које подржавају практично сви типови и произвођачи енергетских претварача. Употреба различитих типова енергетских претварача (уређаја за ограничење полазне струје, тиристорског исправљача или фреквентног претварача) не представља препреку за имплементацију техничког решења. Обрада података о потрошњи електричне енергије врши се на управљачко надзорном систему вишемоторног погона.

Повезивање управљачко надзорног система вишемоторног погона за покретање технолошког процеса са системом енергетског менаџмента, у циљу размене података о потрошњи електричне енергије такође се врши помоћу комуникационог протокола на надређеном нивоу.

4. Детаљан опис са карактеристикама (укључујући и пратеће илустрације и техничке цртеже)

Систем за праћење потрошње електричне енергије вишемоторних погона у сложеним технолошким процесима примењен је у Фабрици картона Умка. Детаљан опис примењеног решења са карактеристикама дат је у наставку.

4.1. Опис електромоторног погона картон машине у Фабрици картона Умка

Картон машина у Фабрици картона „УМКА“ је једна од највећих машина ове врсте у овом региону, ако не и највећа, и то по капацитету, димензијама, стварно оствареној годишњој производњи, инсталираној снази, и наравно по димензијама. Изградња ове машине рађена је етапно, и то у већим временским размацима.

Фабрика картона Умка је основана 1939. године, а прва картон машина је набављена 1967. године. Велика реконструкција картон машине је извршена 1978. године, када је инсталиран процесни рачунар и опрема за премазивање картона. Максимална брзина траке (линијска брзина машине) је тада била 200 м/мин, а електромоторни погони су били реализовани са једносмерним моторима напајаним из регулисаних тиристорских исправљача. Технолошки, картон машина у фабрици картона Умка има следеће целине: партију формера, партију преса, сушну партију и партију премаза, након чега следи намотавање траке.

У фабрици картона Умка, врше се непрекидна улагања у модернизацију постројења, уз константу тежњу да се повећава капацитет производње.

Велика реконструкција са модернизацијом електромоторних погона на сушној партији картон машине спроведена је током 2001. године, када је погон сушних цилиндара преко механичке трансмисије замењен савременим појединачним погонима сушних група, са

асинхроним моторима напајаним из фреквентних претварача [5]. У пројектном задатку реконструкције електромоторних погона, максимална брзина машине је била 250м/мин.

Уградња опреме за наношење и сушење трећег слоја у партији премаза и замена електромоторних погона у тој партији реализована је током 2002. године. Избор електромоторних погона за партију премаза извршен је према захтеваној максималној брзини машине од 300м/мин [6].

Нови електромоторни погони формер партије картон машине уграђени су 2006. године, уз проширење са још три погона 2009. године [7]. У току 2008. године уграђена је високо-ефикасна (Schue) преса, током те реконструкције промењен је и електромоторни погон.

Током 2010. године уграђена је опрема за премаз доњег слоја картона, када су у партију премаза додата два нова електромоторна погона, интегрисана у заједнички систем управљања.

Даљим реконструкцијама на пратећим постројењима (припрема масе, побољшање сушења траке и др.) стекли су се услови за повећање капацитета машине, односно јавила се потреба за повећањем линијске брзине. Након извршених мерења и анализа које су спроведене да би се провериле могућности електромоторних погона, максимална дозвољена линијска брзина је повећана од 400 м/мин током 2013. године.

Основни критеријум за избор опреме електромоторних погона картон машине је висока поузданост у раду [8]. Због познатих предности у погледу поузданости, минималног одржавања и повољне цене, погони су у току реконструкција реализовани са асинхроним моторима са кавезним ротором, затворене конструкције, са сопственим хлађењем. Фреквентни претварачи који напајају асинхроне су од реномираног произвођача, и у тренутку избора и уградње су били из актуелне производне серије.

У картон и папир машинама захтева се висока прецизност регулације брзине, због чега су сви погони реализовани са затвореном повратном везом по брзини, која се мери помоћу инкременталних енкодера на вратилима мотора.

Управљање електромоторним погонима картон машине базирано је на PROFIBUS комуникационом протоколу, који омогућује велику брзину размене информација између претварача и програмабилног логичког контролера (енгл. Programmable Logic Controller, PLC), који чини основу управљачког система [9].

Управљачки систем картон машине чине три PLC-а, који управљају секцијама картон машине, и између себе размењују све информације потребне за континуалну производњу папира, као што су референтна брзина, затезања између секција и моменти оптерећења, који се користе за регулацију правилне расподеле оптерећења између суседних погона [10]. Преглед електромоторних погона папир машине у време писања овог елабората приказан је у табели 1.

Табела 1 Преглед електромоторних погона картон машине (2013. година)

Ознака целине или погона	Укупан број погона	Укупна инсталирана снага погона [kW]	Минимална и максимална снага погона [kW]	PLC
Формер партија	12	264	22	I
Партија преса	5	342	45 – 132	II
Пред-сушне групе	6	182	15 – 55	
Глет цилиндер	1	75	75	
Сушне групе	3	105	30 – 45	
Каландер	1	55	55	III
Партија премаза	16	309	11 – 30	
Намотач	1	55	55	
Укупно	45	1387 kW	15 – 132 kW	3

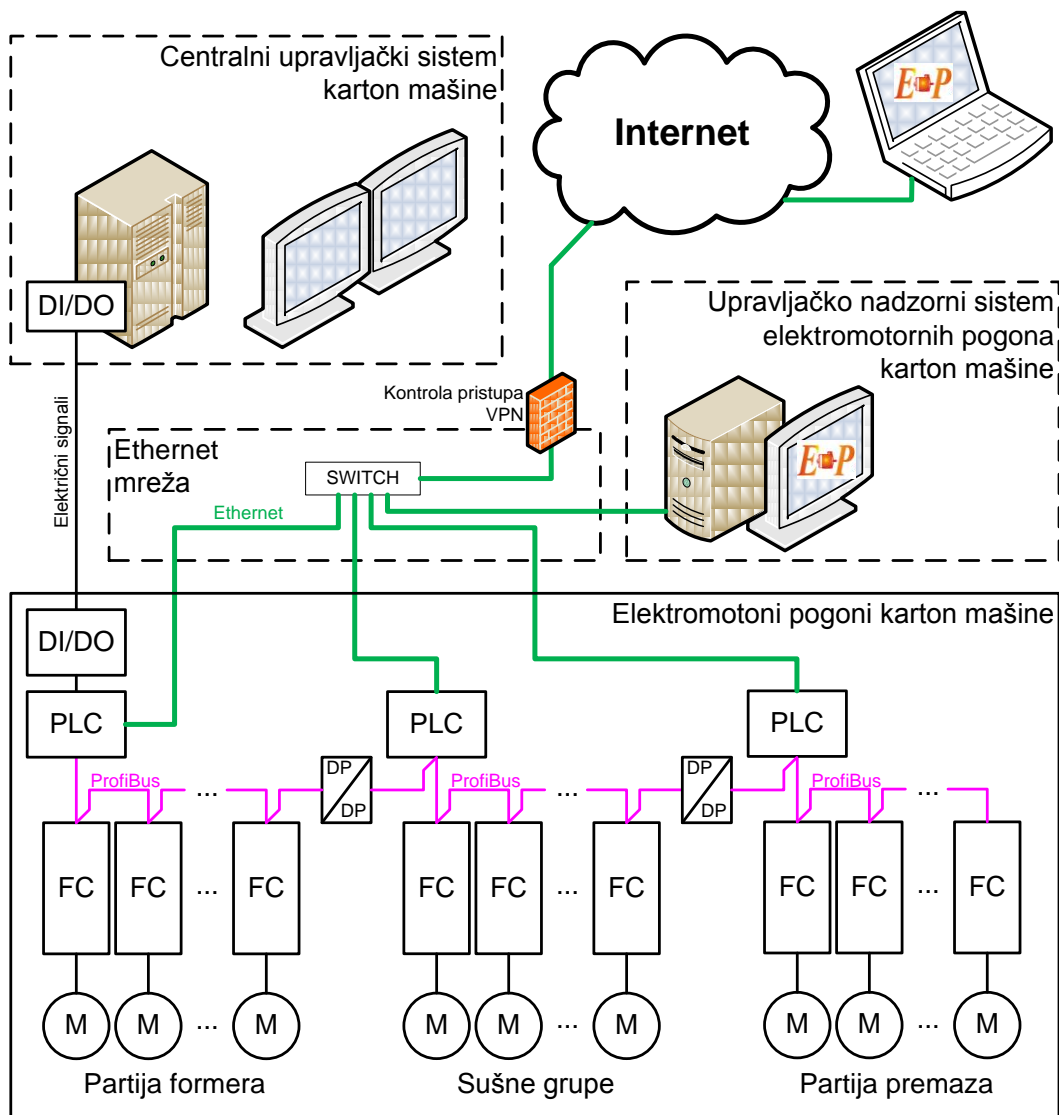
4.2. Опис управљачко-надзорног система у фабрици картона Умка

Управљачки систем картон машине реализован је помоћу централног система управљања типа Alcont – TotalPlant, фирме Honeywell [11], пуштеног у рад 2001. године.

Због великог броја електромоторних погона на картон машини, управљачки систем електромоторних погона је реализован помоћу три PLC контролера, међусобно повезаних PROFIBUS комуникационим протоколом.

Повезивање централног управљачког система картон машине са управљачким системом електромоторних погона реализовано је коришћењем електричних сигнала. Команде за старт и заустављање целе машине повезани су као дискретни сигнали на ниском напонском нивоу (24V=). Референтна брзина машине прослеђује се управљачком систему електромоторних погона у виду аналогног напонског сигнала (0-10V=), коришћењем посебног ширмованог кабла. Вредности брзине изабраних погона прослеђују се из управљачког система електромоторних погона у форми импулсних сигнала, такође помоћу појединачних каблова, да би се умањио утицај међусобних сметњи између сигнала.

Надзорно управљачки систем електромоторних погона реализован је као засебан рачунар, повезан у Ethernet мрежу са PLC контролерима који чине управљачки систем електромоторних погона. Принципијелни блок дијаграм повезивања управљачког система електромоторних погона са централним управљачким системом картон машине и надзорним системом приказан је на слици 2.



Сл. 1. Принципијелни блок дијаграм повезивања система управљања електроmotorним погонима картон машине са управљачко-надзорним системом и централним управљачким системом картон машине.

Надзорни систем реализован је помоћу стандардног персоналног рачунара, без посебних захтева у погледу перформанси. Због потреба да ради практично стално, 24 часа дневно, током целе године, требало би за тај рачунар бирати квалитетније компоненте. Напајање из система непрекидног напајања је пожељно, да се у случајевима краткотрајних пропада напона не губе подаци, избегне неправилно „спуштање“ система и избегну евентуални пренапони у мрежи који могу довести до оштећења хардверских компоненти у систему.

Као софтверска компонента система за надзор користи се програм WinCC, произвођача Siemens, што олакшава повезивање система са PLC контролерима, који су од истог произвођача. Све карактеристичне величине из електроmotorних погона се могу приказивати на екранима, било у табеларној форми, било на графичком приказу машине, груписане тако да се олакша закључивање.

Подела на технолошке целине је доследно спроведена у свим графичким приказима. На свим екранима у надзорном систему електроmotorних погона је примењено груписано

приказивање за формер партију, партију преса и сушних група и партију премаза. Тако је избегнуто приказивање великог броја информација на једном екрану. Промена групе приказаних величина, односно дела машине који је тренутно приказан на екрану врши се тастерима на дну екрана. Ови тастери (за навигацију) су приказани на свим екранима, чиме се значајно убрзава промена активног екрана и олакшава обука корисника машине.

Систем обезбеђује приказ временског дијаграма (тренда) радних величина сваког погона. Број приказаних графика, положај на екрану и величина графика се могу слободно подешавати. Све опција временског дијаграма, размера за временску и вертикалне осе, боје и дебљине кривих, избор приказаних величина могу се слободно подешавати и мењати. Ово пружа велику флексибилност у конфигурисању надзорног система у току експлоатације.

Важно је истаћи још једну могућност приказа дијагностичких података из управљачког система, пре свега дијагностике PROFIBUS мреже, али и појединих улазно/излазних модула управљачког система, и самог PLC контролера. Приказ тренутних вредности сигнала на модулима значајно олакшава дијагностику, а „отварањем“ одговарајућег модула добија се детаљни увид у сигнале који су повезани на модуле. На овај начин је употреба папирне документације сведена на минимум. Системи за управљање и надзор картон или папир машине базирани су на коришћењу PROFIBUS или Ethernet комуникационих мрежа. Ово омогућава повезивање на систем надзора и управљања и са локација које су ван фабричког круга. Да би се онемогућио неовлашћени приступ са интернета, потребно је имплементирати систем провере и заштите у виду заштитног зида (engl. firewall). Даљински приступ систему за надзор и управљање преко Интернета приказан је на слици 2.

4.3 Примена управљачко надзорног система за праћење потрошње електричне енергије електромоторног погона картон машине

Да би се изградио ефикасан програм газдовања енергијом, одговорност за газдовање потрошњом енергије требало би да поделе менаџмент предузећа и сектор техничког одржавања. Развој система газдовања енергијом, односно енергетског менаџмента мора се поверити искусним организацијама који ће уз консултације са техничким сектором правилно сагледати све потребе предузећа и специфичности производног процеса. Само тако ће се добити систем енергетског менаџмента који ће дати резултате у смањењу трошкова за енергију, као и у рационалној употреби енергије.

Сваки производни процес, па и процес производње картона може се окарактерисати главним параметрима који указују на ефикасно коришћење енергије – то су утрошена енергија и одговарајући обим производње. Напомињемо да сама потрошња енергије није довољна, већ је потребно повезати податке о коришћењу енергије са подацима о обиму производње.

Мерења која се односе на коришћење енергије се морају редовно вршити. То захтева коришћење мерних инструмената или расположивих података из других извора од стране запослених. Један од примера података који не долази директно од мерних инструмената је употреба управљачко надзорних система, који пружају податке о утрошеној електричној енергији на бази читавања података из електромоторног погона.

Оно што треба узети у обзир код коришћења података из електромоторног погона уместо мерних инструмената је то да вредности које се добијају директним мерењима могу бити различита од података који се добијају из погона. Разлози за одступања могу бити:

- Улазна електрична снага фреквентног претварача није доступна за читавање као параметар претварача
- Улазна струја претварача није синусног таласног облика [12]
- Фактор снаге претварача се мења са оптерећењем
- Тачност читавања снаге мотора из фреквентног претварача је мања од уобичајених вредности тачности мерних инструмената.

Подаци о снагама свих мотора у оквиру електромоторног погона картон машине у Фабрици картона Умка уведени су у управљачко надзорни систем картон машине. У оквиру управљачко надзорног система врши се архивирање појединачних снага сваког мотора. Поред директног читавања снаге врши се израчунавање улазне снаге фреквентног претварача, односно снаге узете из мреже, на бази каталожних података о сопственој потрошњи и унутрашњим губицима сваког претварача, Израчунате улазне снаге фреквентних претварача свих погона се бележе у временску архиву података.

Поред тренутних вредности снаге, предвиђено је израчунавање различитих просека снаге електромоторних погона картон машине. Рачунају се 15-минутни, 1-сатни, сменски (8-часовни) и дневни просеци. Могуће је увести и недељне (7-дневне) и месечне просеке, али су производни налози у фабрици такви да се ретко има устаљена производња истог производа (граматура и тип картона) у дужем временском периоду. Упоређењем израчунатих просека са подацима о обиму производње и врсти производа добијају се релевантни подаци о специфичном утрошку електричне енергије по јединици мере (тони) производа.

Збирни просеци за технолошке целине картон машине се израчунавају на бази збира снаге погона у једној технолошкој целини: (1) партија формера, (2) партија преса, (3) сушне групе са глет цилиндром и (4) партија премаза са каландером и намотачем.

Интеграцијом података о улазној снази фреквентног претварача (добијених прорачуном) долази се до податка о утрошеној електричној енергији, за сваки појединачни погон, за технолошке целине, и за погоне кретања картон машине у целини. Овако израчуната електрична енергија не може послужити за обрачун утрошене електричне енергије, због одступања показивања снаге која су ранија наведена.

Повезивање са системом надзора и управљања у циљу читавања података о тренутним снагама, различитим просецима снаге и утрошеној електричној енергији врши се коришћењем стандардног комуникационог протокола OPC (engl. OLE for Process Control). Управљачко надзорни систем електромоторних погона картон машине у Фабрици картона Умка поседује сав потребан хардвер (Ethernet мрежни прикључак) и софтвер (OPC сервер) за повезивање у систем енергетског менаџмента предузећа.

Приказани надзорно управљачки систем, поред функције праћења потрошње електричне енергије и повезивања са системом енергетског менаџмента пружа и додатну

предност у односу на решења бзирана на коришћењу мрежних анализатора, јер отклањање проблема у раду траје краће захваљујући једноставнијем увиду у архивирани базе података. Даљински приступ систему за надзор [13, 14] скраћује време потребно да инжењери службе одржавања приступе отклањању сметњи, чак и када се не налазе у кругу фабрике.

5. Литература

- [1] S. Aktiengesellschaft i I. C. S. Energy Sector. (2012). *Power Engineering Guide 7.0*.
- [2] J. C. Van Gorp, "Maximizing energy savings with enterprise energy management systems," in *Pulp and Paper Industry Technical Conference, 2004. Conference Record of the 2004 Annual*, 2004, pp. 175-181.
- [3] A. O.-P. Industry. (2010, PMC800 ABB's control solution for paper machine drives.
- [4] A. O.-P. Industry. (2010, Paper Machine Drive System PMC800 Engineered solutions for success.
- [5] B. Jeftenić, M. Bebić, M. Milojević i M. Belinčević, "Novi pogon karton mašine u Fabrici kartona Umka – I deo," in *VIII jugoslovenski simpozijum iz oblasti celuloze, papira, ambalaže i grafike*, Zlatibor, 2002.
- [6] B. Jeftenić, M. Bebić, M. Milojević i M. Belinčević, "Novi pogon karton mašine u Fabrici kartona UMKA – II deo," in *IX jugoslovenski simpozijum iz oblasti celuloze, papira, ambalaže i grafike*, 2003.
- [7] B. Jeftenić, M. Bebić, D. Jevtić i M. Milojević, "Novi pogon karton mašine u Fabrici kartona Umka – III deo - partija formera," in *XII međunarodni simpozijum iz oblasti celuloze, papira, ambalaže i grafike*, Zlatibor, 2006.
- [8] M. Bebić, B. Jeftenić i M. Belinčević, "Elektromotorni pogoni papir mašina," in *XI Simpozijum Energetska Elektronika, Novi Sad*, Novi Sad, 2001.
- [9] B. Jeftenić, M. Bebić, I. Mihailović, N. Rašić, D. Jevtić, L. Ristić, S. Štatkić, S. Lukić, S. Đurić, M. Stanković, V. Ilić i M. Zindović, "Sistemi za nadzor i upravljanje pogonima papir i karton mašina," in *XVII Međunarodni simpozijum CPAG*, Zlatibor, 2011.
- [10] B. Jeftenić, M. Bebić i S. Štatkić, *Višemotorni pogoni*. Beograd: Akademska misao, 2011.
- [11] H. P. Solutions. *TotalPlant Alcont*. Available: <http://hpsweb.honeywell.com/Cultures/en-US/Support/SystemProducts/TotalPlantAlcont/default.htm>
- [12] ABB. Guide to Harmonics with AC drives. No. 6.
- [13] M. Branch i B. Bradley, "Real-Time Web-Based System Monitoring," in *Pulp and Paper Industry Technical Conference, 2006. Conference Record of Annual*, 2006, pp. 1-4.
- [14] T. S. Bixler, "Remote monitoring and expert diagnostic support for the pulp and paper industry," in *Pulp and Paper Industry Technical Conference, 2008. PPIC 2008. Conference Record of 2008 54th Annual*, 2008, pp. 181-191.