

ISPITIVANJE DOMETA BEŽIČNOG SISTEMA ZA NADZOR STANJA FILTERSKIH ULOŽAKA U PNEUMATSKIM SISTEMIMA

RANGE TESTING OF WIRELESS SYSTEM FOR MONITORING CONDITION OF FILTER CARTRIDGES IN COMPRESSED AIR SYSTEMS

Ivana Ignjatović, Laslo Tarjan, Slobodan Dudić, Dragan Šešlija
Fakultet tehničkih nauka, Trg Dositeja Obradovića 6, Novi Sad, Srbija

Sažetak - Realizovani sistem bežičnog nadzora stanja filterskih uložaka obezbeđuje povećanje energetske efikasnosti filtera za vazduh pod pritiskom. Kontinuiranim praćenjem se dobija uvid u stvarno stanje filterskih uložaka i u skladu sa tim donosi odluka o njihovoj zameni, čime se izbegavaju nepotrebni troškovi. Bežični sistem za nadzor stanja filterskih uložaka u pneumatskim sistemima je veoma pogodan za uvođenje u već postojeće pogone, jer se izostavlja komplikovana procedura postavljanja kablova, a i pouzdanost prenošenja podataka je veća. Domet korišćenih radio (Xbee) modula zavisi kako od verzije modula i vrste antene, tako i od faktora iz okruženja, kao što su pokretni i nepokretni objekti i druge bežične mreže. U ovom radu su predstavljeni rezultati testiranja primene uređaja u realnim uslovima.

Abstract - Accomplished wireless system for monitoring filter cartridges, in compressed air systems, increase energy efficiency of compressed air filters. With continual monitoring of the filter condition, in every moment, we know the current state of filter cartridge. According to that it is possible to make decision whether to change filter cartridge or not, avoiding unnecessary costs. Wireless system for monitoring condition of filter cartridges in compressed air systems is very suitable for installing in existing plants because cable infrastructure is eliminated and in the same time, reliability of the data transfer is on high level. Range of the used radio (Xbee) modules depends on module version and the type of used antenna, on performance of surroundings, movable or fixed objects and other wireless networks. In this paper are presented results of the range testing of the device in real-time condition.

1. UVOD

Bežične industrijske komunikacione mreže poseduju takve performanse da se njihovom primenom eliminišu mnogi problemi koji se pojavljuju kod klasičnih mreža. Uz upotrebu odgovarajuće komunikacione opreme se može relativno jeftino i jednostavno realizovati bežična mreža koja će ispunjavati zahteve rada u industrijskom okruženju.

Savremene industrijske bežične mreže omogućavaju povezivanje različitih tipova uređaja kao što su računari, programabilni logički kontroleri, razne senzorske i aktuatorске jedinice itd. Relativno niska cena, univerzalnost i široka primena programabilnim logičkim kontrolerima omogućava mesto i u bežičnim industrijskim mrežama.

Bežične industrijske mreže se uglavnom koriste na nižim nivoima upravljanja kao što je nivo uređaja (merna oprema, izvršni organi itd.). Sve savremene mreže ovog tipa imaju otvorene protokole, što znači da se na njih može povezati oprema različitih proizvođača.

Na osnovu rešenja predloženog u [1], koje obuhvata permanentan nadzor stanja filtera u pneumatskom sistemu, uz pomoć diferencijalnih manometara, realizovan je sistem bežične razmene podataka o detekciji zaprljanosti filtera u pneumatskim sistemima [2].

Sistem za bežičnu razmenu podataka o detekciji zaprljanosti filtera u pneumatskim sistemima se sastoji od dva uređaja (jedinica za bežični prenos i bazna jedinica) koji

međusobno ostvaruju dvosmernu bežičnu komunikaciju pomoću gotovih radio modula, Slika 1.

Na svaki filter u sistemu povezan je po jedan diferencijalni manometar i napravljena po jedna senzorska jedinica koja obavlja:

- kontinuirano praćenje stanja izlaza diferencijalnog manometra,
- obradu informacija sa izlaza manometra,
- bežičnu komunikaciju sa baznom jedinicom i
- upozoravanje zvučnim i svetlosnim signalima da je došlo do promene stanja.

Bazna jedinica je mali prenosivi uređaj koji obavlja:

- sakupljanje informacija o zaprljanosti filtera sa svih senzorskih jedinica korišćenjem bežične tehnologije prenosa podataka,
- obradu sakupljenih informacija,
- prikazivanje obrađenih informacija na displeju,
- prenos podataka na računar i
- upozoravanje zvučnim i svetlosnim signalima da je došlo do promene stanja.

Bazna jedinica je mali prenosivi uređaj projektovan tako da može da se drži u ruci i da lice zaduženo za nadzor stanja zaprljanosti filtera može sa određene udaljenosti bežičnim putem da prikupi informacije sa svih deset senzorskih jedinica. Centralni deo bazne jedinice je mikrokontroler čiji

je zadatak upravljanje signalima za očitavanje stanja, čuvanje, prikaz i prenos na računar prikupljenih podataka.



bazna jedinica

senzorska jedinica

Slika 1. Sistem za bežičnu razmenu podataka o detekciji zaprljanosti filtera u pneumatskim sistemima

2. IZBOR TEHNOLOGIJE

Prilikom izbora tehnologije bežičnog prenosa podataka u obzir su uzeti sledeći kriterijumi:

- jednostavnost integracije novog uređaja u već postojeći industrijski sistem,
- mala ulaganja u integraciju i održavanje novog uređaja,
- potrebno je prenositi malu količinu podataka,
- nije potrebna velika brzina prenosa podataka,
- dovoljan je domet radio modula od nekoliko desetina metara,
- niska cena i dostupnost modula za bežičnu komunikaciju na tržištu,
- mala potrošnja radio modula.

Uzimajući u obzir navedene kriterijume, za relativno jeftinu i jednostavnu realizaciju bežičnog prenosa podataka se mogu iskoristiti:

- radio moduli proizvođača R. F. Solutions koji rade na frekvenciji od 315, 418 i 433 MHz:
 - ✓ AM-HRR6 – prijemnik,
 - ✓ AM-RT4 – predajnik,
- radio moduli proizvođača Digi koji rade na frekvenciji od 2,4 GHz:
 - ✓ XBee – primopredajnik.

2.1 RADIO MODULI (R. F. Solutions)

Realizacija sa korišćenjem modula AM-HRR6 i AM-RT4 je jeftinija solucija pa je iz tog razloga bila prvi izbor i prva je testirana.

Radio prijemnik AM-HRR6 se proizvodi za tri standardne vrednosti radne frekvencije - 315, 418 i 433 MHz, ali su takođe dostupne i sve ostale frekvencije iz opsega od 250 do 450 MHz. Za korišćenje ovog opsega frekvencija nije potrebna licenca. AM-HRR6 je modul sa izuzetno malom potrošnjom. U neaktivnom stanju pri naponu napajanja od 5V struja mu je svega 0.5 mA. Modul poseduje CMOS/TTL kompatibilan izlaz, a od konekcija zahteva još samo napajanje i antenu. Odlikuje ga dobra frekventna stabilnost u širokom opsegu temperature ambijenta čak i kada su izloženi mehaničkim vibracijama [3].

Radio predajnik AM-RT4 je takođe dostupan za tri standardne radne frekvencije – 315, 418 i 433 MHz i uz specijalan zahtev se može naručiti za bilo koju drugu frekvenciju iz opsega od 250 do 450 MHz. Primenu nalazi kod bežičnih sigurnosnih sistema, auto alarma, daljinski upravljanih kapija, senzorskih sistema itd. Modul poseduje CMOS/TTL kompatibilan ulaz što mu omogućava jednostavno povezivanje sa mnogim integrisanim kolima. Veoma je jednostavan za povezivanje jer ima samo četiri pina - dva za napajanje i po jedan za signal i antenu. AM-RT4 zahteva napon napajanja iz opsega od 2 do 14 V, a pri radnom naponu od 5 V struja mu je 4 mA što ga svrstava u grupu radio modula sa veoma malom potrošnjom [4].

Za dvosmernu komunikaciju dva uređaja potrebno je da svaki uređaj ima po jedan prijemnik i jedan predajnik. Postoje dve mogućnosti za usklađivanje rada modula u cilju ostvarivanja pravilne komunikacije.

Jedna mogućnost je da svi prijemnici i predajnici rade na istoj frekvenciji, ali u tom slučaju bi za vreme rada predajnog modula prijemni modul istog uređaja morao da se isključi. Ovo je neophodno učiniti kako bi se sprečilo da prijemnik prima podatke koje šalje predajnik istog uređaja. U suprotnom bi ometali jedan drugog i komunikacija bi bila nezadovoljavajuća.

Druga mogućnost je da prijemnik prvog uređaja i predajnik drugog uređaja rade na jednoj frekvenciji, a predajnik prvog uređaja i prijemnik drugog uređaja na nekoj drugoj frekvenciji. Ova varijanta predstavlja efikasnije rešenje i nije potrebno isključivati module za postizanje zadovoljavajuće komunikacije.

S obzirom na to da radio moduli AM-HRR6 i AM-RT4 nemaju integrisanu antenu potrebno je svakom od njih dodati po jednu antenu u vidu tankog provodnika dužine 160 mm što je standardna dužina za ¼ talasne dužine signala na korišćenju frekvenciji.

Prilikom testiranja primopredajnih jedinica javio se problem pri ostvarivanju dvosmerne komunikacije. Iako parovi prijemnik-predajnik rade na različitim frekvencijama (418 i 433 MHz) dolazilo je do mešanja signala i komunikacija je usled toga bila nezadovoljavajuća. Frekvencije od 418 i 433 MHz su relativno bliske, a sam dizajn ovih modula ne obezbeđuje dovoljno dobru filtraciju radio signala pa zbog toga dolazi do smetnji pri komunikaciji. Ispostavilo se da je dobro rešenje ovog problema naizmenično uključivanje i isključivanje parova prijemnik-predajnik. Ovo rešenje podrazumeva da je za vreme slanja podataka u jednom smeru uključen predajnik (isključen prijemnik) uređaja pošiljaoca i prijemnik uređaja primaoca. Kada se završi prenos podataka u ovom smeru otpočinje slanje podataka u suprotnom smeru na isti način, s tim što su uloge pošiljaoca i primaoca zamenjene. Domet ovog uređaja bi trebao, prema specifikaciji proizvođača korišćenih radio modula, da bude 50 m, ali je domet postignut prilikom testiranja oko 30 m.

Na osnovu izvršenog testiranja radio modula AM-HRR6 i AM-RT4 izvedeni su sledeći zaključci:

- moduli su izuzetno podložni smetnjama iz okoline pa je velika verovatnoća pojavljivanja greške u prenosu podataka,
- moduli nisu efikasni pri prenosu veće količine podataka,
- domet modula specificiran od strane proizvođača važi za idealne uslove,

- moduli nisu pogodni za ostvarivanje dvosmerne komunikacije,
- potrebno je dodatno zauzeti dva pina mikrokontrolera za uključivanje/isključivanje modula.

2.2 XBee

XBee radio moduli proizvođača Digi (nekadašnji Maxstream) imaju široku primenu u oblasti bežičnih komunikacija. Ovo su moduli koji koriste 802.15.4 ili ZigBee standard za komunikaciju u zavisnosti od njihove namene i rade na frekvenciji od 2,4 GHz. Preporučuje se da se ZigBee standard ne koristi ukoliko nije potrebno formirati mash topologiju pa će se iz tog razloga za realizaciju ovog projekta koristiti moduli konfigurisani u skladu sa 802.15.4 standardom. XBee radio moduli mogu da se povežu u bežičnu mrežu pri čemu svaki modul ima fabrički dodeljenu jedinstvenu mrežnu adresu. Postoje dve varijante ovih modula, osnovna XBee i snažnija XBee-PRO.

Postoje tri vrste antena koje XBee moduli mogu koristiti:

- dipol antena,
- integrisana žičana antena (17 mm),
- čip antena.

Domest XBee modula zavisi kako od verzije modula (PRO ili osnovna) i vrste antene, tako i od faktora iz okruženja kao što su pokretni i nepokretni objekti i druge bežične mreže. PRO verzija modula obezbeđuje veći doimet, ali i veću potrošnju. Najbolji rezultati u komunikaciji se dobijaju korišćenjem dipol antene tj. najveći doimet se postiže, ali je ova antena i najvećih dimenzija. Prednost čip antene je u malim dimenzijama, ali je doimet kraći u poređenju sa drugom oblika antena. Korišćenjem integrisane žičane antene se ostvaruje dobar odnos između dimenzija antene i dometa, pa je iz tog razloga za realizaciju ovog projekta odabrana ova vrsta antene. Da bi se dodatno omogućio veći doimet odabrana je PRO verzija XBee modula.

3. REALIZOVANO REŠENJE

Sistem je realizovan uz korišćenje komunikacijskih modula, zasnovani na ZigBee tehnologiji. Odnosno, korišćeni su XBee-PRO 802.15.4 radio moduli, koji međusobno formiraju bežičnu personalnu mrežu (WPAN). Takva mreža je:

- pouzdana - prilagođena za industrijske radne uslove: radna temperatura od -40 do 85 °C; stabilnost signala;
- dovoljno brza - brzina mreže od 1200 b/s do 250 kb/s;
- sigurna - sa ugrađenim sigurnosnim mehanizmima (AES enkripcija).

Zbog tehnološke jednostavnosti postižu se veoma niski troškovi proizvodnje, upotrebe i održavanja ovakvih uređaja. Nije potrebno postojanje ili postavljanje dodatne infrastrukture. Potrošnja energije prilikom komunikacije je veoma mala. Obezbeđena je sigurnost i integritet podataka. Čak i u veoma „šumnim“ okolnostima XBee daje odlične performanse. Prednosti XBee-PRO 802.15.4 radio modula u odnosu na AM module su:

- mnogo veća imunost na smetnje iz okruženja,
- višestruko veća brzina prenosa podataka,
- pogodni su za prenos velike količine podataka,
- veoma dobra dvosmerna komunikacija između modula,
- manje prostora zauzimaju (jedna komponenta - primopredajnik),

- veći doimet.

Sve ove prednosti XBee radio modula u poređenju sa AM radio modulima povlače za sobom višestruko veću potrošnju i u proseku duplo veću cenu.

3.1 ISPITIVANJE DOMETA

Prilikom ispitivanja XBee radio modula nije se pojavio ni jedan problem koji je postojao kod komunikacije ostvarene pomoću AM-HRR6 i AM-RT4 radio modula.

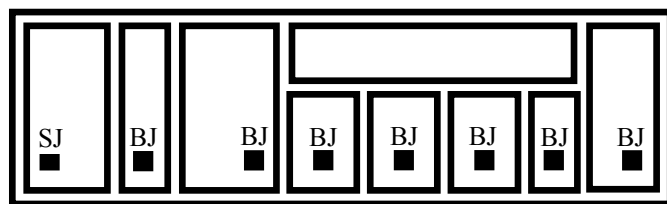
Testiranje uređaja je izvršeno sa ciljem utvrđivanja:

- dometa u kojem je moguće ostvariti zadovoljavajuću komunikaciju,
- uticaja prepreka na prenos podataka,
- izdržljivosti baterije.

Domest uređaja je testiran na otvorenom prostoru, gde je moguća optička vidljivost, i na zatvorenom prostoru, gde je prenos podataka vršen kroz prepreke kao što su zidovi, prozori, vrata, nameštaj itd.

Testiranje uređaja u zatvorenom prostoru podrazumeva da se bazna i senzorska jedinica nalaze u različitim prostorijama i komunikacija se obavlja kroz uobičajene prepreke, najčešće zidove. Testiranje je izvršeno u okviru jednog objekta i osam prostorija sa rasporedom prikazanim na slici 2. Ukupna dužina objekta je 36 m. Zidovi su od cigle i debljine su između 30 i 40 cm. Senzorska jedinica (SJ) je fiksirana u prostoriji 1, a bazna (BJ) je prenošena iz prostorije u prostoriju počevši od najbliže ka najdaljoj. Iz svake prostorije je izvršeno pedeset očitavanja. Pozicije uređaja unutar prostorija prilikom očitavanja su označene kvadratićem na slici 2. Prilikom testiranja iz svih prostorija postignuta je 100% tačnost prenosa podataka.

Pri testiranju uređaja u opisanim uslovima je ostvarena stoprocentna uspešnost i tačnost prenosa podataka. Utvrđeno je da prozorska stakla, metalna i drvena vrata i nameštaj nemaju bitan uticaj na prenos podataka pri testiranom dometu.



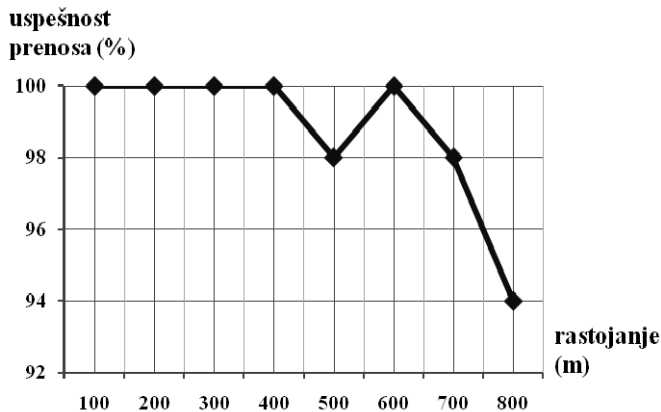
Slika 2. Plan objekta u kojem je vršeno testiranje

Domest na otvorenom prostoru je testiran za osam različitih rastojanja, a uspešnost zadovoljavajućeg prenosa podataka (u procentima) u funkciji tih rastojanja je grafički predstavljena na slici 3. Signal da je bazna jedinica primila podatke poslate od strane senzorske jedinice predstavlja uključivanje žute svetleće diode koja je povezana na XBee modul (RSSI). Ukoliko podaci nisu primljeni ova dioda se neće uključiti. Za svako rastojanje je izvršeno pedeset očitavanja.

Prilikom testiranja uređaja za napajanje bazne jedinice je korišćena alkalna baterija od 9 V proizvođača *Kodak*. Ova baterija spada u grupu jeftinijih baterija ove vrste koje se mogu naći na našem tržištu.

Potrošnja senzorske jedinice je oko 120 mA, a bazne u neaktivnom stanju oko 90 mA i prilikom očitavanja i prikazivanja stanja maksimalno 120 mA. Minimalan napon

baterije koji obezbeđuje pravilan rad uređaja iznosi 7 V što je uslovljeno karakteristikama komponenata koje su korišćene pri realizaciji modula za napajanje bazne jedinice. Ukoliko bi se očitavanje vršilo jednom dnevno na osnovu rezultata testiranja bi se moglo reći da jedna baterija može da traje i godinu dana i preporučuje se zamena stare baterije novom nakon isteka ovog perioda.



Slika 3. Uspešnost prenosa podataka u zavisnosti od rastojanja

5. ZAKLJUČAK

Radio moduli XBee omogućavaju veoma brz i pouzdan prenos podataka što im omogućava široku primenu u bežičnim mrežama. Značajna prednost XBee modula je u tome što se proizvode u više varijanti i omogućavaju korisniku da izabere onu varijantu koja najbolje odgovara

njegovim zahtevima u pogledu dometa, potrošnje, raspoloživog prostora za smeštanje modula i vrste mreže u koju se modul povezuje.

Realizovani sistem prenosa podataka o zaprljanosti filtera za vazduh pod pritiskom je veoma jednostavno uvesti u već postojeći industrijski sistem. Jednostavan je kako za izradu tako i za upotrebu, a testiranjem je utvrđena velika pouzdanost i tačnost u radu uređaja.

LITERATURA

- [1] Ignjatović, I., Tarjan, L., Dudić, S., Šešlija, D., "Primena bežičnih tehnologija za nadzor kvaliteta vazduha pod pritiskom", Naučno-stručni simpozijum INFORMACIONE TEHNOLOGIJE, INFOTEH-JAHORINA 2009, Srpsko Sarajevo, Republika Srpska: Elektrotehnički fakultet Istočno Sarajevo, 18. mart - 20. mart, 2009, INFOTEH-JAHORINA Vol. 8, Ref. E-III-12, str. 572-575, ISBN 99938-624-2-8
- [2] Ignjatović, I., Tarjan, L., Lekić, N., Šešlija, D., "Bežična razmena podataka o detekciji zaprljanosti u pneumatskim sistemima", 32. kongres o hidropneumatičkoj automatizaciji sa međunarodnim učešćem HIPNEF 2009., 14.-16. 10. 2009., Vrnjačka banja, Srbija, Zbornik radova HIPNEF 2009, str. 107-112, ISBN 978-86-81505-48-9
- [3] R. F. Solutions, 2006. AM Super Regenerative Receivers, AM-HRRn-xxx Datasheet, Dostupno na: http://www.rfsolutions.co.uk/acatalog/DS016-13_AM-HRR.pdf, pristup: Avgust 2009
- [4] R. F. Solutions, 2008. AM Hybrid Transmitter, AM-RT4/RT5/RTQ4/RT14 Datasheet, dostupno na: <http://www.wireless-products.dk/PDF-filer/RF-Solution-PDF/WP-RF-AM-RT4-RT5.pdf>, pristup: Avgust 2009