

**POBOLJŠANJE FUNKCIONALNO-INDIKATORSKE CORDEROVE  
METODE ZA ODREĐIVANJE USPJEŠNOSTI ODRŽAVANJA NA  
PRIMJERU SLUŽBI ODRŽAVANJA ZA ENERGETIKU  
TELEKOMUNIKACIONIH SISTEMA**

**IMPROVEMENT OF FUNCTIONAL-INDICATOR CORDERO  
METHOD FOR DETERMINING THE SUCCESS IN THE CASE OF  
MAINTENANCE SERVICES MAINTENANCE OF POWER  
TELECOMMUNICATIONS SYSTEM**

**prof. dr. Safet Brdarević**  
Univerzitet u Zenici  
Mašinski fakultet,

**Adnan Subašić dipl.inž.maš.**  
d.d. BH Telecom, Direkcija Zenica  
Masarykova 46, 72000 Zenica“

**REZIME**

*Ovaj rad je sagledao održavanje elektro i mašinske energetike kao bitan sistem BH TELECOM dd Sarajevo. Stalnim usavršavanjem kroz rad te uvođenjem tehničko tehnoloških saznanja uređaji za napajanje, rezervno napajanje i klimatizaciju imaju veoma visoku raspoloživost, a na osnovu iskustava i novih tehničkih dostignuća u elektro i mašinskoj struci raspoloživost se može povećati uz smanjenje troškova potrošnje energije i troškova održavanja. S toga cilj rada je da na osnovu gore navedenog poboljša funkcionalno – indikatorsku Corder-ovu metodu dodavanjem novih koeficijena koji su se prirodno pojavili tehničkim razvojem.*

*Analizom održavanja i načina eksploatacije uređaja došlo se do empirijskih zaključaka gdje na uspješnost održavanja utiču vrsta nabavljenih uređaja i unapređenja koja održavatelji mogu dati koje u konačnici imaju pobjšnjano upravljanje energijom poslovnog sistema.*

**Ključne riječi:** telekomunikacioni sistemi, uspješnost održavanja, corderova metoda

**SUMMARY**

*This paper perceived the maintenance of electrical and mechanical energetics as an essential system of BH Telecom dd Sarajevo. With constant improvement through work and with the introduction of technical and technological knowledge, systems for power supplies, backup power and air conditioning have very high availability. The availability can be increased by reducing the cost of energy consumption and maintenance costs on the basis of experience and new technical developments in electrical and mechanical profession. The goal of this work is to improve functional – Indicator's Corder's method by adding new coefficients that have naturally appeared through technical development.*

*With the analysis of maintenance and the method of device's exploitation, it has led to empirical findings where the efficacy of maintenance is affected by type of purchased equipment and the improvements that maintainer can give and that in the end led to improved energy control of a business system.*

**Keywords:** telecommunication systems, efficiency maintenance, cordero method

## 1. UVOD

Eksplodivan tehničko-tehnološki rast telekomunikacija, te uloga telekomunikacijske industrije u društvu postaje sve važniji. Energetski uređaji koji se koriste za pružanje telekomunikacionih usluga u ovom dobu moraju biti vrlo pouzdani, kao i optimizirani da zadovolje sve ekonomske zahtjeve. Energetika u telekomunikacijama igra jednu od najvažnijih uloga, jer bez energetskih uređaja nema ni signala. Naravno, zbog toga se moraju postaviti i novi pravci posmatranja održavanja energetskih uređaja tj treba gledati na održavanje sa pozicije ravnopravnog tehnološkog partnera. S tim u vezi, održavanje u novim tehnološkim kretanjima nije trošak proizvodnje, već se mora posebno posmatrati kao davatelj usluga poslovnom sistemu. Dosadašnjim iskustvom se uvidjelo da uspješnost održavanja je odnos brzih, dobrih i kvalitetnih rješenja. Pouzdanost i efikasnost pružanja telekomunikacionih usluga značajno zavisi od efikasnog angažovanja kvalitetnih kadrova u energetici, kao i dovoljnog broja izvršilaca koji imaju zadatak da održavanje dovedu do efikasnijeg segmenta preduzeća. Doprinos ispunjenju zadatka je i ovaj rad koji treba da doprinese boljem i efikasnijem održavanju kroz metodolška unapređenja.

Služba za energetiku u Direkciji Zenica već dugi niz godina radi na poboljšanju uspješnosti održavanja tražeći bolja, efikasnija i ekonomičnija rješenja. Održavanje je kroz upustva i procedure uređeno tako da nema "lutanja". Međutim davanje novih rješenja, učestvovanje u nabavci sa konstrukciono kvalitetnijim rješenjima, nadzor nad montažom i puštanjem u rad novih uređaja predstavljala još jedan od načina "zarade" održavanja tj. pravilnim izborom i kvalitetnim rješenjima održavanje predstavlja segment upravljanja energijom u poslovnom sistemu. Uspješnosti održavanja se očituje i u parametrima raspoloživosti telekomunikacionih uređaja koji moraju biti vrlo blizu 100%.

## 2. KARAKTERISTIKE BH TELECOM DD SARAJEVO

U BH Telecom d.d. Sarajevo RD Zenica se vodi računa o vrsti opreme koja se nabavlja za energetiku i tu najveći tehnički udio imaju radnici iz održavanja tih uređaja. Razlog tome je da iskustvo od 30- tak godina na poslovima održavanja daju dobre rezultate kod pouzdanosti takvih sistema. S tim saznanjima BH Telecom, kao vodeći telekomunikacioni operator na području BiH, je izvršio certifikaciju svojih poslovnih procesa kod eksterne certifikacijske kuće TÜV NORD. Ostvarivanje poboljšanja poslovanja i očuvanja pozicije tržišnog lidera izvršena je certifikacija svih poslovnih procesa pa i održavanja energetskih sistema. Procedure regulišu vrstu i redoslijed aktivnosti i ovlaštenja zaposlenika pri održavanju. Procedure ubrzavaju tok rada u održavanju tj. otklanjaju prazan hod tako da svaki učesnik u održavanju tačno zna svoj zadatak. Uspostavom službi za održavanje počelo se prilaziti problemu održavanja na osnovi operativnih procedura. Obim rada i djelatnost službi za redovno održavanje elektroenergetskih i mašinskih postrojenja su propisani upustvima i procedurama. Redovno održavanje navedenih elektroenergetskih i mašinskih postrojenja za napajanje telekomunikacionih uređaja obavlja se u određenim vremenskim periodima, koji se definišu posebno za sve vrste uređaja, i to poslovi koji se moraju obavljati:

- svakodnevno
- periodično
- svakih godinu dana.

Naročito važan segment u kvalitetnom održavanju je redovan preventivni obilazak u terminima predviđenim uputstvima proizvođača i uputstvima održavanja ovog poslovnog sistema.

Segment održavanja energetskih sistema je u skladu sa trendovima u upravljanju održavanja tj. filozofiji održavanja, kao što su metode TQM totalnog upravljanja kvalitetom i JIT just-in-time (tačno-na-vrijeme). Trošak koji održavanje ima za vrijeme svog djelovanja je prihvatljiv u odnosu na obezbjeđenje pouzdanosti i efikasnosti pružanja telekomunikacionih usluga.

### 3. METODE USPJEŠNOSTI ODRŽAVANJA

Uspješnost navedenih i drugih pristupa održavanju treba da se mjeri i ocjenjuje na osnovu čega bi se donosile odluke o poboljšanjima. Postoje razne metode za mjerenje uspješnosti održavanja, a prema kriterijumima se mogu indentifikovati kao:[1]

- indikatorske
- funkcionalno – indikatorske
- metode učinka
- grafičke metode
- ostale metode

Indikatorske metode su najstarije, najviše primjenjivane metode u praksi. Suština im se sadrži u izboru određenog broja promjenjivih veličina, tj indikatora koji opisuju karakteristike održavanja. Praćenjem i upoređivanjem tih indikatora i upoređivanju sa normiranim vrijednostima i vrijednostima iz drugih istih ili sličnih poslovnih sistema dobiju se pokazatelji uspješnosti održavanja.[1]

Funkcionalno-indikatorske metode su takve da se od izabranih indikatora formiraju matematički modeli, odnosno formule za uspješnost održavanja:[1]

$$E = f ( K_i , I_i ) \quad \dots (1)$$

gdje je:

$K_i$  – određena konstanta

$$I_i = \frac{X_k}{X_i} - \text{odabrani indikator uspješnosti}$$

Postoji više vrsta ovih metoda, a njihova razlika je u broju i vrsti varijabli tj indikatora koji se uključuju, a samim tim i rješenja su drugačija.[1]

Metode učinka karakteriše određivanje uspješnosti kao odnos učinka i ulaganju u održavanje. Osnovna prednost učinjskih metoda nad ostalim metodama je ta što održavanje nije samo mjesto troška već je i funkcija koja doprinosi ispunjenju ciljeva poslovnog sistema. Učinske metode su analitičke i globalne i nisu homogene.[1]

Grafičke metode određuju uspješnost održavanja prema određenim indikatorima te se prikazuju grafički, a po određenim pravilima određuju uspješnost. Rezultati dobijeni ovom metodom nisu invarijantni (nepromjenjivi) s obzirom na karakteristike tehnološkog sistema koji se održava.[1]

Postoje i druge metode koje opisuju uspješnost održavanja.

Zadatak ovog rada je poboljšanje funkcionalno-indikatorske Corder-ove metode, zasnovano na novim saznanjima iz uspješnosti održavanja.

### 4. POBOLJŠANJE FUNKCIONALNO-INDIKATORSKE CORDER-OVE METODE

Služba za energetiku u DD BH TELECOM Sarajevo Direkcija Zenica u svom radu konstantno traži modalitete za uštedu energije na svim poljima. Tako kod nabavke uređaja vodi se iskustvom da svaki telekomunikacioni sistem mora biti kategorisan prema važnosti.

Tako se došlo do kategorizacije prioriteta unutar sistema. Prvi prioritet imaju sistemi tj. objekti koji daju najveći doprinos zaradi i najveću koncentraciju telekomunikacionih uređaja. Takođe kod nabavke novih uređaja se pazi na energetska klasu radi uštede električne energije što u konačnici ima smanjenje toškova. Zatim ovdje se mogu dodati i novi zahtjevi za primjenu alternativnih izvora energije (obnovljivih) gdje se održavanje u poslovnom sistemu polako transformiše u segment poslovnog sistema koji "ostvaruje" prihod, a ne samo trošak. Iskustvom u dosadašnjem održavanju uređaja energetike se došlo do zaključaka da je veća raspoloživost uređaja kad se npr. u objektu formira redundantno napajanje i klimatizacija. Tad se mogu kupovati i jeftiniji sistemi, a pouzdanost i raspoloživost se neće narušiti. Tako se klimatizacija prostora kao jednog od najvećih potrošača el. energije može izvesti jeftinijim inverterskim klima uređajima koji sad na tržištu imaju višegodišnju garanciju. Samim tim mi smanjujemo potrebu za gomilanjem rezervnih dijelova za opravku, a kad se doda redundantni klima uređaj raspoloživost telekomunikacionih sistema se uveliko povećava. U određen broj objekata su ugrađene klime snage 4,20 kW (INVERTER) . Ova klima je standardna kućna klima bez dodatnih opcija. Cijena standardnih profesionalnih klima se kreće cca. od 6500 KM do 9000KM , a inverter od 1200 KM do 2500 KM.

Kad se uporede neke tehničke karakteristike ovih klima uređaja možemo doći do novih zaključaka.

*Tabela 1. Energetski parametri i nivo inteziteta zvuka standardnih klima i inverter klime[3]*

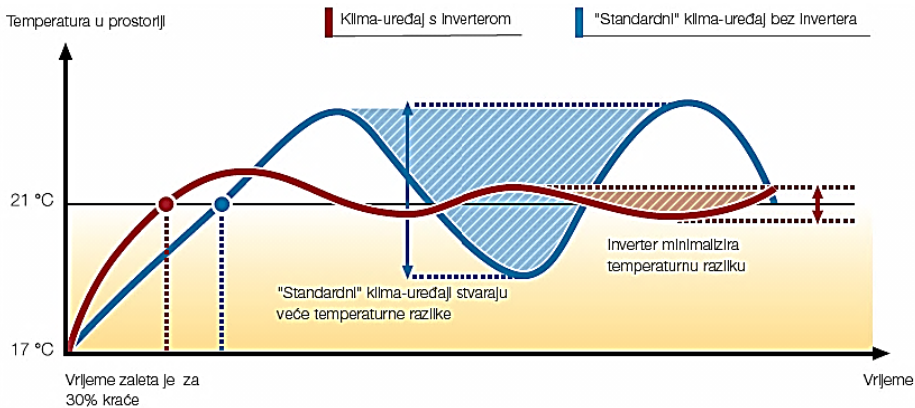
naziv klime	COP	ERR	nivo inteziteta zvuka (dB)
klima 1	1	2,9	49
klima 2	1	3,1	52
klima 3	1	3,3	47
inverter	4,44	4,12	46

gdje je :

COP - Coefficient of Performance, (koeficijent performansi grijanja)

ERR - Energy Efficiency Ratio, (odnos energetske efikasnosti hlađenja)

Ovdje vidimo da je odnos uložene i predate energije na strani inverter klima tako da je i potrošnja električne energije manja. Ove klime koriste obrnuti proces kod grijanja , a pošto su invertorske raspon grijanja je od -15 do +24 C, a hlađenja je od -15 do +45 C. Ostale klime su podjednake tehničke karakteristika tako da im je hlađenje od -5 do 36 C , grijanje je električnim grijačem pa je odnos 1:1 primljene i predate energije.



Slika 1. Upoređivanje temepraturnih razlika snadardnih klima uređaja i inverter [3]

Da bi ovo potvrdili pratilo se stanje raspoloživosti uređaja sa standardnim klima uređajima i inverter klima uređajima za isti period. Period praćenja stanja raspoloživosti telekomunikacionih usluga u DD BH TELECOM Sarajevo Direkcija Zenica je godinu dana i u tom periodu su se upoređivanjem dobili relevantni podaci o vrsti i tipu klima uređaja koji bi svojim karakteristikama i ekonomskom opravdanošću u potpunosti zadovoljio zahtjeve. Posmatrano sa aspekta raspoloživosti i potrošnje energije na energetskim uređajima za godinu dana (posmatranA 32 objekta u periodu januar 2009 – januar 2010.godine).

Tabela 2. Tabelarni prikaz smetnji energetike 2009-2010 godina [4]

Ukupno smetnji prema uzroku				
Uzrok u energetici	br.ispada sa klima uređajem tip 1	trajanje (min)	br.ispada sa klima uređajem tip 2	trajanje (min)
klima uređaji	78	12.000	33	6.000
ispravljači	55	4.000	28	3.000
aku baterije	23	7.150	18	6.750
mrežno napajanje	17	6.221	29	7.007
radovi	46	4.900	31	2.900
nepoznat uzrok	8	800	3	300
ljudski faktor	9	4.950	4	1.950
<b>Ukupno :</b>	<b>236</b>	<b>40.021</b>	<b>146</b>	<b>27.907</b>

Iz ovog se može izračunati raspoloživost telekomunikacionih uređaja za promatrani period i posmatrani broj objekata.

Pa imamo za klima uređaj TIP 1 raspoloživost:

1 godina = 525.600 minuta

$$R(t) = \frac{T_{ur} - T_z}{T_{ur}} \cdot 100\% = \frac{525600 - 40021}{525600} \cdot 100\% = 92,39\% \quad \dots\dots (2)$$

gdje je :

$T_z$  [min] – vrijeme u zastoju

$T_{ur}$  [min] – vrijeme u radu

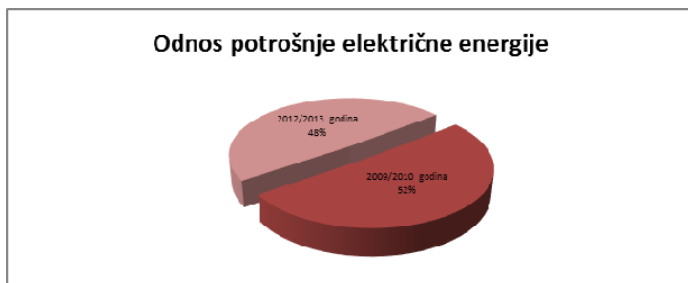
U periodu januar 2012 – 2013 godine posmatrani su isti objekti, pa je raspoloživost uređaja energetike povećana udvajanjem na kritičnim mjestima klima uređaja i ispravljačkih jedinica. Naročito je usmjerena pažnja na povećanje raspoloživosti mjesta sa najvećim prihodom. Takođe su i zamjenjeni standardni klima uređaji i ugrađeni su inverter klima uređaji.

Gdje je za klima uređaj TIP 2 (2790 min) primjenom izraza (2) raspoloživost  $R(t) = 94,69\%$

Pregled potrošnje električne energije u objektima koji koriste standardne klima uređaje u periodu 2009/2010 i inverterske klima uređaja 2012/2013 godina.

Tabela 3. Pregled raspoloživost energetskih sistema sa standardnim i inverterskim klima uređajem [4]

Redni broj	objekat	2009/2010 godina MWh	2012/2013 godina MWh
1	Objekat 1	24,90	24,20
2	Objekat 2	6,73	8,84
3	Objekat 3	9,93	9,71
4	Objekat 4	7,36	6,90
5	Objekat 5	11,40	12,19
6	Objekat 6	11,19	9,50
7	Objekat 7	10,84	10,17
8	Objekat 8	11,91	10,68
9	Objekat 9	8,74	8,35
10	Objekat 10	3,60	3,37
11	Objekat 11	4,36	4,14
12	Objekat 12	7,23	6,89
13	Objekat 13	9,43	9,02
14	Objekat 14	10,45	10,00
15	Objekat 15	5,19	4,85
16	Objekat 16	4,68	4,36
17	Objekat 17	12,88	12,31
18	Objekat 18	11,73	11,19
19	Objekat 19	5,79	5,46
20	Objekat 20	4,61	4,31
21	Objekat 21	9,71	9,32
22	Objekat 22	8,37	8,01
23	Objekat 23	7,58	7,21
24	Objekat 24	6,26	5,95
25	Objekat 25	9,88	9,47
26	Objekat 26	11,27	10,78
27	Objekat 27	9,78	9,34
28	Objekat 28	8,77	8,34
29	Objekat 29	11,33	10,86
30	Objekat 30	8,45	8,08
31	Objekat 31	17,12	16,72
32	Objekat 32	9,09	8,65
<b>ukupno 1</b>		<b>300,52</b>	<b>289,15</b>



Slika 2. Pregled potrošnje električne energije standardnim i inverterskim klima uređajem [3]

Te se ovdje zaključuje da:

$$E_{us} = E_{ukupno1} - E_{ukupno2} = 11,37 \text{ MWh}$$

Ovdje se uočava manja potrošnja električne energije u istim objektima u periodu od godinu dana 2012/2013 godina sa inverter klima uređajima za 11,37 MWh, nego za period 2009/2010 godina sa standardnim klima uređajima.

Odnosno procentualno gledano na 32 objekta potrošnja je manja i kreće se

$$E_u = \frac{289,1E}{300,52} \cdot 100 = 96,2\% \quad \text{od dosadašnje potrošnje tj ušteda je 3,78 \%}$$

Kad se tu doda i cijena uređaja koja je niža od standardnog profesionalnog uređaja, te raspoloživost i ušteda energije može se reći da održavanje ima za cilj da prikaže održavanje kao jedan segment poslovnog sistema koji ima dosta uticaja na upravljanje energijom. Sagledavajući gore navedeno zadatak ovog rada je poboljšanje funkcionalno- indikatorske Corder-ove metode oduzimajući od troškova održavanja upravljanje energijom i to:

$$E = \frac{K}{XC+YL+ZW} = \frac{K}{S} = \frac{K}{\text{Šteta zbog održavanja}} \quad \dots(3)$$

gdje je:

XC – ukupni godišnji troškovi održavanja

YL – vrijeme izgubljeno zbog zastoja koje je uslovalo održavanje uzeto kao procenat ukupnog proizvodnog vremena,

ZW – škart koji je nastao zbog kvara postrojenja izražen u procentima od ukupno ostvarena proizvodnje.

$K = 10^4 \div 10^8$  – numerički koeficijent koji se uzima radi pojednostavljenja i veće signifikantnosti veličine E ( da se dobije veličina veća od 1)

U sadržaju nazivnika se vidi da zbir predstavlja gubitke proizvodnog sistema zbog održavanja.

Nakon višegodišnjeg iskustva u održavanju i tehnološkim unapređenjima uređaja koje se koristi za napajanje i hlađenje telekomunikacionih objekata BH Telecom radnici održavanja su došli do novih saznanja u vezi održavanja. Održavanje sad predstavlja segment poslovnog sistema koji ne stvara samo trošak već stvara na neki način i dohodak [2] kroz “pametnu” nabavku uređaja za klimatiziranje prostora i napajanje tražeći visoku energetska učinkovitost svih uređaja, a u budućnosti se planira i korištenje alternativnih načina napajanja i hlađenja (solarne ćelije , rekuperacija i sl) tako da se Corder-ov izraz koji je gore naveden može “popraviti” procentom upravljanja energijom  $U_E$ . Upravljanje energijom predstavlja koeficijent koji sadrži sve uštede, zarade i druge pogodnosti koje popravljaju poslovnu sliku preduzeća odnosno daju povoljniji izlazni rezultat.

Tako da modifikovani izraz je:

$$E = \frac{K}{XC+YL+ZW-U_E} \quad \dots(4)$$

$U_E$  – upravljanje energijom kroz funkciju održavanja

## 5. ZAKLJUČAK

Rješenje problema raspoloživosti ogleda se u redukciji tj. u radnom i rezervnom klima uređaju. Potrebno je utvrditi prioritete i to na način da je telekomunikacioni objekat sa najvećom zaradom po mjesecu (pratiti period od 3 mjeseca) prvi prioritet. Drugi prioritet je telekomunikacioni objekat koji ima opremu koja opslužuje više telekomunikacionih sistema u svom sastavu, a treći prioritet ostali telekomunikacioni objekti.

Na osnovu pokazatelja rješenje je u nabavci i montaži dvije rashladne jedinice, tako da se ukupna cijena kreće do 60 % cijene standardnog klima uređaja.

Ovo rješenje omogućava osim uštede električne energije na način da klima uređaji nove generacije inverter tehnologije omogućavaju veoma povoljan odnos Energy Efficiency Ratio, EER (odnos energetske efikasnosti hlađenja) i Coefficient of Performance, COP (koeficijent performansi grijanja) već i veću raspoloživost telekomunikacionih uređaja što konkretno dovodi do smanjenja troškova i povećanja zarade. Na Tabeli 1. se vide odnosi tako da ako je rashladna snaga inverter jedinice 4,20 kW i grijanja 6 kW maksimalna električna snaga uređaja je 1050 W , a to je u poređenju sa učinkom velika ušteda. Naravno uz redovno planirano održavanje uvijek ovakve vrste klima jedinice se produžava i u slučajevima konstantnog rada kakav zahtjeva telekomunikaciona oprema. Treba napomenuti da standardni klimatizeri rade kod vanjskih temperatura u rasponu od 0 do 36°C hlađenja i od -5 do 10°C grijanja, a inverter klimatizeri -15 do 46°C hlađenja i od -15 do 24°C grijanja.

Garantni rokovi u sadašnjem vremenu inverterskih klima se kreću od 3 do 5 godina , te je to jedan od povoljnih momenta koji u startu rješava problem održavanja za dati period. Nakon garantnog roka, kvarovi koji se najčešće javljaju na ovoj vrsti uređaja su jednostavniji, a cijena rezervnih dijelova je identična ili čak niža nego rezervni dijelovi standardnih klima jedinica, tako da se tu odnosi neće mnogo promijeniti ili će biti povoljniji. Perspektiva je razvojem tehničkih sistema uvođenje alternativnih izvora napajanja (solarna energija, vjetro energija i dr.) gdje će udio održavanja se povećati dobit poslovnog sistema. BH Telecom je kompanija koja ima veoma dobro razvijen sistem održavanja uređaja. Da bi sistem bio još bolji, treba poraditi na informacionim sistemima u okviru preduzeća da radi zadovoljenja potreba održavanja i koncentrisanju raznih podataka na jedno mjesto. Koristeći te podatke u budućnosti sigurno će se dobiti povoljni pokazateljina osnovu poboljšane Corder-ove metode. S tim u vezi možemo reći da poboljšanje funkcionalno indikatorske Corder-ove metode ima smisla, jer su se radikalno promijenili uslovi rada u donosu na vrijeme kad se ova metoda pojavila i tehnološki napretkom uređaja mašina i alata se može reći da se poboljšanja koja se baziraju na iskustvu daju mnoge benefite u održavanju.

## 6. LITERATURA

- [1] Safet Brdarević (1988), „USPJEŠNOST ODRŽAVANJA“, OMO, Beograd,
- [2] Safet Brdarević (1993), „ODRŽAVANJE SREDSTAVA ZA RAD“, Mašinski fak. Zenica
- [3] Katalog proizvođača opreme „FUJITSU“ AIRSTAGE V series 2009 godine, katalog proizvođača opreme „RC GROUP“ MINIPAC 2010 godina, katalog proizvođača opreme „STULZ“ WALL-AIR 2011 godina.
- [4] Dokumentacija Službe za energetiku BH TELECOM dd Sarajevo, Direkcija Zenica