

Predmet: Mišljenje o ispunjenosti kriterijuma za priznavanje tehničkog rešenja

Na osnovu dostavljenog materijala, u skladu sa odredbama *Pravilnika o postupku i načinu vrednovanja, i kvantitativnom iskazivanju naučnoistraživačkih rezultata istraživača*, koji je doneo Nacionalni savet za naučni i tehnološki razvoj Republike Srbije ("Službeni glasnik RS", br. 38/2008) **recenzenti: Prof. dr Dragutin Debeljković, Mašinski fakultet u Beogradu, i Prof. dr Tomislav Šekara, Elektrotehnički fakultet u Beogradu**, su ocenili da su ispunjeni uslovi za priznanje svojstva tehničkog rešenja sledećem rezultatu naučnoistraživačkog rada:

NAZIV: Industrijski prototipovi regulisanih pogona vibracionih sita u sistemu odvodenja šljake i filterskog pepela na TENT-B, Obrenovac (Ugovor br. 1825 od 10.03.2015, JP EPS Beograd-Privredno društvo "Termoelektrane Nikola Tesla" d.o.o, Ogranak: TENT-B, Ušće, Predmet: "Adaptacija pogona vibrosita TENT-B")

Autori: Dr Željko Despotović, M.Sc. Aleksandar Pavlović, M.Sc. Dušan Ivanić, M.Sc Vojislav Arsovski

Kategorija tehničkog rešenja: M(82) – industrijski prototip

OBRAZOŽENJE

Recenzentska komisija je utvrdila da je predloženo rešenje urađeno za firmu JP EPS Beograd-Privredno društvo "Termoelektrane Nikola Tesla" d.o.o, Bogoljuba Uroševića Crnog 44, Obrenovac, Ogranak: TENT-B, Poštanski fah br. 35, Ušće

Subjekt koji rešenje koristi: TENT-B, Poštanski fah br. 35, Ušće, Obrenovac

Predloženo rešenje je urađeno: u periodu mart 2015 – novembar 2015. godine.

Subjekt koji je rešenje prihvatio i primenjuje: TENT-B, Poštanski fah br. 35, Ušće, Obrenovac

Rezultati su verifikovani na sledeći način, tj. od strane sledećih tela:

1. Eksploraciona ispitivanja na TENT-B, Ušće, Obrenovac, (Služba elektro i mašinskog održavanja na sistemima elektrostatičkih filtera, transporta šljake i filterskog pepela)

2. Projekat Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije:

TR33022- Integrirani sistemi za uklanjanje štetnih sastojaka dima i razvoj tehnologija za realizaciju termoelektrana i energana bez aerozagadjenja

3. Pismeno mišljenje dva recenzenta: Prof.dr Dragutin Debeljković, Mašinski fakultet, Beograd, Salamon, ETF-Beograd, Prof.dr Tomislav Šekara , ETF-Beograd

4. Naučno veće Instituta "Mihajlo Pupin" d.o.o. , Beograd, na osnovu mišljenja reczenzata i priloženih dokaza izdalo je Odluku br. 2884-23/15, od 28. novembra 2015, o priznavanju Tehničkog rešenja koje potvrđuje da ono ispunjava uslove da bude priznato kao tehničko rešenje iz kategorije M82 (Industrijski prototip).

Predloženo rešenje se koristi na sledeći način: Integralni je deo opreme i sistema za odvođenje šljake i filterskog pepela na TENT-B, Ušće, Obrenovac

Oblasti na koju se tehničko rešenje odnosi: mašinstvo, energetika, energetska efikasnost, elektronika, i uže oblasti: automatsko upravljanje, elektromotorni pogoni, vibracioni transport

Problem koji se tehničkim rešenjem rešava:

Vibraciona sita (engl. *vibratory screens*, *vibratory sieves*) su mašine koje mehaničkim vibracijama vrše razdvajanje materijala prema granulaciji, na frakcije. Broj frakcija zavisi od broja etaža na vibracionom sistemu [1-2], [4]. U ovom tehničkom rešenju razmatra se jedna etaža, obzirom na to da se rekonstruišu postojeća dva sita u sistemu za transport i odvođenje elektrofiltrarskog pepela i šljake, a svako vibraciono ima po jednu etažu. Vibraciona sita mogu da se koriste za suvo prosejavanje ili prosejavanje sa ispiranjem, uz dodatak sistema za ispiranje. Svako od vibracionih sita se sastoji od korita koje je oslonjeno na noseće ramove preko pritisnih cilindričnih zavojnih opruga i elektro-mehaničkog oscilatornog sistema koji izaziva mehaničke vibracije rešetke sita, koja razdvaja materijal na frakcije. Za rad vibracionih sita značajna su četiri parametra: amplituda, masa koja se prosejava, učestanost oscilovanja sita, nagibni ugao sita u odnosu na horizontalu i upadni ugao pobudne sile koja delu na rešetku sita [1-3]. Promena amplitude oscilacija korita sita utiče na intenzitet prosejavanja i ova promena vrši se uzajamnim (relativnim) zakretanjem ekscentričnih zamajaca. Promena učestanosti oscilovanja utiče na kvalitet prosejavanja pepela i odvajanja šljake, a ostvaruje se neposredno promenom brzine obrtanja pogonskih elektromotora. Povećanje mase u koritu iziskuje povećanje snage pogonskih elektromotora. Kao pogonski elektromotori najčešće se koriste trofazni asinhroni motori sa kratko spojenim rotorom.

Postojeće stanje sistema vibracionih sita

Na postojećem sistemu za odvođenje šljake i filterskog pepela na TENT- "B" jedan od ključnih delova je sistem za vibraciono prosejavanje smeše šljake i filterskog pepela. Postojeći sistem za prosejavanje čine dva nezavisna vibraciona sita. Svako od vibracionih sita se oslanja na 4 pritisne čelične zavojne opruge. Pobudna sila se ostvaruje obrtanjem ekscentričnih zamajaca postavljenih na gornjem delu korita sita. Ekscentrični zamajci su postavljeni na zajedničko vratilo koje se preko kaišnog prenosa pokreće trofaznim asinhronim motorom 0.4kV/4kW sa kratko spojenim rotorom. Nominalna brzina obrtanja pogonskih motora je stalna i iznosi 1450 ob/min (sinhrona brzina 1500 ob/min, broj pari polova 2). Elektromotorni pogon je neregulisan, sa direktnim upuštanjem bez mogućnosti promene brzine obrtanja pogonskog motora. Prosejane sitnije čestice pepela se odvode dalje preko odgovarajućeg transportnog sistema, dok se izdvojeni krupniji komadi šljake (približnog srednjeg prečnika 30mm-80mm) vode u drobilicu gde se vrši njihova dodatna obrada i usitnjavanje. Promena amplitude oscilacija korita sita utiče na intenzitet prosejavanja i ova promena vrši se uzajamnim (relativnim) zakretanjem ekscentričnih zamajaca. Promena učestanosti oscilovanja utiče na kvalitet prosejavanja pepela i odvajanja šljake, a ostvaruje se neposredno promenom brzine obrtanja pogonskih elektromotora. Povećanje mase u koritu iziskuje povećanje snage pogonskih elektromotora. Kao pogonski elektromotori najčešće se koriste trofazni asinhroni motori sa kratko spojenim rotorom.

Problemi u radu i eksploataciji postojećih vibracionih sita

Ekscentarski pobudivači su sa pogonskim elektromotorom vezani kaišnim prenosom sa opružnim zatezačima. Usled povećanih udarnih oscilacija dolazi do pucanja kaiševa u prenosnom sistemu (Slika 1). Usled velikih bočnih i uzdužnih udarnih naprezanja dolazi do zamora materijala, a nakon toga i do oštećenja (pucanja) nosećih čeličnih zavojnih opruga (Slika 2). Kao posledica ovoga dolazi do zastoja transporta šljake i filterskog pepela, što ugrožava normalan rad sistema transporta, a u krajnjem slučaju onemogućava se normalni rad samog termo-energetskog bloka. Takođe i tokom uobičajenog rada (kada je ispravan rad prenosnog sistema i kada su noseće opruge u funkciji) dolazi do zagruženja transporta šljake i pepela obzirom da je ceo pogon frekventno i amplitudski neupravljiv. Pobudna sila je rotaciona i usled obrtanja ekscentričnih zamajaca obrće se ustvari vektor pobudne sile. Usled ovoga korito vrši ravno kretanje u vertikalnoj ravni po elipsastoj putanji koju opisuje vrh vektora pobudne sile. Nagibni ugao korita sita prema vodoravnoj ravni je stalni i iznosi 15° . Ne postoji mogućnost promene nagiba postojećeg sita. Usled kretanja težišta sita po elipsastoj putanji, i njegovog oscilatornog kretanja, javlja se slabiji efekat transportovanja odvojene šljake niz sito, što dovodi do toga de se deo šljake na situ čak vraća na gore, umesto da se transportuje na dole ka izlazu u koš drobilice. Sama vibraciona rešetka je ne odgovarajuća u pogledu krutosti (ima malu krutost), što prouzrokuje slabo prosejavanje. Nakon relativno malog broja radnih sati dolazi do njenog probijanja i oštećenja na pojedinim mestima. Postoji više razloga za ovaj krajnje negativan efekat: neadekvatno učvršćenje konstrukcije rešetke, slaba mehanička otpornost konstrukcije rešetke, slaba konstrukcija i mala debljina rešetke, neadekvatno vezivanje za konstrukciju, veliko udarno i vibraciono opterećenje, dugotrajni rad pod nepovoljnim uslovima. Sistem ispiranja vodom dodatno otežava održavanje i

cilj je da se on izbaci iz upotrebe (suvo odvajanje pepela od šljake).



Slika 1: Prikaz problematičnih mesta u kaišnom prenosu (pučanje kaiševa) postojećeg pogona vibracionih sita

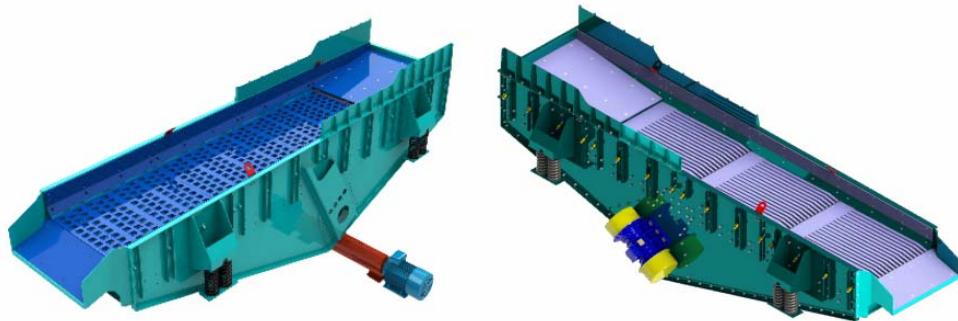


Slika 2: Problemi sa deformacijom i pučanjem nosećih opruga postojećih vibracionih sita

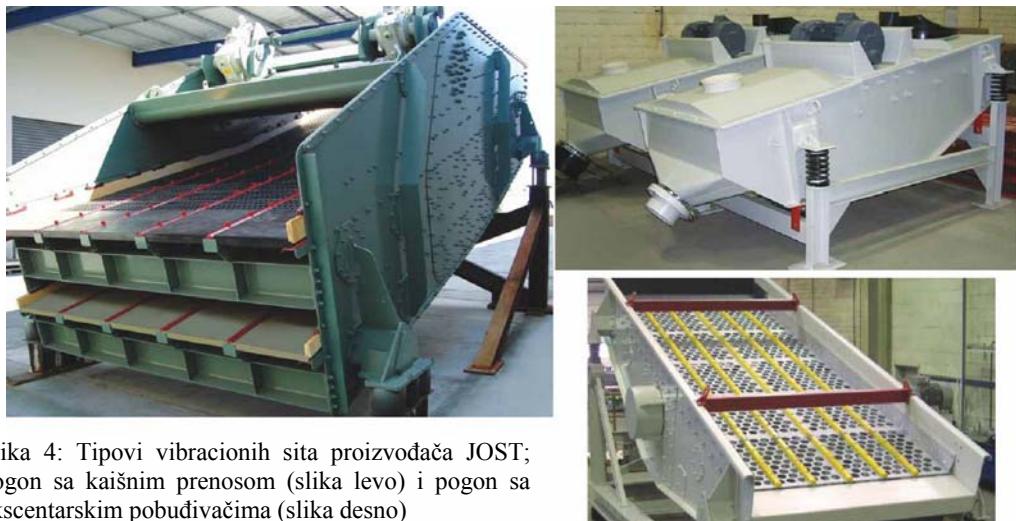
Iz prethodno pomenutih razloga potrebno je rekonstruisati postojeća vibraciona sita. Rekonstrukcija treba da sadrži projektovanje, demontažu postojećeg i ugradnju novog pouzdanog i funkcionalnog sistema, kao i puštanje u rad i konačnu eksploraciju kao integralni deo sistema transporta šljake i elektro filterskog pepela.

Stanje rešenosti problema u svetu:

Na svetskom tržištu postoje brojni proizvođači vibracionih sita i pripadajućih pogona. Najčešće korišćeni pogoni su ekscentarskim pobudivačima koji u sebi imaju kao pogonske jedinice trofazne asinhronne motore sa kratkospojenim rotorom koji se obrću konstantnom brzinom obrtanja. Uglavnom se na tržištu mogu naći tipovi sita sa eksentarskim pobudivačima i sa kružnim, elipsastim i linearnim kretanjem vibracione površine rešetke sita preko koje se vrši prosejavanje [1-2]. Oblik ove putanje zavisi od konfiguracije upotrebljenih ekscentarskih pobudivača [2]. Za rad vibracionih sita pored oblika putanje vibracione rešetke, značajna su četiri parametra: amplituda, masa koja se prosejava, učestanost oscilovanja sita, nagibni ugao sita u odnosu na horizontalu i upadni ugao pobudne sile koja delu na rešetku sita. Navećemo neke od najpoznatijih proizvođača vibracionih sita u svetu: ERIEZ-USA , VIBROPROCESS-Italija, FMC Technologies-USA, AVITEQ-Nemačka, JOST-Nemačka, OSBORN-Južnoafrička republika, kao i neke od domaćih proizvođača: EING-Smederevo, MEHANIKA-Aleksinački rudnici, InterMehanika-Smederevo i sl.. Linkovi na kojima se mogu videti proizvodni programi ovih firmi su dati u literaturi na kraju tehničkog rešenja [5-9].



Slika 3: Tipovi vibracionih sita proizvođača VIBROPROCESS; pogon sa kaišnim prenosom (slika levo), pogon sa ekscentarskim pobudivačima (slika desno); oba pogona su neregulisana i sa fiksni uglovim pobudne sile



Slika 4: Tipovi vibracionih sita proizvođača JOST; pogon sa kaišnim prenosom (slika levo) i pogon sa ekscentarskim pobudivačima (slika desno)

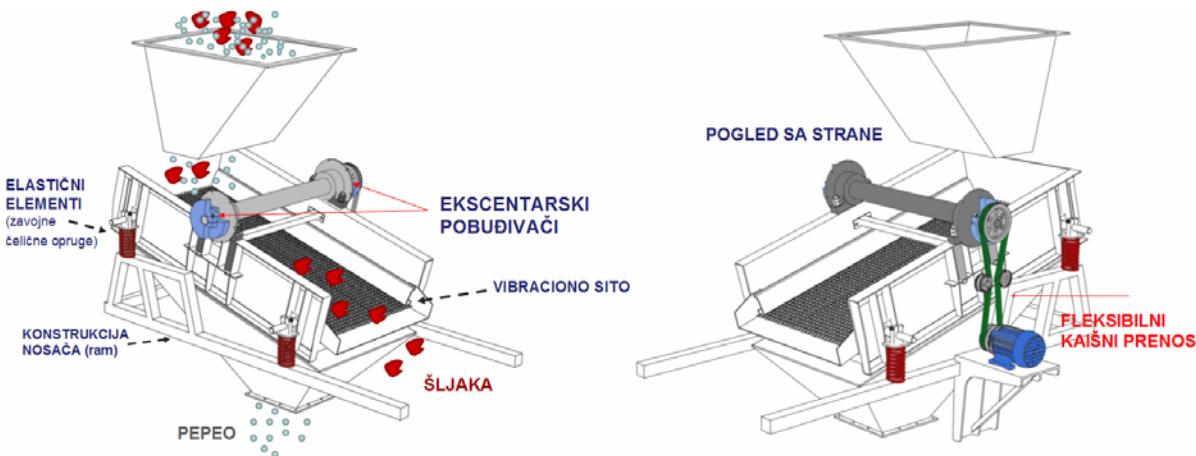
Uglavnom većina proizvođača kako u svetu tako i kod nas, isporučuju neregulisane pogone sa promenljivom amplitudom (što se postiže ručnim zakretanjem zamajnih masa, odnosno ekscentara) i sa fiksnom učestanošću pobudivanja, koja je određena brzinom obrtanja pogonskih elektromotora, kao i sa fiksnim uglovim pravca dejstva pobudne sile u odnosu na nagnutu rešetku vibracionog sita. Pred prethodno pomenutih konstatacija, tehnička rešenja koja su raspoloživa i koja se nude (neregulisani pogoni sa fiksnom učestanošću pobude i fiksni upadni uglovi pobudne sile), su izuzetno skupa. Tako na primer ponuda proizvođača AVITEQ za jedno novo vibraciono sito, koja uključuje novu konstrukciju sita, pobudivače sa fiksnom učestanostih pobude i fiksni upadni uglovi pobudne sile, je iznosila oko 100.000,00 Eu/situ. Pri tome proizvođač nije htio da se upušta u rekonstrukciju i nudio je kompletan sistem.

Suština tehničkog rešenja:

U okviru rešavanja prethodno pomenutih postojećih problema u radu dva vibracionih sita, svako u po jednoj tehnološkoj liniji sistema odvođenja (transporta) šljake i elektrofiltrarskog pepela na TENT-B, predviđeno je nekoliko faza: projektovanje, demontaža postojeće opreme i ugradnja nove opreme na postrojenju, puštanje u rad, priprema i izrada tehničke dokumentacije izvedenog stanja sa uputstvom za rukovanje i održavanje.

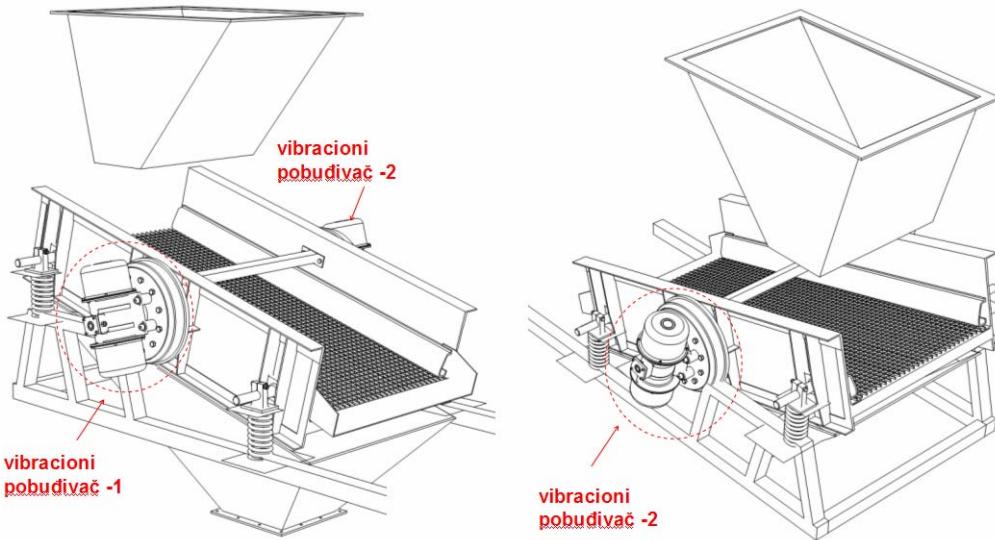
U okviru ovog tehničkog rešenja za oba vibraciona sita je izvršeno projektovanje pogonskih pobuđivača (mehanički i električni proračuni), projektovanje nosača pobuđivača (mehanički proračun), projektovanje elastičnih oslanjajućih elemenata korita sita, zasnovanih na specijalnim elastičnim (kompozitnim) materijalima (mehanički proračun), projektovanje elektro-upravljačkih jedinica sistema pobuđivača uključujući frekventnu regulaciju vibracija (električni proračun), projektovanje sistema pobuđivača sa mogućnošću podešavanja amplitude (ručno zakretanje ekscentra), podešavanja nagibnog ugla pobudne sile (ručno podešavanje zakretanjem vibracionog pobudivača) i kontinualnu elektronsku regulaciju učestanosti oscilacija (5Hz-100Hz). Frekventna regulacija je neophodna kako bi se za razne režime i razne vrste granulacije materijala koji se odvaja, dobio optimalan vibracioni transport odnosno prosejavanje, i shodno tome je eliminisan efekat zagušenja transportne linije. Pre same izrade sistema, svi tehnički proračuni su verifikovani softverskim metodama konačnih elemenata u programskim paketima SOLID WORKS i ANSYS. U programskom paketu SOLID WORKS napravljen je 3D model i prateći sklopni crteži, dok su u paketu ANSYS uradene simulacije: naprezanja u elastičnim (kompozitnim) elementima, analiza deformacija pod zadatim slučajevima opterećenja, studija zamora materijala i sl. . U nastavku će biti prikazano niz varijantnih rešenja (posredstvom istih softverskih paketa) koja su dovela do konačnog rešavanja svih postavljenih tehničkih problema.

Na Slici 5 je dato postojeće stanje na vibracionim sitima sa ekscentarskim pobuđivačima i elastičnim zavojnim elementima (čeličnim zavojnim oprugama). Fleksibilni kaišni prenos je smešten na jednu, bočnu, stranu sita. Takođe je prikazana sprega pogonskog elektromotora i vratila sa zamajcima. Sprega je ostvarena fleksibilnim kaišnim prenosom sa opružnim zatezačima.

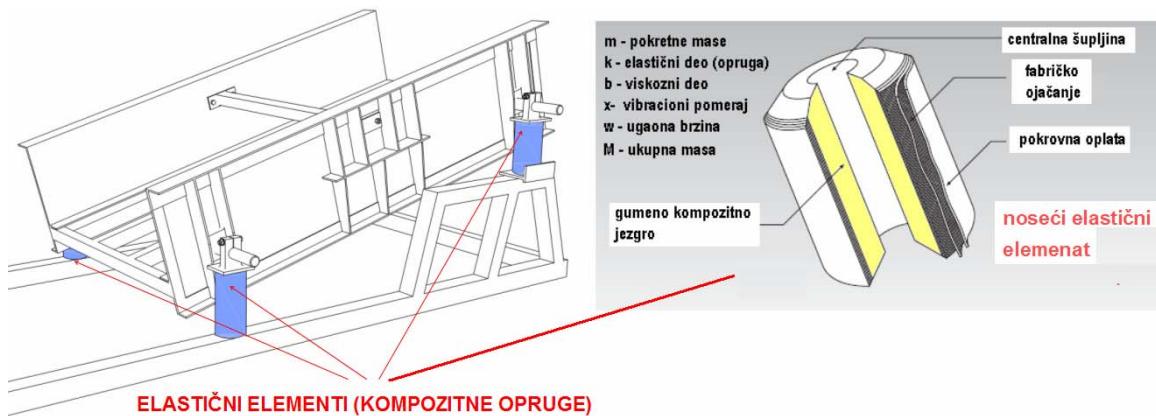


Slika 5: Postojeća konstrukcija vibracionih sita na TENT-B; dispozicija ekscentarskih pobuđivača i elastičnih zavojnih elemenata (slika levo) i dispozicija fleksibilnog kaišnog prenosa (slika desno)

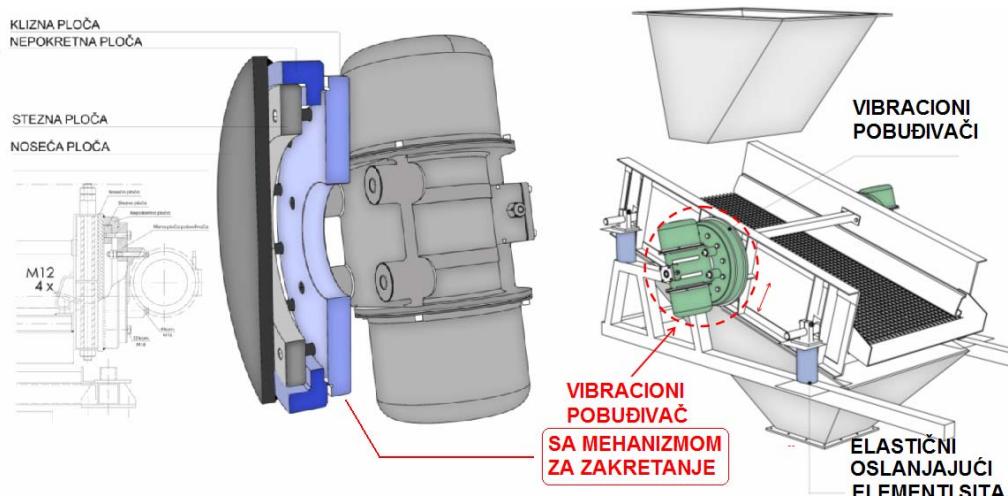
Na Slici 6 je dato prelazno *varijantno rešenje-1*. Suština ovog rešenja je ustvari zamena ekscentarskih pobuđivača sa kaišnim prenosom sa vibracionim pobuđivačima (2 kom.) sa integrisanim zamajnim masama i elektromotornim pogonom. Vibracioni pobuđivači su odvojeno montirani i nema njihove direktnе mehaničke sprege. U ovoj varijanti vibracioni pobuđivači nemaju mehanizam za zakretanje. Elastični elementi su ustvari čelične zavojne opruge koje su značajno opterećen bočno i uzdužno. Na Slici 7 je dato *varijantno rešenje-2*, koje se odnosi na zamenu zavojnih čeličnih opruga. Obzirom da su zavojne čelične opruge značajno opterećene uzdužno i poprečno ideja je da se ove čelične opruge zamene sa elastičnim kompozitnim elementima. Ovi elementi takođe podnose kako statička, tako i dinamička naprezanja. Bočna dinamička naprezanja su u ovom slučaju dominantna.



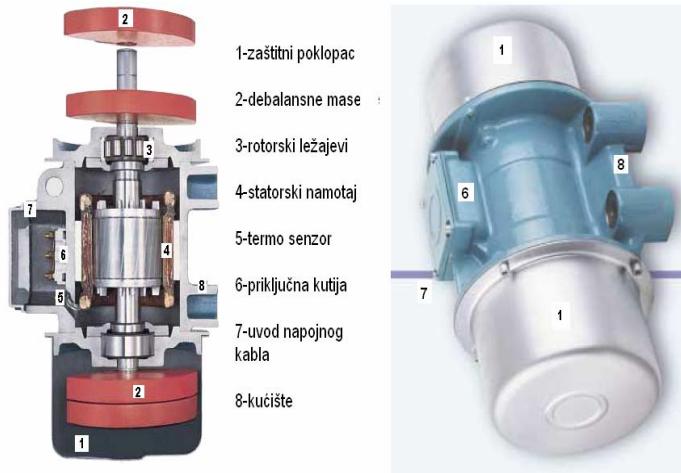
Slika 6: Varijantno rešenje-1; Dispozicija vibracionih pobudivača (slika levo) i pogled sa zadnje strane; uočiti orijentaciju vibracionog pobudivača 2



Slika 7: Varijantno rešenje-2; Dispozicija kompozitnih elastičnih opruga (slika levo) i struktura elastičnih elemenata (slika desno)



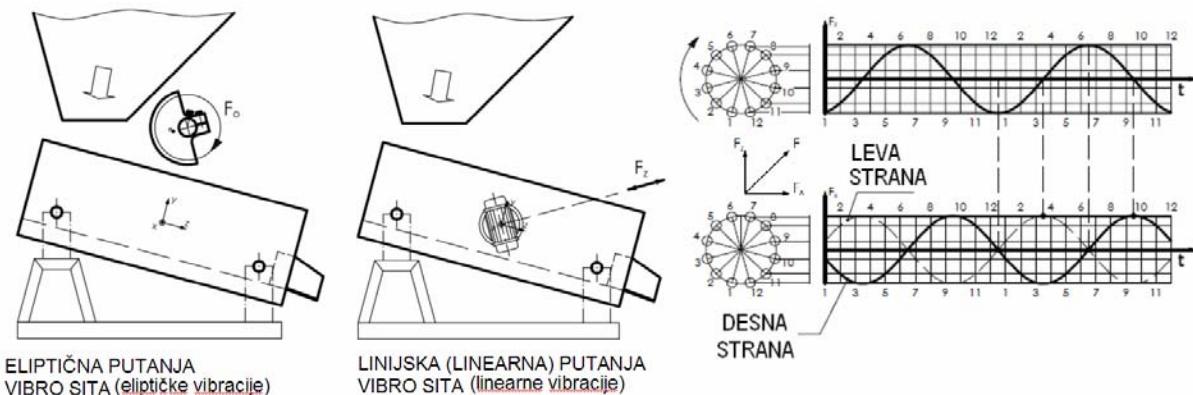
Slika 7: Varijantno rešenje-3; Konačno rešenje sa elastičnim kompozitnim oprugama, vibracionim pobudivačima sa integrisanim zamajnim masama i sa mehanizmom za zakretanje (zakretna ploča) vibracionih pobudivača.



Slika 8: Izgled i dispozicija elemenata vibracionog pobuđivača

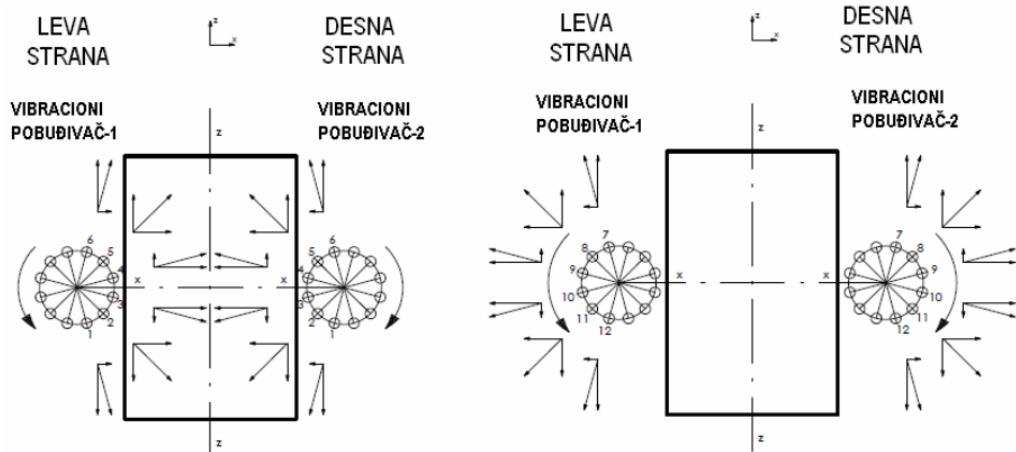
Na Slici 8 je dat izgled vibracionog pobuđivača i dispozicija pojedinih sklopova unutar njega: (1) zaštitni poklopac, (2) de-balansne mase, (3) rotorski ležajevi, (4) statorski namotaj, (5) termo-senzor, (6) priključna kutija, (7) uvodnik napojnog kabla i (8) kućište [7].

Na Slici 9 su data dva moguća tipa pobude zavisno od tipa pobuđivača. Postojeća varijanta sa ekscentrima obezbeđuje kružnu, odnosno eliptičnu putanju vibracionog sita (eliptičke vibracije). Predložena varijanta sa vibracionim pobuđivačima koji u sebi imaju integrisane zamajne mase obezbeđuje linijsku (linearnu) pobudu vibracionog sita, odnosno linerane vibracije. Na Slici 9 su takođe prikazani vremenski dijagrami sila vibracionih pobudivača.



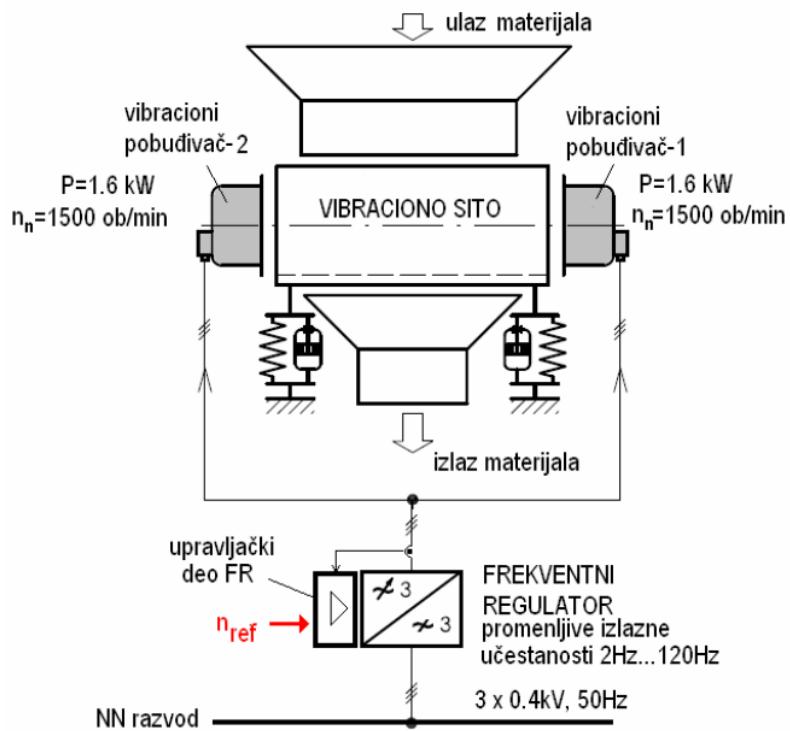
Slika 9: Tipovi pobude vibracionog sita i vremenski dijagrami za predloženu varijantu sa linijskim vibracijama.

Oscilatorna dejstva (pobudne sile) pobuđivača su prostoperiodične harmonijske, ali su pobudne sile leve i desne strane u protiv fazi. Vektorski dijagrami pobudnih sila vibracionih pobuđivača su dati na Slici 10. U jednom slučaju je pobudna sila usmerena ka osi sita, dok je u drugom slučaju usmerena od ose sita.

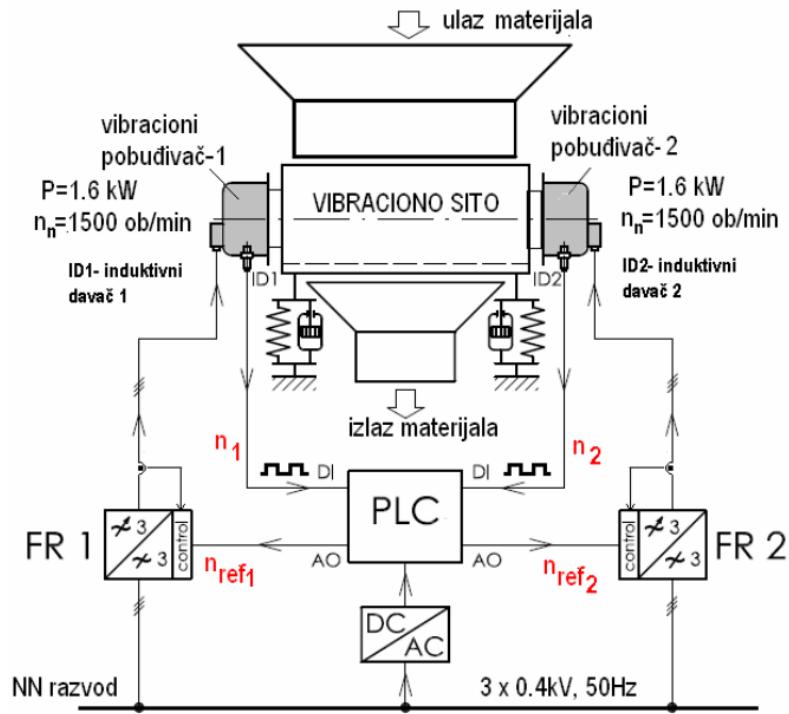


Slika 10: Vektorski dijagrami sila pobuđivača; pobudna sila usmerena ka osi sistema (prikaz levo) i od osi sistema (prikaz desno).

Pobudne sile vibracionih pobuđivača moraju biti sinhronizovane u protiv fazi i u poprečnom pravcu (osi vibracionog sita). Usled bilo kakve nesimetrije, čak i pri idealnoj ugradnji vibracionih pobuđivača, može doći do poremećaja linearnih oscilacija i do pojave bočnih oscilacija sita. Nivo tih oscilacija (amplituda) i njihova učestanost su utvrđene tokom puštanja u rad. Za prevazilaženje ovih problema uvedeno je adekvatno upravljenje i merenje položaja i brzine obrtanja ekscentarskih zamajaca. Prilikom rešavanja problema sinhronizacije autori su razradili dve upravljačke strukture. U jednoj varijanti (Slika 11) napajanje pogonskih motora vibracionih pobuđivača sa integrisanim zamajnim masama se ostvaruje iz istog frekventnog energetskog pretvarača (frekventnog regulatora) označenog na Slici 10 sa FR. Ova predložena struktura je bez povratne sprege i podrazumeva da postoji idealna simetrija svih oscilatornih masa. Zadata vrednost brzine obrtanja, odnosno referenca je ista za oba pogonska motora. Frekventni regulator obezbeđuje podešavanje brzine obrtanja pogonskih motora vibracionih pobuđivača, odnosno učestanost pobudne sile u opsegu 2Hz-120Hz.



Slika 11: Blok šema upravljačke strukture vibracionih pobuđivača u otvorenoj povratnoj spregi



Slika 12: Blok šema upravljačke strukture vibracionih pobudivača u zatvorenoj povratnoj sprezi

U drugoj varijanti (Slika 12) za napajanje svakog od pogonskih motora vibracionih pobudivača sa integrisanim zamajnim masama, se koriste odvojeni frekventni regulatori FR1 i FR2. Ova struktura rešava problem koji može nastati usled eventualne de-sinhronizacije vibracionih pobudivača. U ovom slučaju se kao centralna upravljačka jedinica koristi programabilni kontroler PLC koji na osnovu signala o brzini obrtanja pogonskih motora i na osnovu implementiranog algoritma zadaje analogne reference n_{ref1} i n_{ref2} na analogne ulaze frekventnih regulatora FR1 i FR2, respektivno. Za merenje brzine obrtanja pogonskih motora su korišćeni veoma precizni, industrijski induktivni davači ID1 i ID2, sa velikom imunošću na vibracije, koji ma su izloženi, obzirom da se montiraju na oscilatorno kućište vibracionih pobudivača.

Na kraju treba napomenuti i koja bi bila tehnička ograničenja, odnosno maksimalne performanse predloženog rešenja. Jedno ograničenje bi svakako bilo ograničenje po masi, koju pokreću električni pobudivači. Ova masa je određena masom korita sita i protokom šljake kroz dovodni levak sistema $m=\{500 - 1200\}[\text{kg}]$. Drugo ograničenje je po pobudnoj učestanosti. Ograničenje učestanosti oscilovanja korita sita određeno je mehaničkom izdržljivošću ležajeva elektro-vibracionog pobudivača i brojem pari polova njegovih namotaja, kao i karakteristikama frekventnih regulatora za njihovo napajanje, $n=\{150 - 3000\}[\text{ob/min}]$ ili $f=\{5 - 100\}[\text{Hz}]$. Ograničenje amplitude oscilovanja vibracionog sita je određeno masom i najmanjim uglom između ekscentričnih zamajaca pobudivača $A_m=\{1 - 10\}[\text{mm}]$. Ograničenje snage određeno je nazivnim snagama električnih pobudivača, kao i njihovom masom obzirom na to da su snage reda veličine $P=\{1 - 4\}[\text{kW}]$. Treba napomenuti da su ova ograničenja su međusobno zavisna iako se nezavisno podešavaju. Naime pri maksimalnoj snazi pobudivača moguće je postići veću učestanost prosejavanja, pri manjoj amplitudi i obrnuto (pri istoj masi šljake na rešetci sita).

Karakteristike predloženog tehničkog rešenja:

U ovom delu će biti prikazane slike suštinskih delova realizovanog tehničkog rešenja i biće date osnovne tehničke performanse realizovanog sistema vibracionih sita. Na Slici 13 je prikazan uporedni prikaz elastičnih oslanjajućih elemenata starog i novog vibracionog sita. Na Slici 14 je dat uporedni prikaz starog vibracionog sita baziranog na ekscentarskim pobudivačima i novog sistema sa vibracionim pobudivačima koji u sebi imaju integrisane zamajne mase. Na Slici 15 je dat prikaz energetskih ormana sa ugrađenim frekventnom regulatorima, kao i prikaz upravljačkog pulta vibracionih sita.



Slika 13: Uporedni prikaz elastičnih oslanjajućih elemenata; staro vibraciono sito (levo), novo vibraciono sito (desno)



Slika 13: Uporedni prikaz vibracionih sita; staro vibraciono sito (levo), novo vibraciono sito (desno)



Slika 15: Prikaz elektroupravljačkog razvodnog ormana sa frekventnim regulatorima

Tehničke karakteristike opisanog tehničkog rešenja su:

1. Masa praznog vibracionog sita: 500kg
2. Masa punog vibracionog sita : 1200kg
3. Mehanička sopstvena učestanost vibracionog sita: 3.76Hz
4. Mehanička radna učestanost vibracionog sita: 17.1Hz
5. Amplituda vibracija: 0-5mm
6. Amplituda vibracija – vibraciona širina : 0-10mm (peak-peak)
7. Maksimalna pobudna sila: 75.4kN (2x 37.7kN)
8. Nominalna pobudna sila: 22.5kN (2x 11.2kN)
9. Podešeni ekscentricitet (ugao između težišta zamajaca): 65°
10. Maksimalna snaga pogona: 4.4kW (2x 2.2kW)
11. Radna snaga pogona (nominalni režim): 3.6kW (2x1.8kW)
12. Napajanje regulisanog pogona : 3x 380V ±20%, 50Hz
13. Opseg izlazne električne učestanosti regulisanog pogona: 2Hz-120Hz (mehanička učestanost 1Hz-60Hz)
14. Tačnost frekventne regulacije: ±2%
14. Ulagani faktor snage regulisanog pogona: 0.9 (ind.)
15. Stepen iskorišćenja regulisanog pogona: 92%

Mogućnosti primene predloženog tehničkog rešenja:

Realizovano tehničko rešenje u sistemu za transport šljake i filterskog pepela bi se moglo primeniti u svim tehnološkim procesima i procesnim industrijama u kojim se vrši prosejavanje (proces razdvajanja materijala prema krupnoći, zasnovan na geometrijskom upoređenju oblika i veličine zrna sa oblikom i veličinom otvora prosejne površine) i klasifikacija (proces razdvajanja materijala i zrna koji se zasniva na različitim brzinama kretanja zrna različite krupnoće u nekom fluidu). Mehanički i elektro-upravljački sistem je realizovan na vibracionom situ sa jednom etažom, ali nema nikakve prepreke da se on primeni i u sistemima za prosejavanje i klasifikaciju , koji imaju više etaža. Pored ovoga, sistem vibracionih pobuđivača i pripadajući upravljački deo je moguće primeniti i u sistemima horizontalnog vibracionog transporta i doziranja rasutih i sitnozrnih materijala. Ovo je moguće ostvariti jednostavnim prilagodenjem zakretne ploče vibracionog pobuđivača. Ciljne industrije u kojima bi se realizovano tehničko rešenje moglo primeniti svuda gde se kao dominantna procesna tehnološka operacija koristi vibracioni transport: rudarstvo, proizvodnja građevinskog materijala (odvajanje frakcija u kamenolomima), prehrambena industrija, sistemi vibracionih sušača (kombinacija zagrevanja toplim vazduhom i vibracija), cementarama, kod sistema vibracionih dodavača na termoelektranama i sl.)

NAPOMENE:

Autori su priložili kao dodatnu potvrdu tehničkog rešenja sledeće dokumenta: (1) *Ugovor br. 1825 od 10.03.2015, JP EPS Beograd-Privredno društvo "Termoelektrane Nikola Tesla" d.o.o, Ogranak: TENT-B, Ušće, Predmet: "Adaptacija pogona vibrosita TENT-B"*), (2) Potvrdu korisnika (TENT-B, Obrenovac) o eksploataciji i korišćenju tehničkog rešenja

LITERATURA:

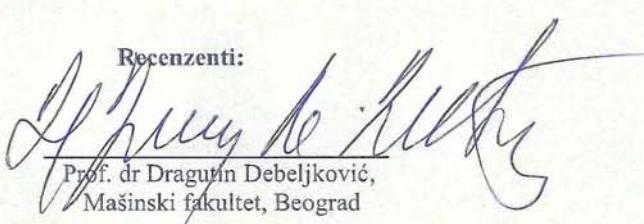
- [1] Goncharevich,I.F., Frolov, K.V., Rivin, E.I., "Theory of vibratory technology", Hemisphere Publishing Corporation, New York, 1990.
- [2] Parameswaran,M.A and Ganapahy,S., "Vibratory Conveying-Analysis and Design: A Review", *Mechanism and Machine Theory*, Vol.14, No. 2, pp. 89-97, April 1979.
- [3] Tošić, S.B., "Transportni uređaji-mehanizacija transporta", Mašinski fakultet Univerziteta u Beogradu-Institut za mehanizaciju, Beograd, 1999.
- [4] Grbović.M., Magdalinović.N., "Procesna oprema drobljenja i mlevenja mineralnih sirovina", Bakar-Bor, 1980.
- [5] http://www.vibroprocess.it/en/products/5-foundry_industry
- [6] <http://www.joest.com/en/products/screens.html>
- [7] http://www.aviteq.de/en/products/bulk_material/vibrating_screens.html
- [8] <http://www.fmctechnologies.com/en/SeparationSystems/Solutions/SolidsHandling.aspx>
- [9] <http://www.zycon.com/Literature/90765/2604468/Eriez-VibratoryScreeners-Brochure.pdf>
- [10] <http://www.osborn.co.za/sites/default/files/brochures/VibratingScreen.pdf>
- [11] http://www.cing.co.rs/vibraciona_sita.html
- [12] http://www.mehanika.rs/documents/vibro_sita_1.html

MIŠLjENjE RECENZENATA

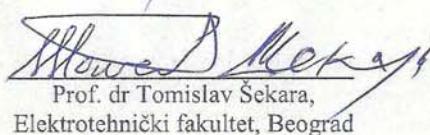
Autori tehničkog rešenja Dr Željko Despotović, M.Sc.Aleksandar Pavlović (Institut M.Pupin, Institut Mihajlo Pupin-Projekt Inženjering, Beograd) i M.Sc.Dušan Ivanić, M.Sc., Vojislav Arsovski (TENT-B) su jasno prikazali i obradili kompletnu strukturu tehničkog rešenja. Na osnovu svega navedenog u tehničkom rešenju recenzenti su ocenili da tehničko rešenje pod nazivom:

"Industrijski prototipovi regulisanih pogona vibracionih sita u sistemu odvođenja šljake i filterskog pepela na TENT-B, Obrenovac" predstavlja rezultat koji ima originalni stručni i naučno-istraživački doprinos. Sa zadovoljstvom predlažemo da se opisano tehničko rešenje prihvati kao tehničko rešenje u kategoriji M82 – industrijski prototip.

Recenzenti:



Prof. dr Dragutin Debeljković,
Mašinski fakultet, Beograd



Prof. dr Tomislav Šekara,
Elektrotehnički fakultet, Beograd

Predmet: Mišljenje recenzenta o ispunjenosti kriterijuma za priznavanje tehničkog rešenja

Na osnovu dostavljenog materijala, u skladu sa odredbama *Pravilnika o postupku i načinu vrednovanja, i kvantitativnom iskazivanju naučnoistraživačkih rezultata istraživača*, koji je doneo Nacionalni savet za naučni i tehnološki razvoj Republike Srbije ("Službeni glasnik RS", br. 38/2008) recenzent Prof. dr Dragutin Debeljković, Mašinski fakultet Univerziteta u Beogradu, ocenjuje da su ispunjeni uslovi za priznanje svojstva tehničkog rešenja,

NAZIV: *Industrijski prototipovi regulisanih pogona vibracionih sita u sistemu odvođenja šljake i filterskog pepela na TENT-B, Obrenovac*

Autori: Dr Željko Despotović, M.Sc. Aleksandar Pavlović, M.Sc. Dušan Ivanić, M.Sc Vojislav Arsovski

Kategorija tehničkog rešenja: M(82) – industrijski prototip

OBRAZLOŽENJE

Recenzent je utvrdio da je predloženo rešenje urađeno za firmu JP EPS Beograd-Privredno društvo "Termoelektrane Nikola Tesla" d.o.o, Bogoljuba Uroševića Crnog 44, Obrenovac, Ogranak: TENT-B, Poštanski fah br. 35, Ušće

Predloženo rešenje je urađeno: u period mart 2015 – Novembar 2015 godine.

Subjekt koji je rešenje prihvatio i primenjuje: TENT-B, Poštanski fah br. 35, Ušće, Obrenovac

Rešenje je rezultat projekata:

1. "Adaptacija pogona vibrosita TENT-B", Ugovor br. 1825 od 10.03.2015, JP EPS Beograd-Privredno društvo "Termoelektrane Nikola Tesla" d.o.o, Ogranak: TENT-B, Ušće

2. Projekat Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije:

TR33022- Integrисани системи за уклањање штетних састојака дима и развој технологија за реализацију термоелектрана и енергана без аерозагађења

Predloženo rešenje se koristi na sledeći način: Integralni je deo opreme i sistema za odvođenje šljake i filterskog pepela na TENT-B, Ušće, Obrenovac

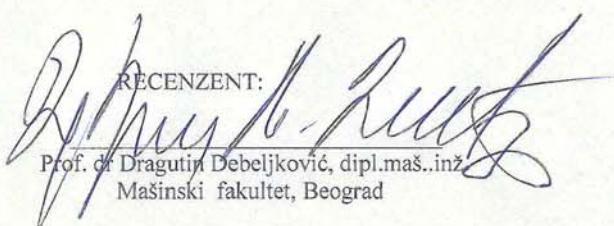
Oblasti na koju se tehničko rešenje odnosi: mašinstvo, energetika, energetska efikasnost, elektronika, i uže oblasti: automatsko upravljanje, elektromotorni pogoni, vibracioni transport

Autori su u ovom tehničkom rešenju predložili niz poboljšanja i uspešno ih na postojećem sistemu vibracionih sita (2 kom.) na transportnoj liniji za transport filterskog pepela i šljake na TENT-B, Obrenovac. Autori su predložili i realizovali potpuno novu konstrukciju vibracionih sita, uvodeći novi koncept elastičnog oslanjanja na kompozitnim elastičnim elementima, novu konstrukciju pobuđivača i zakretnog sistema, kao i sofisticirani upravljački sistem za kontrolu učestanosti vibracija i shodno tome vibracionog transporta i odvajanja šljake od filterskog pepela.

Autori su jasno i koncizno opisali problem, prikazali stanje u oblasti i dali detaljan opis tehničkog rešenja. Takođe autoru su dali detaljnu specifikaciju tehničkih karakteristika, i izglede pojedinih pozicija kao i slike realizovanih prototipova sita (2 kom.) na tehnološkoj liniji za transport šljake i pepela.

Na osnovu svega navedenog recenzent je ocenio da tehničko rešenje „*Industrijski prototipovi regulisanih pogona vibracionih sita u sistemu odvođenja šljake i filterskog pepela na TENT-B, Obrenovac*“, predstavlja rezultat u kategoriji M82- industrijski prototip.

U Beogradu 23.11.2015 god.


RECENTZENT:
Prof. dr Dragutin Debeljković, dipl.maš..inž.
Mašinski fakultet, Beograd

Predmet: Mišljenje recenzenta o ispunjenosti kriterijuma za priznavanje tehničkog rešenja

Na osnovu dostavljenog materijala, u skladu sa odredbama *Pravilnika o postupku i načinu vrednovanja, i kvantitativnom iskazivanju naučnoistraživačkih rezultata istraživača*, koji je doneo Nacionalni savet za naučni i tehnološki razvoj Republike Srbije ("Službeni glasnik RS", br. 38/2008) **recenzent Prof. dr Tomislav Šekara**, Elektrotehnički fakultet Univerziteta u Beogradu, ocenjuje da su ispunjeni uslovi za priznanje svojstva tehničkog rešenja,

NAZIV: *Industrijski prototipovi regulisanih pogona vibracionih sita u sistemu odvođenja šljake i filterskog pepela na TENT-B, Obrenovac*

Autori: Dr Željko Despotović, M.Sc. Aleksandar Pavlović, M.Sc. Dušan Ivanić, M.Sc Vojislav Arsovski

Kategorija tehničkog rešenja: M(82) – industrijski prototip

OBRAZLOŽENJE

Recenzent je utvrdio da je predloženo rešenje urađeno za firmu JP EPS Beograd-Privredno društvo "Termoelektrane Nikola Tesla" d.o.o, Bogoljuba Uroševića Crnog 44, Obrenovac, Ogranak: TENT-B, Poštanski fah br. 35, Ušće

Predloženo rešenje je urađeno: u period mart 2015 – Novembar 2015 godine.

Subjekt koji je rešenje prihvatio i primenjuje: TENT-B, Poštanski fah br. 35, Ušće, Obrenovac

Rešenje je rezultat projekata:

1. "Adaptacija pogona vibrosita TENT-B", Ugovor br. 1825 od 10.03.2015, JP EPS Beograd-Privredno društvo "Termoelektrane Nikola Tesla" d.o.o, Ogranak: TENT-B, Ušće

2. Projekat Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije:

TR33022- Integrirani sistemi za uklanjanje štetnih sastojaka dima i razvoj tehnologija za realizaciju termoelektrana i energana bez aerozagadženja

Predloženo rešenje se koristi na sledeći način: Integralni je deo opreme i sistema za odvođenje šljake i filterskog pepela na TENT-B, Ušće, Obrenovac

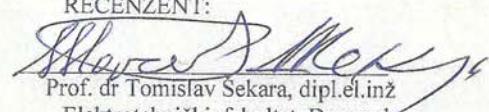
Oblasti na koju se tehničko rešenje odnosi: mašinstvo, energetika, energetska efikasnost, elektronika, i uže oblasti: automatsko upravljanje, elektromotorni pogoni, vibracioni transport

Autori su u ovom tehničkom rešenju predložili niz poboljšanja u mehaničkom delu konstrukcije (linearni pogon, sistem pobude, podešavanje zakretnog ugla pobuđivača, optimizaciju elastičnih oslonih elemenata) i upravljačkom delu vibracionih sita (2 kom.) na transportnoj liniji za transport filterskog pepela i šljake na TENT-B, Obrenovac. Pored rešavanja problema u mehaničkom delu, autori su predložili i realizovali potpuno novi sistem automatskog upravljanja učestanošću vibracija vibracionih sita, uvodeći dve koncepcije upravljačkih struktura. Obe strukture su primenljive zavisno od uslova ugradnje. Kontrolom učestanosti je omogućen optimalni režim vibracione rešetke za svako od sita, i na taj način optimalni vibracioni transport i prosejavanje, odnosno odvajanje pepela i šljake. Autori su jasno i koncizno opisali postoјeci problem, prikazali stanje u oblasti i dali detaljan opis tehničkog rešenja. Takođe autori su dali detaljnju specifikaciju tehničkih karakteristika, i izgledne pojedinih pozicija kao i slike realizovanih prototipova sita (2 kom.) na tehničkoj liniji za transport šljake i pepela.

Na osnovu svega navedenog recenzent je ocenio da tehničko rešenje „*Industrijski prototipovi regulisanih pogona vibracionih sita u sistemu odvođenja šljake i filterskog pepela na TENT-B, Obrenovac*“, predstavlja rezultat u kategoriji M82- industrijski prototip.

U Beogradu 23.11.2015 god.

RECENZENT:


Prof. dr Tomislav Šekara, dipl.el.inž
Elektrotehnički fakultet, Beograd

ИНСТИТУТ „МИХАЈЛО ПУПИН“ ДОО
Број: 2884/23-15
26. новембар 2015. године
Београд

На основу чл. 24. Статута Института „Михајло Пупин“ ДОО Београд – *Пречишћен текст* („Билтен“ бр.15/2014.), а у складу са одредбама Правилника о поступку и начину вредновања и квантитативном исказивању научноистраживачких резултата истраживача („Службени гласник РС“ бр. 38/2008), Научно веће Института „Михајло Пупин“ доноси следећи:

ОДЛУКУ

Прихвата се техничко решење под називом: Индустриски прототипови регулисаних погона вибрационих сита у систему одвођења шљаке и филтарског пепела на ТЕНТ-Б, Обреновац

Техничко решење је резултат рада на пројекту:

TP33022- *Интегрисани системи за уклањање штетних састојака дима и развој технологија за реализацију термоелектрана и енергана без аерозагађења*

Техничко решење спада у категорију: М(82) – индустриски прототип

Аутори: Др Жељко Деспотовић, M.Sc. Александар Павловић, из Института М.Пупин, Универзитета у Београду и M.Sc. Душан Иванић, M.Sc. Војислав Арсовски, из ТЕН-Б, Обреновац

Кратак опис решења:

У оквиру решавања претходно поменутих постојећих проблема у раду два вибрационих сита, свако у по једној технолошкој линији система одвођења (транспорта) шљаке и електрофилтарског пепела на ТЕНТ-Б, предвиђено је неколико фаза: пројектовање, демонтажа постојеће опреме и уградња нове опреме на постројењу, пуштање у рад, припрема и израда техничке документације изведеног стања са упутством за руковање и одржавање. У оквиру овог техничког решења за оба вибрационна сита је извршено пројектовање погонских побуђивача (механички и електрични прорачуни), пројектовање носача побуђивача (механички прорачун), пројектовање еластичних ослањајућих елемената корита сита, заснованих на специјалним еластичним (композитним) материјалима (механички прорачун), пројектовање електро-управљачких јединица система

побуђивача укључујући фреквентну регулацију вибрација (електрични прорачун), пројектовање система побуђивача са могућношћу подешавања амплитуде (ручно закретање ексцентара), подешавања нагибног угла побудне силе (ручно подешавање закретањем вибрационог побуђивача) и континуалну електронску регулацију учестаности осцилација (5Hz-100Hz). Фреквентна регулација је неопходна како би се за разне режиме и разне врсте гранулације материјала који се одваја, добио оптималан вибрациони транспорт односно просејавање, и сходно томе је елиминисан ефекат загушења транспортне линије. Пре саме израде система, сви технички прорачуни су верификовани софтверским методама коначних елемената у програмским пакетима СОЛИД WOPKC и АНСҮС. У програмском пакету СОЛИД WOPKC направљен је 3Д модел и пратећи склопни цртежи, док су у пакету АНСҮС урађене симулације: напрезања у еластичним (композитним) елементима, анализа деформација под задатим случајевима оптерећења, студија замора материјала и сл. У наставку ће бити приказано низ варијантних решења (посредством истих софтверских пакета) која су довела до коначног решавања свих постављених техничких проблема.

Рецензенти:

- Проф. др Драгутин Дебељковић, Машински факултет, Београд,
- Проф. др Томислав Шекара, Електротехнички факултет, Београд.

На основу позитивног мишљења два рецензента – експерта из области техничког решења, Научно веће је донело предметну одлуку.

ПРЕДСЕДНИК НАУЧНОГ ВЕЋА
ИНСТИТУТА „МИХАЈЛО ПУПИН“ ДОО



Проф. др Ђуро Кутлача, дипл. инж.,
Научни саветник

Достављено:

- ауторима
- Секретаријату Института



Zapisnik o završetku radova

Oznaka dokumenta:
ZA1511001
Datum:
25.11.2015.
Strana 1/1

Zapisnik o završetku radova na isporuci opreme i puštanju u rad vibro-sita - TENT „B”

Sačinjen 25.11.2015. god. u Beogradu između predstavnika Termoelektrane „Nikola Tesla B” i predstavnika Instituta „Mihajlo Pupin” - Projekt INŽENJERING d.o.o., Beograd; veza: ugovor br. 205/15 od 26.03.2015.god. (vaš br. 27439 od 24.03.2015. god.), ponuda br. P1502001 od 25.02.2015. god. od strane IMP – Projekt Inženjeringu d.o.o. prema Termoelektrani „Nikola Tesla B”.

Zapisnikom se potvrđuje da je Institut „Mihajlo Pupin” - Projekt INŽENJERING d.o.o. isporučio ugovorenou opremu, izvršio nadzor nad rekonstrukcijom pogona i da je uspešno završio puštanje u rad vibro-sita (2 kom.) na liniji za transport šljake i filterskog pepela u TENT „B”. Time su se stekli uslovi za naplatu obavljenog posla prema gore navedenom ugovoru.

26 -11- 2015



Za Institut „Mihajlo Pupin”
Projekt INŽENJERING, d.o.o.

Željko Despotović
Dr Željko Despotović, dipl.inž.el.

Aleksandar Pavlović
Aleksandar Pavlović, dipl.inž.maš.

Za Termoelektranu „Nikola Tesla B”

Dušan Ivanić
Dušan Ivanić, dipl.inž.el.

Vojislav Arsovski
Vojislav Arsovski, dipl.inž.maš.

Goran Lukić, direktor TENT B





POTVRDA O KORIŠĆENJU TEHNIČKOG REŠENJA

Ovim se potvrđuje da je tehničko rešenje: **Industrijski prototipovi regulisanih pogona vibracionih sita u sistemu odvodenja šljake i filterskog pepela na TENT-B, Obrenovac** rađeno u okviru adaptacije i rekonstrukcije postojeće linije vibracionih sita (2 kom.) , prema Ugovoru br. 1825 od 10.03.2015, JP EPS Beograd-Privredno društvo "Termoelektrane Nikola Tesla" d.o.o, Ogranak: TENT-B, Ušće, Predmet: "Adaptacija pogona vibrosita TENT-B" u eksploataciji počev od 25.11.2015 godine.

Tehničko rešenje su idejno i suštinski realizovali sa strane Instituta „Mihajlo Pupin“-Projektinženiring: Dr Željko Despotović, dipl.el.inž, Aleksandar Pavlović, dipl.maš.inž, a sa strane TENT-B: Dušan Ivanić, dipl.el.inž, Vojislav Arsovski, dipl.maš.inž. i služba održavanja.

Dana 30.11.2015 god.

Glavni inženjer sektora održavanja TENT-B

Ivan Gajić, dipl.maš.ing

Наручилац	ЈП ЕПС Београд Привредно друштво „Термоелектране Никола Тесла“ д.о.о.	
Адреса	Богольуба Урошевића Црног бр.44.	
Место	Обреновац	
Огранак	ТЕНТ Б	ЈП ЕПС-Привредно друштво Термоелектране Никола Тесла“ д.о.о. Обреновац
Адреса огранка	Поштански фах број 35., Ушће	Те Никола Тесла“ б ушће
Редни број ЈН за текућу годину:	100339/2014	Број: 1895
Број одлуке		10-03-2015
Датум		2015. год.

На основу члана 108. Закона о јавним набавкама ("Сл. гласник РС" бр. 124/12), директор Привредног друштва „Термоелектране Никола Тесла“ д.о.о. Обреновац доноси:

О Д Л У К У

о додели уговора у отвореном поступку јавне набавке

Додељује се уговор о јавној набавци бр. 100339/2014 за предмет „Адаптација погона вибро сита (ТЕНТ Б)“ понуђачу Институт Михајло Пупин Пројекат Инжењеринг д.о.о., Волгина 15, 11060 Београд на основу понуде број Р1502001 од 25.02.2015. године

О б р а з л о ж е њ е

Наручилац је дана 31.12.2014. године донео Одлуку о покретању отвореног поступка јавне набавке у складу са чланом 32. ЗЈН, бр. 45338, за јавну набавку услуга „Адаптација погона вибро сита (ТЕНТ Б)“.

За наведену јавну набавку наручилац је дана 29.01.2015. године објавио позив за подношење понуда бр. 747, на Порталу јавних набавки и на интернет страници наручиоца.

Након спроведеног поступка отварања понуда, Комисија за јавне набавке је приступила стручној оцени понуда и сачинила извештај о истом.

У извештају о стручној оцени понуда од 03.03.2015. године, Комисија за јавне набавке је констатовала следеће:

1) Подаци о јавној набавци:

Редни број јавне набавке

Предмет јавне набавке

Предмет јавне набавке обликован у више партија:

Процењена вредност јавне набавке (без ПДВ-а)

Вредност уговора о јавној набавци(без ПДВ-а)

Вредност уговора о јавној набавци(са ПДВ-ом)

100339/2014

услуге- Адаптација погона вибро сита (ТЕНТ Б)

Не

2.500.000,00 динара

2.378.120,00 динара

2.853.744,00 динара

2) Подаци из плана набавке:

Позиција из плана набавке

Позиција из финансијског плана за плаћање

2663 (1.2.1085)

III.3 53210

- 3) Одступања од плана набавке са образложењем: /
 4) Укупан број поднетих понуда: 1 (једна)
 5) Основни подаци о понуђачима:

Ред.бр.	Назив и место седишта понуђача	Адреса	Матични број	ПИБ
1	Институт Михајло Пупин Пројект Инжењеринг д.о.о., 11060 Београд	Волгина 15	17451286	102512904

- 6) Називи, односно имена понуђача чије су понуде одбијене и разлози за њихово одбијање: Није било разлога за одбијање понуда.
 7) Критеријум за доделу уговора је најнижа понуђена цена. Ранг листа понуда применом наведеног критеријума:

Ред.бр.	Назив, адреса и место седишта понуђача	Број понуде	Датум понуде	Понуђена цена у динарима/Бр. пондера
1	Институт Михајло Пупин Пројект Инжењеринг д.о.о., Волгина 15, 11060 Београд	P1502001	25.02.2015.	2.378.120,00 динара

- 8) Назив, односно име понуђача коме се додељује уговор:
 Комисија за предметну јавну набавку, након извршене стручне оцене понуда, констатовала је да се уговор додељује понуђачу

**Институт Михајло Пупин Пројект Инжењеринг д.о.о., Волгина 15,
11060 Београд**

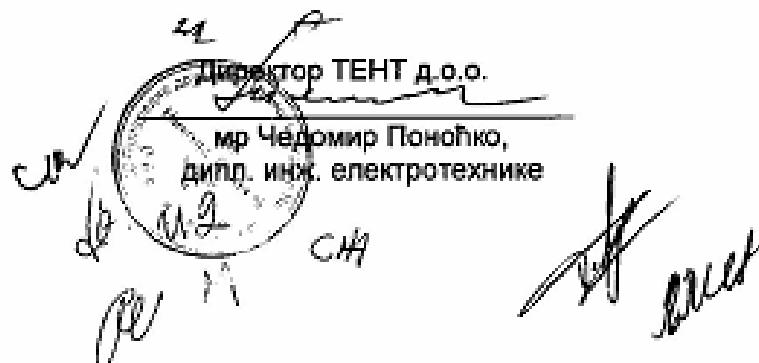
(Назив, адреса и место седишта понуђача)

Изабрани понуђач извршава јавну набавку самостално.

Одговорно лице наручиоца, на основу писаног извештаја Комисије за предметну јавну набавку бр. 100339/2014 од 03.03.12.2015. године, донело је одлуку о додели уговора којом се, на основу понуде бр. P1502001 од 25.02.2015., уговор додељује понуђачу Институт Михајло Пупин Пројект Инжењеринг д.о.о., Волгина 15, 11060 Београд.

ПОУКА О ПРАВНОМ ЛЕКУ:

Против ове одлуке може се Републичкој комисији за заштиту права поднети захтев за заштиту права који се предаје наручиоцу у року од 10 (десет) дана од дана пријема исте.



Листор ТЕНТ д.о.о.
мр Чедомир Понаћко,
дипл. инж. електротехнике