



UDK: 621.3.044

*Pregledni naučni rad
Review scientific paper*

LABORATORIJSKO POSTROJENJE ZA PREČIŠĆAVANJE I MAGNETNU OBRADU OTPADNIH VODA

Marija Vukić¹, Zoran Stajić², Đukan Vukić³,
Nenad Radovanović², Đuro Ercegović³

¹Saobraćajni institut CIP - Beograd;

²Elektronski fakultet - Niš;

³Poljoprivredni fakultet - Beograd

Sadržaj: U radu je dat prikaz laboratorijskog postrojenja za prečišćavanje i magnetnu obradu zauljenih otpadnih voda. Sastavni deo postrojenja su i magneti za magnetnu obradu vode sa pratećom opremom za električno napajanje, magnetna merenja, regulaciju i zaštitu od preteranog zagrevanja. Pored osnovne namene postrojenje može da se koristi i za ispitivanje efekata magnetne obrade vode za primenu u različitim oblastima industrije, poljoprivrede, medicine i dr.

Ključne reči: *otpadna voda, laboratorijsko postrojenje, magnetna obrada, magnet.*

UVOD

Laboratorijsko postrojenje za prečišćavanje i magnetnu obradu zauljenih otpadnih voda je jedan od rezultata trogodišnjih istraživanja u okviru realizacije naučno-istraživačkog projekta tehnološkog razvoja MHT 2.08.0116. B "Istraživanje i razvoj metoda za prečišćavanje zauljenih otpadnih voda iz železničkih stacionarnih uređaja" [1] u čijoj realizaciji su učestvovali Saobraćajni Institut CIP - Beograd, Poljoprivredni fakultet - Zemun, Tehnološko-metalurški fakultet - Beograd i Elektronski fakultet - Niš. Projekat je finansiran od strane Ministarstva nauke i zaštite životne sredine Republike Srbije i Železničko transportnog preduzeća - Beograd.

Osnovni zadatak koji se u okviru realizacije navedenog projekta postavio pred istraživačima sastojao se iz dva dela. Prvi deo se odnosio na projektovanje i realizaciju takve konfiguracije laboratorijskog postrojenja koje će pre svega omogućiti optimalno prečišćavanje zauljenih otpadnih voda iz železničkih stacionarnih objekata ali i omogućiti istraživanja u ostalim oblastima primene magnetno obrađene vode. Drugi deo je bio vezan za konstrukciju specijalnih magneta, koji svojim karakteristikama odgovaraju zahtevima do kojih se došlo tokom istraživanja. U tom smislu, u ovom radu dat je kratak prikaz konačnog rešenja laboratorijskog postrojenja i tri vrste realizovanih magneta za magnetnu obradu vode.

1. KARAKTERISTIKE LABORATORIJSKOG POSTROJENJA

Laboratorijsko postrojenje za prečišćavanje zauljenih otpadnih voda iz stacionarnih železničkih objekata realizovano je tako da se potpuno prečišćavanje vrši kombinovanim dejstvom odgovarajućih hemijskih sredstava i magnetnom obradom zauljene otpadne vode [2], [3], [4]. Zbog toga je laboratorijsko postrojenje tako projektovano da se sastoji od sabirnog bazena za sakupljanje otpadne vode, bazena za doziranje aluminijum sulfata i hlorovodonične kiseline (u kojem se odvija proces koagulacije), bazena za grubo filtriranje i odvajanje ulja, uljni sabirni bazen, bazen za neutralizaciju vode, bazen za bistenje, bazen za mulj, sistem za doziranje i magnet za magnetnu obradu vode sa pratećom električnom opremom [1]. Svi elementi postrojenja smešteni su na metalnoj konstrukciji u više nivoa i njegov izgled (sa prednje i zadnje strane) prikazan je na sl. 1.



Sl. 1. Laboratorijsko postrojenje za prečišćavanje otpadnih voda (pogled sa prednje i zadnje strane)

Delovi ovog postrojenja kombinovani sa adsorpcionom kolonom punjenom sa novim razvijenim sorbentom na bazi vune koristi novu metodu sorpcionog prečišćavanja otpadne vode [3]. Magneti koji čine deo ovog postrojenja u kombinaciji sa pojedinim delovima postrojenja mogu da se koriste kako u svrhu prečišćavanja otpadnih voda tako i za magnetisanje vode za različite primene [2].

Svi bazeni napravljeni su od pleksiglasa kako bi se omogućilo vizuelno praćenje svih tehnoloških procesa u toku eksperimentalnog istraživanja. Detaljan prikaz svih elemenata postrojenja dat je u [4].

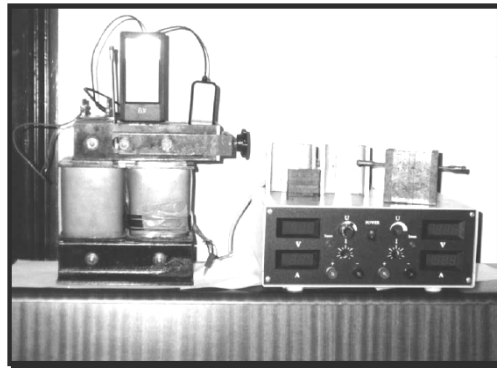
2. MAGNETI ZA MAGNETNU OBRADU VODE

U toku trogodišnje realizacije projekta MHT.2.08.0116.B projektovane su i realizovane tri vrste elektromagneta za magnetnu obradu vode i to elektromagnet transformatorskog tipa MOV-1, elektromagnet transformatorskog tipa MOV-2 i rotirajući magnet RMOV-1.

2.1. Elektromagnet MOV-1

Za potrebe laboratorijskih ispitivanja uticaja magnetnog polja na izdvajanje suspendovanih čestica masti i ulja iz zauljene otpadne vode i povećanje efikasnosti prečišćavanja u prvoj istraživačkoj godini je konstruisan prototip elektromagneta MOV-1 (u Laboratoriji za električne mašine i elektromotorne pogone i vuču Elektronskog fakulteta u Nišu), kao izvor magnetnog polja odgovarajućih karakteristika. Elektromagnet MOV-1 je transformatorskog tipa, a svojom konstrukcijom je prilagođen zahtevu da se cev, kroz koju (radi magnetne obrade) prolazi zauljena voda, nalazi u magnetnom polju elektromagneta (čija se jačina magnetnog polja H i magnetna indukcija B mogu kontinualno regulisati).

Izgled elektromagneta MOV-1, zajedno sa mernom opremom za ispitivanje prikazan je na slici 2, dok su detaljni tehnički i konstruktivni podaci dati u [5] i [6].



Sl. 2. Elektromagnet MOV-1 i merna oprema za ispitivanje njegovih karakteristika

2.2. Elektromagnet MOV-2

Tokom eksperimentalnih ispitivanja uticaja efekata magnetne obrade vode sa elektromagnetom MOV-1 na prečišćavanje zauljenih otpadnih voda sa pilot-lokacije, ispoljili su se određeni nedostaci tog elektromagneta (nedostatak zaštite od preteranog zagrevanja, greške prilikom određivanja dužine vazdušnog zazora, nemogućnost realizovanja više različitih režima), a pojavili su se i novi zahtevi koje elektromagnet treba da zadovolji (dobijanje vrednosti magnetne indukcije veće od 1T, smanjenje magnetnog rasipanja, postizavanje dužine vazdušnog zazora preko 4,5 mm), [7].

Zbog toga se pristupilo projektovanju i konstrukciji drugog elektromagneta MOV-2 kod koga bi bili otklonjeni navedeni nedostaci i koji bi svojom izradom ispunjavao nove zahteve.

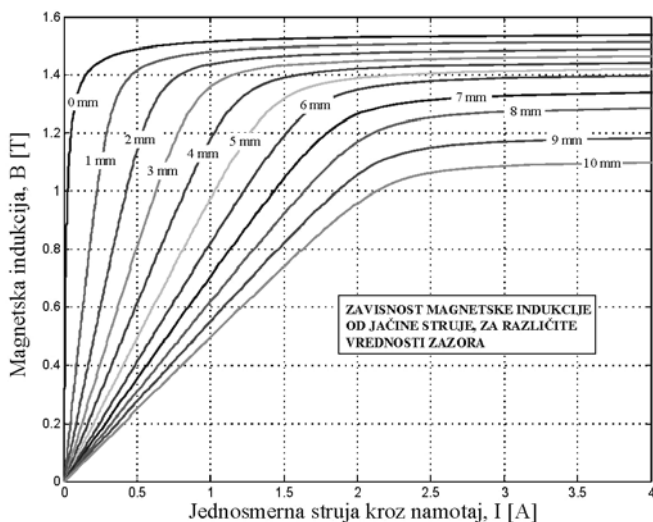
Elektromagnet MOV-2 je transformatorskog tipa i predstavlja modifikovanu i usavršenu verziju elektromagneta MOV-1. Razlikuje se od klasičnih elektromagneta po metodologiji proračuna i po načinu izrade i izbora materijala za pojedine elemente magnetnog i električnog kola. Specifičnost konstrukcije elektromagneta, koja se ogleda u nestandardnom obliku magnetnog kola (a do koga se došlo na osnovu iskustva pri eksperimentisanju sa MOV-1), uslovljava da izbor dimenzija i vrste magnetnog lima za izradu magnetnog kola bude nestandardan. Iz ovih razloga odabrani su magnetni limovi, debljine 0,35 mm, predviđenih za izradu naponskih mernih transformatora. Ovi limovi spadaju u red najkvalitetnijih silicijum čeličnih limova sa velikom indukcijom zasićenja, oznake MT 93.

Kod ovog elektromagneta povećana je dužina vazdušnog zazora na vrednost koja omogućava prolazak plastične cevi prečnika do 10 mm i dužine 50 mm kroz magnetno polje, što pruža veće tehnološke mogućnosti sa stanovišta povećanja efikasnosti prečišćavanja zauljenih otpadnih voda. Napravljen je matematički model ovog elektromagneta na osnovu kojeg su utvrđene i njegove karakteristike [8], što omogućava da se merenjem struje ostvaruje uvid u vrednost jačine magnetnog polja na mestu gde se nalazi cev sa tretiranom otpadnom vodom. Prototip MOV-2 omogućava vrednost magnetne indukcije $B = 1,25 \text{ T}$, a ugradnjom termistora u namotaj obezbeđena je zaštita od preteranog zagrevanja [9].

Ostali tehnološki i konstruktivni podaci elektromagneta MOV-2 dati su u [3]. Na slici 3. prikazan je izgled elektromagneta MOV-2 (pogled sa zadnje strane) a na slici 4. magnetske karakteristike za različite vrednosti dužine zazora.



Sl. 3. Elektromagnet MOV-2 i kontrolni instrument KU-1-MOV

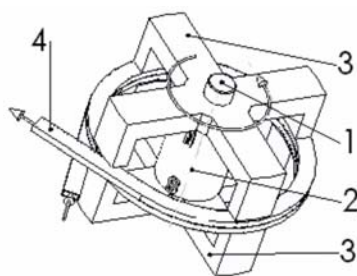


Sl. 4. Promena magnetne indukcije u funkciji jednosmerne struje kroz namotaj pri paralelnoj vezi polunamota

Korišćenjem dijagrama sa slike 4. moguće je merenjem vrednosti struje proceniti vrednost jačine magnetne indukcije u vazдушnom zazoru, jednostavnim očitavanjem sa datih karakteristika.

2.3. Rotirajući magnet RMOV-1

U toku istraživanja u okviru realizacije Projekta 2.08.0116.B uočeno je da na karakteristike magnetno obrađenih zauljenih otpadnih voda značajno utiču ne samo vrednosti jačine magnetnog polja i magnetne indukcije magnetnog polja u kojem se otpadna voda nalazi nego i karakter i brzina promene magnetnog polja [2]. Zbog toga se pristupilo projektovanju i konstrukciji jednog originalnog rešenja rotacionog magnetna sa permanentnim magnetima različite polarnosti, čija će primena omogućiti da zauljena otpadna voda bude podvrgnuta dejstvu višestruko promenljivog magnetnog polja. To rešenje predstavlja elektromagnet RMOV-1 čiji je izgled prikazan na slici 5 [10].



Pri tome je, u skladu sa oznakama na sl. 5:

- 1 - vratilo;
- 2 - rotirajući magnet;
- 3 - rotirajući polni nastavci magnetna;
- 4 - kružni kanal pravougaonog poprečnog preseka od izolacionog materijala kroz koji protiče tečni fluid;
- N - severni pol magnetna;
- S - južni pol magnetna

Sl. 5. Rotirajući magnet RMOV-1

Predloženo tehničko rešenje zasniva se na povećanju relativne brzine jona rastvora (delića tečnosti) u odnosu na magnetno polje v , koje se ne postiže povećanjem protoka fluida koji se tretira, već relativnim kretanjem magneta u suprotnom smeru od smera proticanja fluida. Suština rešenja je u tome što se cevovod u jednom svom delu izvede u obliku kružnog prstena oko koga će se, pomoću pogonskog elektromotora obezbediti rotaciono kretanje stalnih magneta, pri kojem će se cevovod u svakom trenutku nalaziti u magnetnom polju.

Imajući u vidu da se brzine proticanja rastvora, kod do sada primenjivanih postrojenja za magnetnu obradu, kreću u opsegu (3-8) m/s, a da se npr. sa poluprečnikom kružnog dela cevovoda od 0,5 m i brzinama obrtanja rotora motora od oko 3000 min^{-1} , imaju relativne brzine kretanja rastvora u odnosu na magnetno polje od preko 150 m/s (čak i kada nema kretanja rastvora u cevovodu), jasno je da se na ovaj način mogu postići i 20-50 puta veće vrednosti elektromotornih sila (koje će delovati na jone tretiranih rastvora u odnosu na sve slučajeve kod kojih magneti miruju) [10].

ZAKLJUČAK

Laboratorijsko postrojenje za prečišćavanje i magnetnu obradu otpadnih voda predstavlja originalno tehničko rešenje koje pruža velike mogućnosti za istraživanja kako u oblasti prečišćavanja otpadnih voda tako i u oblasti primene magnetisane u industriji, poljoprivredi, medicini i dr. Konceptija predložena ovim rešenjem u potpunosti je primenljiva za praktičnu primenu u postojećim i novim objektima za prečišćavanje zauljenih otpadnih voda.

LITERATURA

- [1] Vukić Marija i sar., Naučno-istraživački projekat tehnološkog razvoja MHT 2.08.0116.B: "Istraživanje i razvoj metoda za prečišćavanje zauljenih otpadnih voda iz železničkih stacionarnih objekata", Beograd, 2002-2004.
- [2] Klassen V.I.: "Omagnichivanie vodnih sistem", Himia, Moskva, 1982.
- [3] Vukić Marija, Veselinović D. i Rajković Lj.: "Karakteristike zauljenih otpadnih voda iz sekcije ZOVS "15 april" u Makišu, Monografija (interna publikacija), Beograd, 2002.
- [4] Vukić Marija, Stajić Z, Vukić Đ.: "Istraživanje i razvoj uređaja i metoda za prečišćavanje i magnetnu obradu zauljenih otpadnih voda iz železničkih stacionarnih objekata", Studija, Saobraćajni institut CIP - Beograd, Beograd, 2004.
- [5] Vukić Đ., Stajić Z, Vukić Marija: "Konstrukcija i karakteristike elektromagneta za magnetnu obradu zauljenih otpadnih voda", Poljoprivredna tehnika, Beograd, godina XXVI, br. 1/2, 45-53, 2002.
- [6] Vukić Marija i sar., Naučno-istraživački projekat tehnološkog razvoja MHT 2.08.0116.B: "Istraživanje i razvoj metoda za prečišćavanje zauljenih otpadnih voda iz železničkih stacionarnih objekata", Knjiga 3., Projekat "Konstrukcija i ispitivanje karakteristika elektromagneta transformatorskog tipa za magnetnu obradu zauljenih otpadnih voda (laboratorijski prototip MOV - 1), Saobraćajni institut CIP, Poljoprivredni fakultet i Elektronski fakultet, Beograd, 2002.

- [7] Stajić Z., Milčić N., Vukić Marija, Vukić Đ.: "Elektromagnet sa pokretnim jarmom za magnetnu obradu vode", Poljoprivredna tehnika, Beograd, godina XXVII, broj 1/2, 101-107, 2003.
- [8] Stajić Z., Vukić Đ., Nikolić D., Radovanović, N., Vukić Marija: "Projekat elektromagneta transformatorskog tipa MOV-2 za magnetsku obradu zauljenih otpadnih voda", Knjiga 4, Naučno-istraživački projekat tehnološkog razvoja MHT.2.08.0116.B.
- [9] Vukić Đ., Stajić Z., Radovanović N., Vukić Marija: Zagrevanje elektromagneta za magnetnu obradu vode, Poljoprivredna tehnika, Beograd, godina XXVIII, br. 1, 2004.
- [10] Radovanović N., Stajić Z., Vukić Đ., Vukić Marija: "Rotirajući magnet za magnetnu preradu tečnih fluida", Patent br. P-2005/0071, Beograd, 2005.
- [11] Vukić Đ., Stajić Z., Vukić Marija, Radovanović N., Ercegović Đ., Radičević B.: "Konstrukcija, karakteristike i primena u poljoprivredi elektromagneta za magnetnu obradu vode", Traktori i pogonske mašine, Novi Sad, 72-77, 2004.
- [12] Vukić Marija, Ercegović Đ., Vukić Đ.: "Pogodnosti primene magnetisane vode u poljoprivredi", Traktori i pogonske mašine, br. 3, str. 129-136, Novi Sad, 2003.

LABORATORY INSTALLATION FOR FILTRATION AND MAGNETIC TREATMENT OF WASTE WATER

**Marija Vukić, Zoran Stajić, Đukan Vukić,
Nenad Radovanović, Đuro Ercegović**

Abstract: In this paper we present the description of laboratory installation for filtration and magnetic treatment of oiled waste water, whose integral parts are the magnets for magnetic treatment of water, and attached is equipment for electrical power supply, magnetic measurement, control and protection of overheating. Addition to basic application of this installation is that it can be used for testing and monitoring of the effects of magnetic treated water which is used in different fields of industry, agriculture, medicine, etc.

Key words: waste water, laboratory installation, magnetic treatment, magnet.