

# METEOROLOŠKI RADAR MER-93S-K

## WEATHER RADAR MER-93S-K

*Ivan Šumiga, Igor Petrić*

Stručni članak

**Sažetak:** Ovim radom obrađen je meteorološki radar MER-93S-K za kojeg zbog starije proizvodnje na tržištu nestaju pojedini rezervni djelovi. Najveći problem za ovaj radar je odašiljačko-prijemna skretnica. Trenutno ugrađena skretnica se proizvodila u 60-tim i 70-tim godinama prošlog stoljeća, pa je više nema u nabavi. Danas postoje skretnice novije izvedbe koje bi se mogle koristiti kao zamjena za postojeću. Rad je koncipiran u nekoliko poglavlja. U uvodnom djelu su općenito opisani radarski sustavi. U drugom poglavlju su opisani meteorološki radari, njihov razvoj, vrste, primjena. U trećem poglavlju je obrađeni radar MER-93S-K. U četvrtom poglavlju su obrađene moderne odašiljačko-prijemne skretnice te je predložena moguća zamjena za postojeću.

**Ključne riječi:** radarski sustavi, meteorološki radar, odašiljačko-prijemna skretnica

Professional paper

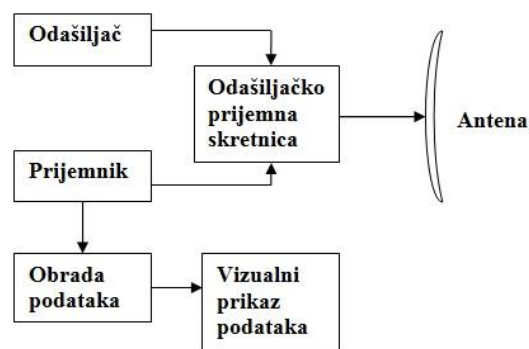
**Abstract:** This paper describes the weather radar MER-93S-K and its problem considering that this radar is older production and some part are no longer in production. The biggest problem for this radar is transmit-receive switch. Currently installed switch are produced in the 60's and 70's of the last century and it is no longer in the production. However there are switches of modern design that could be used as a replacement for existing. Paper is divided in several chapters. In the introductory part there are generally described radar systems. In the second chapter there are described weather radars, their development, types of applications. In the third chapter radar MER-93S-K is described. In the fourth chapter a modern transmit-receive switches are described and suggested a possible replacement for the existing transmit-receive switch.

**Key words:** radar system, weather radar, transmit-receive switch

### 1. UVOD

Radar je sustav koji upotrebljava elektromagnetske valove za identificiranje udaljenosti, visine, smjera ili brzine objekata koji se gibaju, kao što su avioni, brodovi, automobili i razne vremenske formacije, npr. oblaci. Iako je osnovni princip rada radara relativno jednostavan, u mnogim slučajevima njegova praktična primjena može biti složena. Radar radi na principu zračenja elektromagnetske energije i detekciji reflektiranog signala koji se odbija od nekog objekta. Udaljenost radara od objekta se može lako izračunati iz vremena koje je potrebno signalu da putuje od radara do objekta i natrag. Kutna pozicija objekta se određuje pomoću antene koja može detektirati pod kojim kutem dolazi reflektirani signal. Ako se objekt giba, radar može pretpostaviti njegovu sljedeću lokaciju. Pomak u frekvenciji primljenog signala posljedica je Dopplerovog efekata kojeg uzrokuju objekti u gibanju. Zbog toga radar može razdvojiti objekte koji se gibaju od objekta koji miruju, iako je često veličina reflektiranog signala od stacionarnog objekta veća od signala objekta koji se giba. Radar može upotrebljavati frekvencije od nekoliko megaherca do frekvencija koje ulaze u optičko područje.

Tehničke implementacije radara razlikuju se obzirom na korišteno frekvencijsko područje, ali je princip rada isti. Moderni radari mogu raditi na različitim frekvencijama različitog valnog oblika i polarizacije tako da mogu raditi u različitim okruženjima.



Slika 1. Blok shema radarskog sustava

Radarski signal generira se u odašiljaču i emitira preko antene u prostor. Da bi se antena mogla koristiti u istom vremenu za predaju i prijem koriste se odašiljačko-prijemne skretnice. Prijemnik prima signal pomoću antene i pojačala. Radar općenito određuje lokaciju

objekta pomoću kuta i udaljenosti. Izlaz prijemnika može biti prezentiran operateru i on onda odlučuje da li je objekt prisutan ili ne. Signal može biti dodatno procesiran u svrhu automatskog određivanja da li je objekt prisutan ili ne. Slika 1 prikazuje blok shemu jednostavnog radarskog sustava.

## 2. METEOROLOŠKI RADAR

Meteorološki radar je vrsta radara koja se koristi za pronalaženje oborina, izračunavanje smjera kretanja i procjenu vrste oborine (kiša, snijeg, tuča). Danas su to uglavnom pulsni Doppler radari koji imaju mogućnost otkrivanja gibanja kapljica kiše što se može iskoristiti u dobivanju brzine strujanja unutar same meteorološke pojave. Stariji radari nisu radili na Dopplerovom efektu pa mogu samo detektirati kretanje meteorološke pojave i intenzitet oborine unutar pojave.

### 2.1. Povijest meteorološkog radara

Tijekom drugog svjetskog rata vojni radarski operateri su primijetili smetnje u radarskim odrazima uzrokovanim zbog vremenskih oborina (kiša, tuča, snijeg). Poslije rata mnogi vojni znanstvenici su se vratili u civilni život i nastavili raditi na odrazima oborina.

U SAD-u je 1947.g. David Atlas predstavio prvi funkcionalni meteorološki radar. U isto vrijeme u Kanadi znanstvenici istražuju refleksiju odraza koja je povezana s intenzitetom oborine, dok u Velikoj Britaniji rade eksperimente na valnim duljinama od 1 do 10 cm. 1953.g. je prvi puta zabilježeno radarsko praćenje oluje s tornadom i prvi puta je otkriven odraz u obliku kuke iz koje nastaje tornado.

Između 1950.g. i 1980.g. klasični refleksijski radari koji su mjerili poziciju i intenzitet oborina su bili implementirani u razne meteorološke servise diljem svijeta. Razvijeni su uređaji koji su mogli snimati radarske slike. Dobivene su slike iz horizontalnog i vertikalnog presjeka koje su omogućavale stvaranje trodimenzionalnog prikaza meteorološke pojave.

Krajem 60-tih godina prošlog stoljeća počelo se eksperimentirati na dvostrukoj polarizaciji signala i na upotrebi Dopplerovog efekta. U svibnju 1973.g. prvi puta je uz pomoć Doppleriziranog meteorološkog radara snimljena oluja iz koje se razvio razorni tornado koji je pogodio predgrađe Oklahoma Citya. Otkrivena je mezoskalna rotacija unutar oblaka prije nego je tornado dotaknuo tlo. Kasnijim istraživanjima došlo se do spoznaje gdje će se tornado spustiti na tlo.

Između 1980.g. i 2000.g. većina konvencionalnih radara u svijetu je zamijenjena sa Dopplerovim radarima. U međuvremenu su razvijeni mnogi algoritmi koji detektiraju znakove mogućih oluja, a implementirani su u radarske sustave.

### 2.2. Kako meteorološki radar radi

Osnovni princip je da meteorološki radar šalje impulsni signal, prima reflektirani signal, obrađuje ga i prikazuje rezultat obrade na zaslonu. Usmjereni impulsni

signal elektromagnetskog vala šalje se u trajanju od nekoliko mikrosekundi upotrebljavajući magnetron ili klistron koji je spojen na antenu.

Valne duljine od 1-10 cm su otprilike deset puta veće od promjera padalina ili leda. To znači da će se dio energije svakog impulsa odbiti natrag u smjeru radarske stanice.

Manje valne duljine su pogodne za manje čestice, ali takav signal brzo oslabi i premalo energije se vraća natrag do radara. Najčešće korištena valna duljina je 10 cm. Radari s valnom duljinom od 3 cm se koriste za kratke domete, dok se radar sa valnom duljinom od 1 cm koristi samo za praćenje magle.

Radarski impulsi se odmakom od radara šire. Volumen zraka kroz koji radarski impuls putuje veći je za područja dalje od stanice, a manji za bliža područja. Rezolucija je manja na većim udaljenostima.

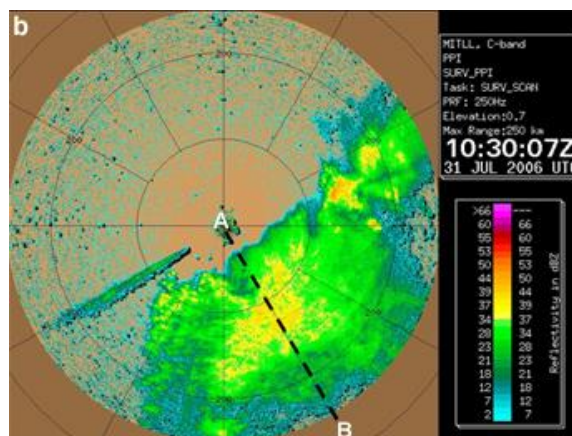
Između svakog impulsa radar se ponaša kao prijemnik koji „sluša“ signal reflektiran od čestica u zraku. Trajanje primanja reflektiranog signala je reda milisekunde, što je otprilike tisuću puta više od trajanja poslanog impulsa. Dužina primanja signala se određuje iz vremena potrebnog da se signal vrati od čestica u zraku. Horizontalna udaljenost radara od čestica se lako izračuna iz vremena koje počinje emitiranjem impulsa, a završava detekcijom vraćenog signala. Formula (1) po kojoj se udaljenost izračunava je:

$$d = c \frac{\Delta t}{2n} \quad (1)$$

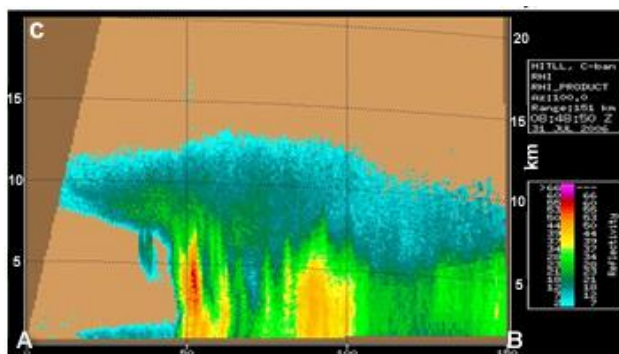
gdje je:  $t$  vrijeme,  $c$  brzina svjetlosti 299792.458 km/s, a  $n=1.0003$  je refleksijski indeks zraka.

Ako su impulsi prečesto emitirani refleksija od jednog impulsa će se miješati s refleksijom prethodnih impulsa, što rezultira pogrešnim izračunom udaljenosti. Zato se primljeni reflektirani signal dodatno obrađuje. Nakon pojačanja šalje se kroz razne filtre koji eliminiraju šumove i refleksiju izazvanu nepomičnim objektima.

Postoji više vrsta slika koje se prikazuju kao rezultat obrade reflektiranog signala. Najčešći oblik prikaza je horizontalni (slika 2) i vertikalni presjek (slika 3) meteorološke pojave. Raznim softverskim rješenjima može se dobiti volumni presjek nekog područja skeniranja ili trodimenzionalni prikaz meteorološke pojave.



Slika 2. Horizontalni presjek meteorološke pojave [2]



Slika 3. Vertikalni presjek meteorološke pojave [2]

### 3. METEOROLOŠKI RADAR MER-93S-K

Radar MER-93S-K je meteorološki radar, a osnovna namjena mu je da služi kao senzor u obrani od tuče pomoću raketa. Druga namjena je da se korисти za analizu i kratkoročnu vremensku prognozu na manjem području.

Ovaj radar ima veliku pokretljivost antene i brzu obradu signala što omogućuje operateru procjenu tučoopasnosti u realnom vremenu. Radijus dometa radara je 95 km. Antenom se može upravljati na više brzina, a maksimalna brzina antene je 20 okretaja u minuti. Radar može pretraživati kružno ili u nekom zadanom sektoru što se prikazuje na panoramskom pokazivaču (horizontalna os). Radarom se može pretraživati i po elevaciji (vertikalna os). Radarske slike se mogu pohranjivati na računala te kasnije upotrebljavati za daljnu obradu. Ovim radarom se može upravljati pomoću PC računala ili ručno.

Napajanje radara je iz gradske mreže (3x380V, 50Hz, 6.5 kVA). U slučaju nestanka električne energije radar može raditi preko elektroagregata što mu osigurava potpunu energetska autonomnost. Za radar je vrlo važno da nesmetano nastavi raditi ukoliko zbog nevremena dođe do ispada gradske mreže.

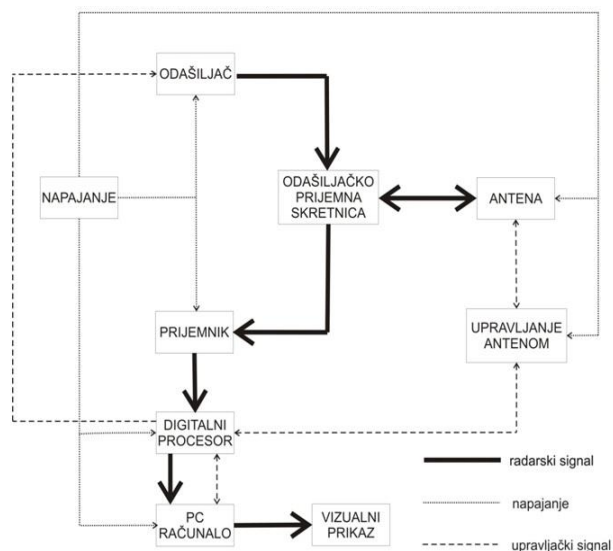
Dva takva radara mogu raditi istodobno, ali moraju biti najmanje udaljeni 90 m jedan od drugoga, a njihove frekvencije odašiljanja zamaknute za najmanje 20 MHz.

Slika 4. prikazuje blok shemu radara MER-93S-K.

#### 3.1. Radarski odašiljač

Namjena radarskog odašiljača je da stvori energiju visoke frekvencije. Njegovi sastavni dijelovi su: modulator, magnetronski oscilator, odašiljačko-prijemna skretnica i napajanje za predionizaciju odašiljačko-prijemne skretnice.

Osnovna namjena modulatora je stvaranje pravokutnih naponskih impulsa amplitude 20.3 kV u trajanju od 0.55  $\mu$ s u ritmu od 1500 Hz. Ovi impulsi upravljaju magnetronskim oscilatorom koji proizvodi visoke frekvencije u istom ritmu i istog trajanja. Uz modulacijske impulse stvara i okidačke impulse koji služe za sinkroniziranje svih ostalih sustava unutar radara.



Slika 4. Blok shema radara MER-93S-K [3]

Magnetronski oscilator stvara visokofrekvencijske impulse velike snage koji se zatim preko antene odašilju u prostor. Ovisno o vrsti magnetrona koji se ugradi u radar, stvaraju se visoke frekvencije od 3000 - 3120 MHz čija impulsna snaga iznosi 200 kW. U radaru MER-93S-K je ugrađen magnetron oznake CV 160A.

Budući da ovaj radar koristi jednu antenu za odašiljanje i prijem signala uloga odašiljačko-prijemne skretnice je da štiti prijemnik od impulsa velike snage prilikom odašiljanja. Ako bi slučajno impuls velike snage došao do prijemnika došlo bi do pregaranja radarskog prijemnika. Ovaj radar koristi odašiljačko-prijemnu skretnicu tipa CV 239. To je zapravo hidrogensko iskrište koje za ispravan rad zahtijeva napon za predioniziranje da bi se iskra u iskrištu uspostavila točno u trenutku kada radar počinje odašiljati.

#### 3.2. Radarski prijemnik

Prijemnik se sastoji od više sklopova koji imaju sljedeće zadaće: prijem visokofrekvencijskih signala, pretvorbu primljenih signala u signale niže frekvencije (međufrekvencije), pojačanje signala međufrekvencije, detekciju video signala, pojačanje video signala i automatsku regulaciju frekvencije. Izlazi iz radarskog prijemnika vode se na daljnju obradu u radarskom sustavu.

#### 3.3. Digitalna obrada signala

Digitalna obrada signala iz prijemnika se vrši u PC računalo i digitalnom procesoru radarskih signala DPRS93. U digitalnom procesoru ostvaruje se digitalizacija video signala i njegova primarna obrada. Sekundarna primjena digitalnog procesora je za upravljanje antenom temeljem prijema digitalnih podataka o trenutnom položaju antene. U PC računalo se provodi prilagodba radarskog signala za prikazivanje na monitoru.



### 3.4. Antena i sustav za upravljanje antenom

Antena služi za isijavanje visokofrekvencijske energije u prostor usmjeravajući je u uski snop, te služi za primanje odbijenih signala od objekata. Glavni dijelovi sustava za upravljanje antenom su digitalni frekvencijski pretvarači i elektronička kartica za upravljanje antenom. Digitalni frekvencijski pretvarači služe za upravljanje brzinom vrtnje tri elektromotora kojima se pokreće antena. Elektronička kartica za upravljanje antenom sastoji se od dva djela: elektroničkog sklopa za zaštitu antene u graničnim položajima i sučelja za komunikaciju računala sa digitalnim frekvencijskim pretvaračima.

## 4. MODERNIZACIJA RADARA MER-93S-K

Radar MER-93S-K je napravljen na bazi vojnih radara koji su se koristili u šezdesetim i sedamdesetim godinama prošlog stoljeća. Modernizacijom starih radara uz preinake na meteorološki radar (zamijenjena je elektronika bazirana na elektronskim lampama sa tranzistorskom elektronikom) stvoren je današnji radar.

Upravljanje antenom je riješeno preko tri elektromotora koji se upravljaju preko digitalnih frekvencijskih pretvarača. Ugrađen je digitalni procesor koji omogućava upotrebu računala za upravljanje radarom te obradu primljenih signala. Pošto je stara tehnologija postala problematična kod nabave rezervnih dijelova, krenulo se u nabavu odašiljačko-prijemne skretnice. Prilikom odašiljanja predajnik šalje impuls velike snage i skretnica ga mora usmjeriti prema anteni. Budući da prijemnik radi sa signalima male snage, impuls iz predajnika bi uništio prijemnik. Za vrijeme primanja signala skretnica usmjerava signal s antene na prijemnik. Odašiljanje i prijem signala traje red veličine u mikrosekundama, stoga se kao skretnice ne mogu upotrebljavati mehaničke sklopke nego brze elektroničke sklopke. Najčešće upotrebljavane izvedbe skretnice su s PIN diodama ili odašiljačko-prijemne plinske cijevi. Jedna i druga izvedba imaju svoje prednosti i mane. Skretnice s PIN diodama imaju dugi vijek trajanja i brzo preklapanje, ali se koriste za srednje snage (do 2kW) i imaju veće izobličenje signala. Odašiljačko-prijemne plinske cijevi imaju kratak vijek trajanja, sporo preklapanje, ali se mogu koristiti za snage od nekoliko stotina kilovata i imaju mala izobličenja signala. U modernim radarskim sustavima koriste se skretnice koje koriste PIN diode i princip plinske cijevi zajedno.

#### 4.1. Odašiljačko-prijemne plinske cijevi

Odašiljačko-prijemne cijevi su obično konvencionalna iskrišta u staklenim kućištima koja su ispunjena inertnim plinom (argon) ili vodenom parom pod malim tlakom. Iskra se formira kada elektroni provedu kroz ionizirani plin ili vodenu paru. Smanjivanjem pritiska u cijevi smanjuje se i veličina napona potrebnog da se stvori iskra. Za cijevi je važno da imaju kratko vrijeme oporavka nakon što je nastupila iskra, a to se postiže dodavanjem vodene pare pod malim tlakom. To je važno

da radar može detektirati objekte koji su njemu blizu. Ako se reflektirani signal od objekta koji je blizu radara vrati u radar prije nego se je cijev oporavila taj signal neće moći doći do prijemnika. Da bi se stvorila iskra i za postizanje ionizacije potrebno je određeno vrijeme koje ne smije biti preveliko jer bi se moglo dogoditi da u početku odašiljanja impulsa velike snage dio prođe kroz iskrište i ošteti prijemnik. Kako se to ne bi dogodilo na odašiljačko-prijemne plinske cijevi dodana je predionizirajuća elektroda na koju se dovodi napon od 100-1200 volti. Taj napon služi za predioniziranje vodene pare u staklenom kućištu i osigurava brzo postizanje potpune ionizacije i preskakanje iskre u trenutku kada dođe visokofrekventni impuls iz predajnika.

Radar MER-93S-K koristi plinsku cijev oznake CV 239 prikazanu na slici 5. Cijev može raditi na frekvencijama od 3000 MHz do 3124 MHz i može primiti impulsnu snagu od 200 kW. Punjena je sa vodenom parom pod tlakom od 1333 Pa. Problem kod odašiljačko-prijemnih skretnica baziranih na plinskim cijevima je da se više ne proizvode pa će s vremenom radarski sustavi koji ih koriste morati prijeći na modernije izvedbe.

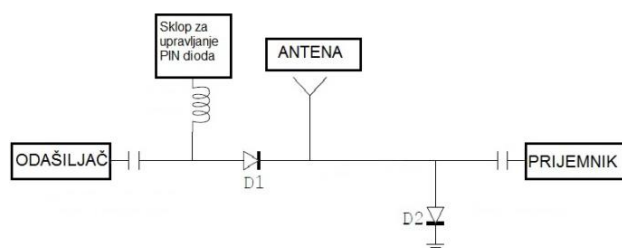


Slika 5. Plinska cijev CV 239

Kod modernih izvedbi radi se na tome da se izbjegne predionizirajuća elektroda s razlogom jer predionizirajući napon smanjuje vijek trajanja cijevi i izvor je male količine smetnje na prijemnom signalu. Zbog toga su se umjesto vodene pare ili nekog plemenitog plina počeli koristiti radioaktivni materijali. Najčešće se koristi radioaktivni plin tricij.

#### 4.2. Skretnice izvedene s PIN diodama

Jedan od primjera odašiljačko-prijemne skretnice riješene pomoću PIN dioda je prikazan na slici 6.



**Slika 6.** Odašiljačko-prijemna skretnica s PIN diodama [4]

Ova odašiljačko-prijemna skretnica se sastoji od upravljačkog sklopa i dvije PIN diode. Sklop za upravljanje je spojen preko zavojnice koja mu služi kao izolacija od visokofrekventnih signala velike snage odašiljača. Kondenzatori na izlazu odašiljača i ulazu u prijemnik odvajaju upravljački istosmjerni napon kojim se upravljaju diode od odašiljača i prijemnika. Kada je na diodama pozitivni upravljački istosmjerni napon one su propusno polarizirane i predstavljaju vrlo malu impedanciju. Zbog toga odašiljač vidi direktnu vezu s antenom i šalje snažni VF impuls. Dioda D2 praktički predstavlja kratki spoj prema uzemljenju, pa je prijemnik zaštićen od impulsnih signala odašiljača.

Kad su PIN diode nepropusno polarizirane predstavljaju beskonačnu impedanciju. Gledajući od strane prijemnika dioda D2 će blokirati put uzemljenju, a dioda D1 će blokirati odašiljač. Zbog toga je prijemnik direktno povezan s antenom i može primiti slabi reflektirani signal.

### 4.3. Kombinacija PIN dioda i cijevi

U mnogim radarskim sustavima prisutnost odašiljačkih signala velikih impulsnih snaga mogu zahtijevati više stupnjeva zaštite s PIN diodama da bi se limitirao jaki odašiljački signal. To dovodi do povećanja troškova zaštite i veličine odašiljačko-prijemnih skretnica. Više stupnjeva povećava smetnje i izobličenja koje diode rade.

Međutim moguće je kombinirati odašiljačko-prijemne cijevi sa smanjenom serijom PIN dioda da se dobije optimalna veličina i masa odašiljačkih skretnica. Signal velike snage iz odašiljača prvo aktivira tri stupnja zaštite s PIN diodama koje osiguravaju optimalnu zaštitu. Dioda na sebe preuzimaju dio odašiljačkog impulsa. Zbog povećanja električkog polja unutar skretnice dolazi do ionizacije plina u cijevnoj zaštiti što dovodi do stvaranja iskre koju uzrokuje ostatak odašiljačkog signala i time se štiti prijemnik od odašiljačkog signala.

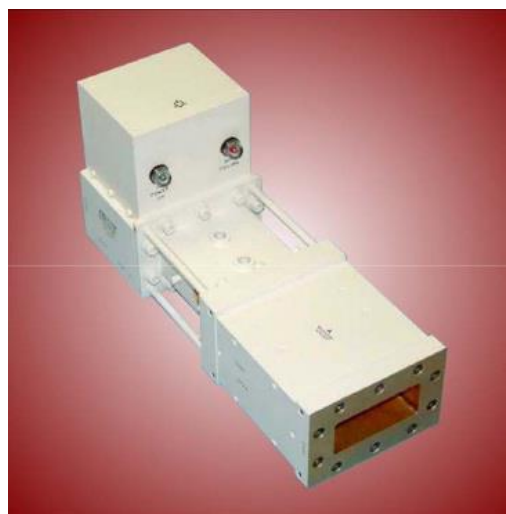
Drugi način rada ovakve skretnice je da se tri stupnja PIN dioda podese da primaju ukupni odašiljački impuls, a odašiljačko-prijemna cijev radi samo u slučaju da dođe do pregaranja jedne od dioda ili iz radarskog sustava dođe nekakav veliki signal uslijed kvara unutar uređaja.

Ovakve vrste skretnica se u današnje vrijeme koriste u svim modernim radarskim sustavima jer osiguravaju brzo preklapanje na velikim impulsnim snagama. Prednost prema običnim odašiljačko-prijemnim cijevima moderne izvedbe je da se ne koriste radioaktivni plinovi za postizanje ionizacije prostora između elektroda.

### 4.4. Prijedlog skretnice za radar MER-93S-K

Sve opisane skretnice moguće je ugraditi u ovaj radar. Skretnice bazirane samo na PIN diodama ne bi bile dobar izbor. Razlog tome je što izlaz magnetrona ima trenutnu izlaznu snagu od 200 kW što za PIN diode nije prihvatljivo pa bi se trebalo više dioda vezati da bi se postigla tako velika snaga. No povećanjem broja dioda dolazi do povećanog gušenja prijemnog signala što nije prihvatljivo jer sam signal koji se vraća refleksijom u radar je slab pa bi ga diode još dodatno oslabile prije daljnje obrade. Prvo rješenje koje bi bilo moguće izvesti je kombinacija PIN dioda i odašiljačko-prijemnih cijevi. Kod takve kombinacije u radar bi se trebao ugraditi upravljački sklop za PIN diode. Rad upravljačkog sklopa bi trebao biti sinkroniziran sa odašiljanjem impulsa prema anteni.

Da se ne bi trebalo previše mijenjati sklopovlje unutar radara najbolje rješenje za zamjenu stare skretnice bi bila klasična odašiljačko-prijemna plinska cijev ali u modernoj izvedbi. Novih izvedbi takvih skretnica postoji sa i bez predionizirajuće elektrode. Pošto stara skretnica koju koristi radar ima predionizirajuću elektrodu, ne bi trebao nikakav dodatni sklop za novu skretnicu. Kako predionizirajuća elektroda stvara manje smetnje na prijemnom signalu bilo bi dobro izbaciti predionizirajuću elektrodu i ugraditi skretnicu bez nje. Ta vrsta skretnice za ioniziranje koristi radioaktivni plin. Jedna od takvih skretnica ima oznaku VDS1720 proizvođača Beverly Microwave Division. Ona bi bila idealna zamjena za skretnicu u radaru MER-93S-K. Nema predionizirajuću elektrodu pa bi se postigla veća kvaliteta prijemnog signala. Maksimalna impulsna snaga koju može primiti ova skretnica je 250 kW što je više nego impulsna snaga radara. Maksimalno trajanje impulsa za ovu skretnicu ne smije biti veće od 10 $\mu$ s što je dovoljno jer trajanje impulsa koji šalje ovaj radar je 0.55 $\mu$ s. Vrijeme oporavka nakon što nestane odašiljački impuls za ovu skretnicu je 1.5 $\mu$ s što je dovoljno jer nakon odašiljačkog impulsa radar prima reflektirani signal u trajanju od 100 ms i onda opet slijedi odašiljački impuls. Slika 7. prikazuje odašiljačko-prijemnu skretnicu oznake VDS1720.



**Slika 7.** Odašiljačko-prijemna skretnica VDS1720 [5]

## 5. ZAKLJUČAK

U ovom radu su uz stare prikazane moderne odašiljačko-prijemne skretnice koje se ugrađuju u današnje radarske sustave, a moguće ih je ugraditi u stare radarske sustave. Pri odabiru moderne odašiljačko-prijemne skretnice koja bi zamjenila staru odašiljačko-prijemnu cijev CV239 razmatrano je nekoliko faktora kao što su cijena, dobavlјivost, te jednostavna ugradnja u postojeći radarski sustav.

Kombinacija odašiljačko-prijemne cijevi i PIN dioda je jedno od najbolјih rješenja za skretnice jer su pouzdane i ne koriste radioaktivne plinove, ali su dosta skupo rješenje. Za takvu vrstu skretnice bi trebalo u radar ugraditi upravljački sklop za PIN diode, što dodatno poskuplјuje ovo rješenje.

Najbolje rješenje za ovaj radarski sustav se pokazala odašiljačko-prijemna cijev u modernoj izvedbi bez predionizirajuće elektrode sa radioaktivnim plinom koji omogućava ionizaciju. Pouzdane su i lako dobavljive, a i cijenovno su vrlo pristupačne. Za tu vrstu cijevi ne treba nikakav dodatni sklop stoga ih je s toga lako ugraditi u postojeći radarski sustav.

## 6. LITERATURA

- [1] [http://en.wikipedia.org/wiki/Weather\\_radar](http://en.wikipedia.org/wiki/Weather_radar), (Dostupno: rujan 2013.)
- [2] University Corporation for Atmospheric Research's (UCAR's) Community Programs (UCP): [www.meted.ucar.edu](http://www.meted.ucar.edu), (Dostupno: rujan 2013.)
- [3] Album shema MER-93S-K, Tehnički opis radara
- [4] PIN diode drive circuits optimized for fast switching, Christoffer Brorsson, 2007.
- [5] Beverly Microwave Division <http://www.cpii.com>, (Dostupno: rujan,2013.)

### Kontakt autora:

**mr.sc. Ivan Šumiga, dipl.ing.el.**  
Sveučilište Sjever  
Sveučilišni centar Varaždin  
104. brigade 3  
42 000 Varaždin  
[ivan.sumiga@unin.hr](mailto:ivan.sumiga@unin.hr)