



Visoka škola elektrotehike i računarstva
strukovnih studija 2015/2016
Specijalističke studije SNET

Monitoring i
Dijagnostika
Električnih
Mašina

MONITORING I TESTIRANJE STATORA TURBOGENERATORA I HIDROGENERATORA



Predmetni profesor: Dr Željko Despotović, dipl.el.inž

UVOD

- Jezgro statora električnih generatora se sastoji od velikog broja tankih gvozdenih limova (lamela) sa orijentisanim kristalima (hladno lameliranih), izolovani jedni od drugih kako bi se smanjili gubici usled Fukoovih vrtložnih struja
- Sklop tankih limova je ojačan klinovima koji idu kroz jaram statora i prstenovima je ili pritisknim (steznim) pločama.
- Tokom rada, zbog toplotnih naprezanja, mehaničkih naprezanja (vibracija) i magnetskih naprezanja, mogu se pojaviti manje greške u izolaciji između listova duboko u jezgru, ali i kao posledica starenja. Ovo kao rezultat može usloviti pojavu međusobno kratkospojenih limova.
- U isto vreme, mehanička naprezanja (mehanički uticaji, udari i sl.) mogu uzrokovati kratki spoj koji se može dogoditi u delu od limova prema vazdušnom procepu
- Ove male unutrašnje ili površinske greške mogu dovesti do značajnog povećanja vrtložnih struja koje se zatvaraju u datom području, koje će izazvati opasna povećavanja zagrevanja a čak topljenja gvožđa. Kao posledica ovoga dolazi do uništavanja izolacije između susednih štapova statora.
- Greške u statorskom jezgru se mogu detektovati jedino ako je rotor izvađen i ako se primene metode testiranja i to pri niskom i visokom iznosu gustine magnetnog fluksa.
- **Metoda koja koristi velike gustine magnetnog fluksa** se bazira na vrednostima od oko 80% od nominalne vrednosti (1T-1.4T) i detekciji grešaka u gvozdenim limovima koje su posledica termičkih efekata
- Na mestima gde je došlo do greške, jako lokalno zagrevanje je moguće detektovati u odnosu na srednju temperaturu ostatka statorskog jezgra.

- Merenje zagrevanja jezgra statora se obično vrši infracrvenim mernim uređajem
- Metoda ima niz nedostataka, među kojima i činjenica da ona zahteva velike snage izvora napajanja za pobudni namotaj , koji je u ovom slučaju sastavljen od nekoliko namotaja kablova, adekvatno dimenzionisanih tako da odgovaraju korisnoj struji koju je teško dobiti i održavati
- Tako na primer, 330 MW turbogenerator, ili 50MW hidrogenerator, napona 6.3kV, zahtevaju transformator prividne snage od oko 4 MVA.
- U isto vreme, ogled grejanja treba obaviti vrlo brzo, tako da nema disperzije i izbegava se moguće širenje postojećih grešaka ili pojavu novih, obzirom da se tokom ispitivanja jezgro ne ventilira.
- Drugi nedostatak je ograničenje otkrivanja, uglavnom površinskih grešaka i činjenica da je praktično nemoguće otkriti greške koje se nalaze dublje u zidovima žlebova ili čak u jarmu statora.
- **Metoda bazirana na niskoj vrednosti gustine fluksa** zahteva da se pobuđivanje jezgra statora ostvaruje magnetnim poljem od oko 4% od nazivne gustine u jarmu statora , odnosno 0.04-0.06T, odnosno detekciju grešaka u gvožđu putem elektromagnetnog efekta , koristeći merni pretvarač potenciometerskog tipa tzv. "Chattock", pretvarač (o kojem će kasnije biti detaljnije reči).
- Ovaj test zahteva izvor koji može dati struju 20-50 A i pobudu od nekoliko namotaja fleksibilnog priključnog kabla od preseka 6mm² , načinjenog od lakiranog bakra i izolovanog sa PVC izolacijom.
- U isto vreme, metoda omogućuje detekciju površinske greške jezgre statora, ali i onih na zubima statora ili na dnu žleba , ili u jarmu statora.
- Tokom ispitivanja nema značajnijeg zagrevanja gvožđa

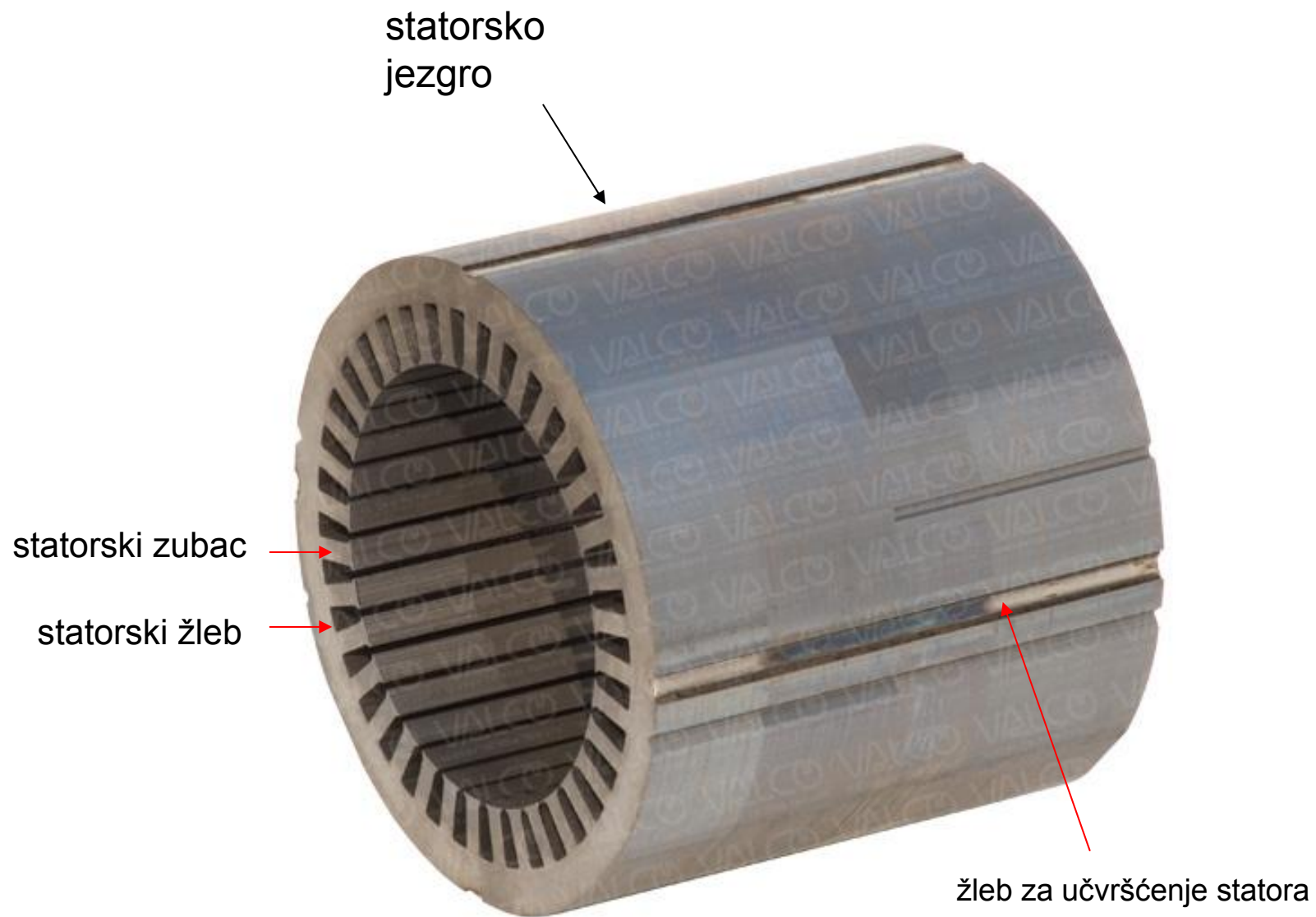
- Statorsko jezgro obezbeđuje put veoma niske vrednosti magnetnog otpora za radni fluks u električnim mašinama
- Statorska jezgra učvršćuju i nose statorski namotaj
- Statorska jezgra moraju biti tako dimenzionisana da izdrže veoma velike radne sile koje se javljaju uz toku rada mašine
- Ove sile su mehaničke i magnetne prirode
- Statorska jezgra obezbeđuju primarno odvođenje toplote iz indirektno hlađenog statorskog namotaja
- Statorski namotaj je značajan izvor gubitaka (gubici u bakru i dodatni gubici u bakru)
- Dodatni gubici (površinski tzv. “skin” efekat)
- Veličina statorskog jezgra je određena zahtevima potrebne jačine magnetnog fluksa i njegove gustine (magnetne indukcije B)
- Kućište statora, statorsko jezgro i pripadajući namotaj u njemu se obično integrišu u fabrici generatora
- Ova integrisana celina obično predstavlja najteži deo generatora i stoga najzahtevniji za podizanje i transport
- Težine idu i do 500t maksimalno



statorski paket

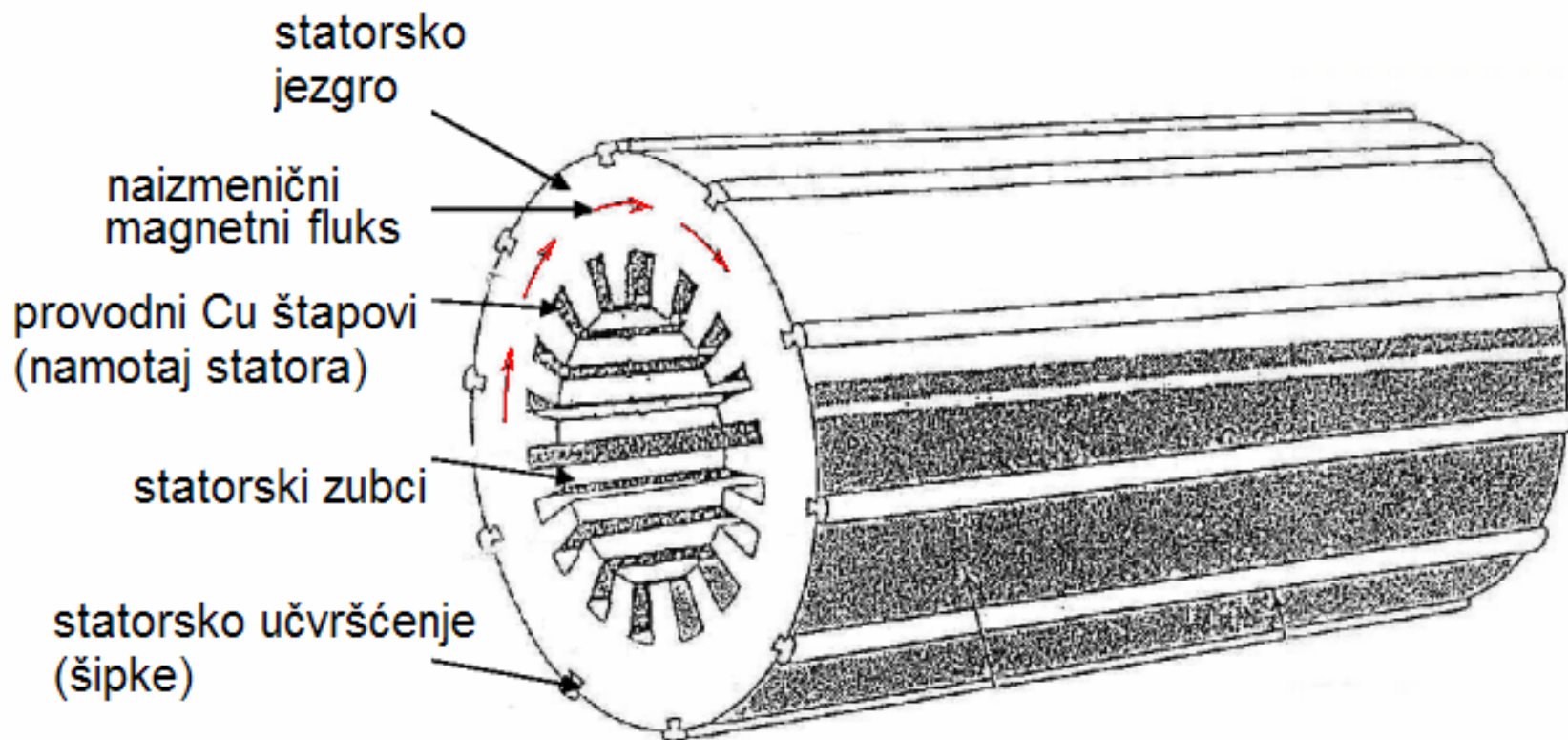


jedna lamela segmenta statorskog jezgra

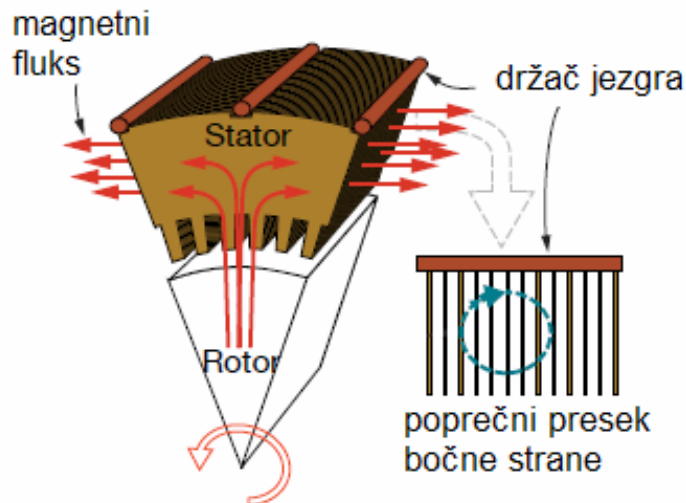


Izgled realnog statorskog jezgra

DELOVI STATORSKOG JEZGRA



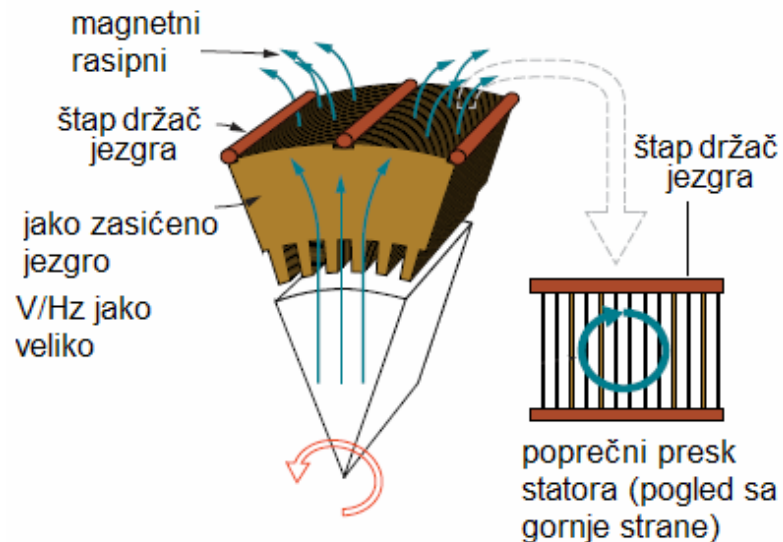
RASPODELA MAGNETNOG FLUKSA U STATORSKOM JEZGRU



Normalni rad

- U normalnom radu fluks se zatvara kroz jezgro statora kroz bočne laminirane strane
- Obzirom da je jezgro izrađeno od tankih limova koji su međusobno izolovani, ono predstavlja put velikog otpora vrtložnim strujama koje se indukuju usled promenljivog fluksa (V/Hz)
- vrtložne struje su u ovom slučaju vrlo male

Zasićenje



- U slučaju zasićenog jezgra promene fluksa dovode do indukovanja vrlo velikih struja u bočnim oslonim štapovima (key bars)

-Ovo može dovesti do potencijalnog uništenja inter-laminarne izolacije statorskog jezgra

- U zasićenju su limovi kratak spoj (obe strane i gornja i bočna) sa ekstremno izraženim gubicima usled vrtložnih struja.

- Vrtložne struje su indukovane od rasipnog fluksa koji je rezultat jake saturacije (zasićenja)

KOMPLETNO FORMIRANO STATORSKO JEZGRO TURBOGENERATORA



KOMPLETNO FORMIRANO STATORSKO JEZGRO HIDROGENERATORA



OŠTEĆENJA STATORSKOG JEZGRA

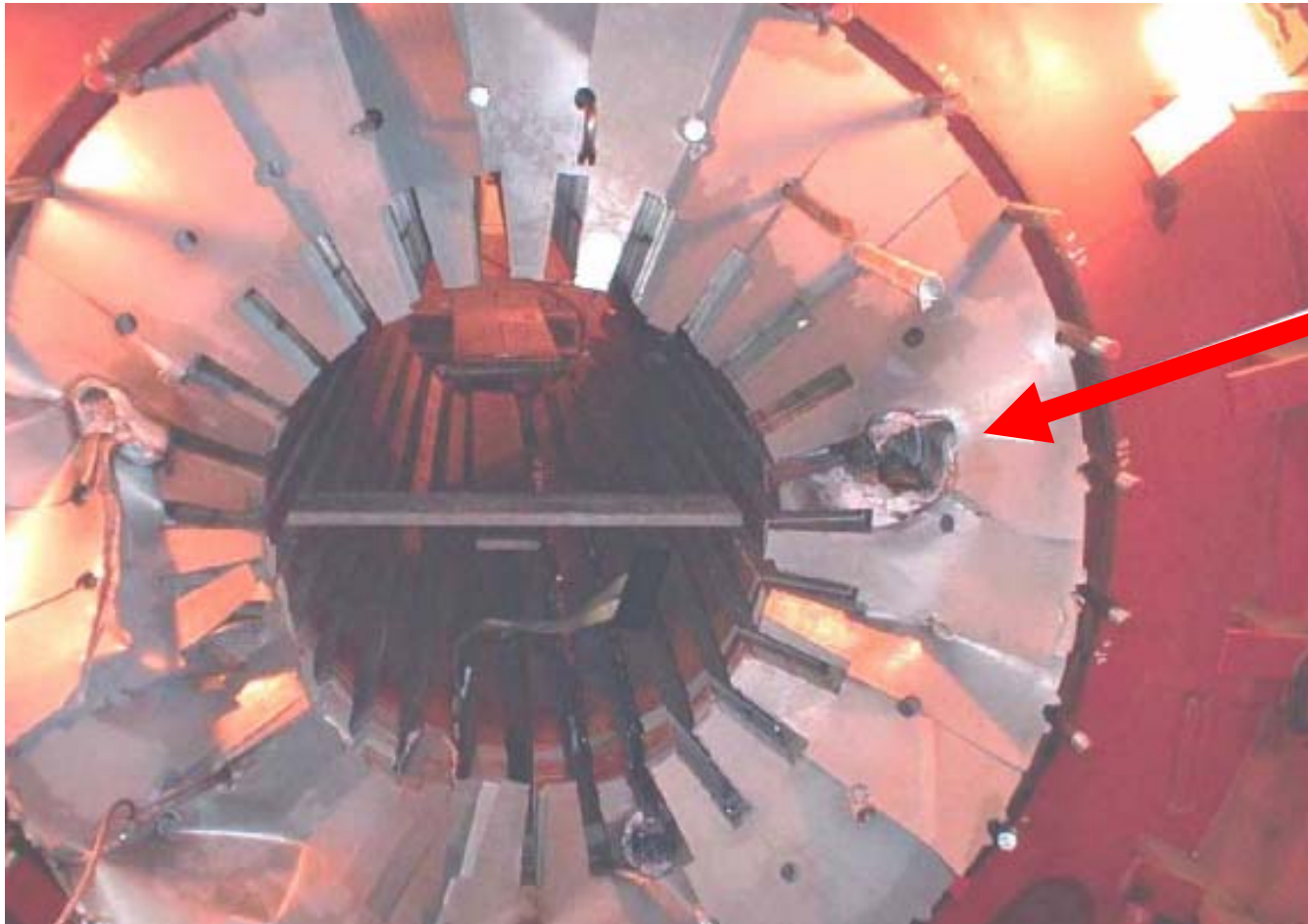
mehaničko oštećenje usled udara

lom lamele usled zamora materijala



mehaničko oštećenje usled udara

LOKALNO OŠTEĆENJE STATORSKOG JEZGRA USLED TOPLJENJA



ISTOPLJENO
STATORSKO
JEZGRO

TESTIRANJE STATORSKOG JEZGRA

Procena stanja statorskog jezgra predstavlja veoma veliki tehnički izazov. Uglavnom se ove procene ostvaruju u nizu testova koje je potrebno sprovesti. Ti testovi se mogu sistematizovati kao:

- *Testiranje stegnutosti i pričvršćenja statorskog jezgra*
- *Testiranje izolacije zavrtnjeva*
- *Vibracioni test*
- *Test gubitaka snage u jezgru*
- *Testiranje sa nominalnim i sniženim fluksom*
- *ELCID test (Electromagnetic Core Imperfection Detection)*

Testiranje kompaktnosti i pričvršćenja statorskog jezgra

- Sumnjive oblasti labavosti lamela statorskog jezgra se mogu potvrditi tzv. “testom noža”
- Vršiti se ubacivanje specijalnog noža debljine sečiva od 0.25mm u među-procepe koji eventualno postoje između statorskih limova, kao što pokazuje slika
- Ako sečivo noža prodire do više od 5mm tada je jezgro loše stegnuto i potrebno je izvršiti reviziju pakovanja statorskih limova



“test noža”

TEST SNAGE GUBITAKA U STATORSKOM JEZGRU

- Glavni deo gubitaka od apsorbirane energije statora otpada na gubitke u bakru (I^2R), ventilacione gubitke i trenje, dopunske gubitke usled opterećenja i gubitke u statoru, rotoru i armaturi jezgra.
- Istraživanja su pokazala da su od svih pomenutih gubitaka najznačajniji gubici u jezgru statora
- Gubici u jezgru se mogu podeliti na GUBITKE USLED HISTEREZISA i GUBITKE USLED VRTLOŽNIH STRUJA
- Kako se vrši ispitivanje?
- Jezgro se magnetno pobudi i meri se apsorbirana snaga Watt-metrom
- Rezultati merenja su izraženi u specifičnoj snazi (vatima) po jedinici mase statorskog jezgra
- Ova snaga ne treba da prelazi 6-10W/kg
- Porast u odnosu na prethodni test ne treba biti veći od 5%

GUBICI USLED HISTEREZISA

- Gubici usled histereza su proporcionalni učestanosti
- $P_H \sim f$
- Obzirom da se vrši naizmenično magnećenje jezgra po histerezisnoj krivoj oni su proporcionalni površini histerezisne krive

$$P_H = \eta \cdot f \cdot B_m^\alpha \cdot m_{Fe}$$

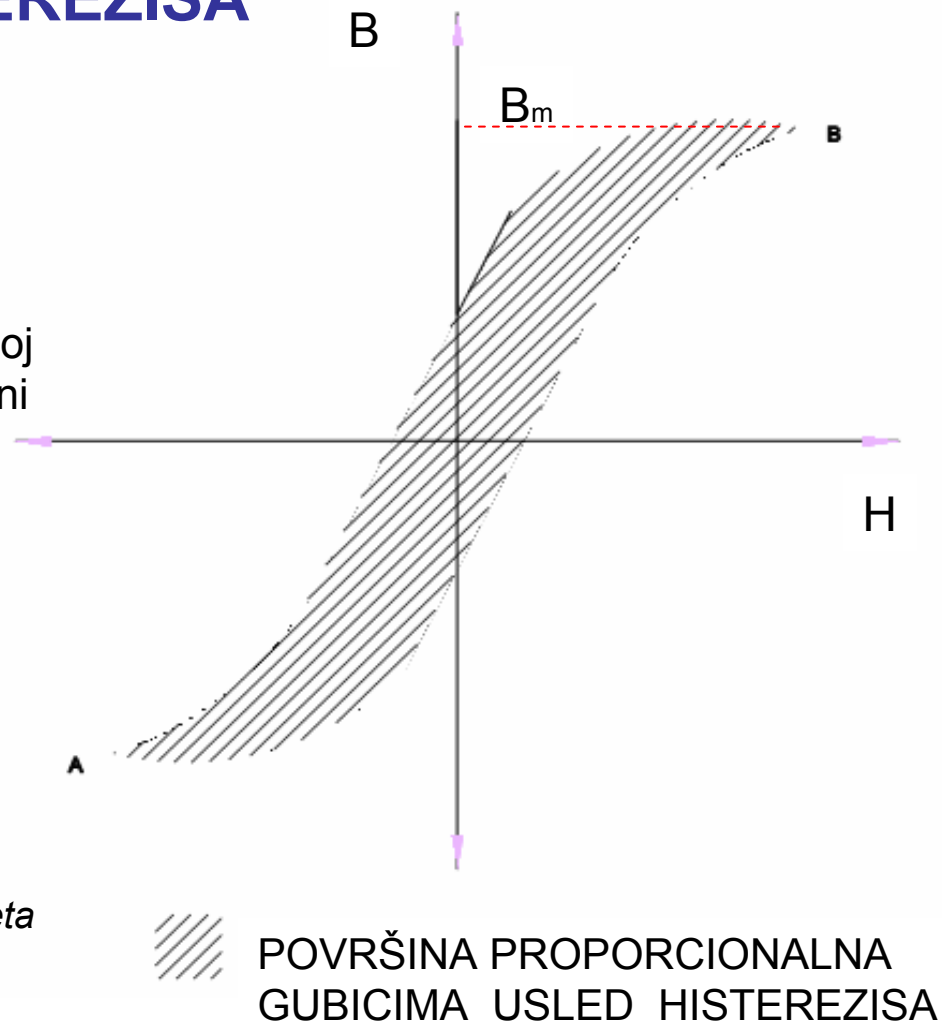
f — učestanost (Hz)

B_m — amplituda indukcije (T)

α — 1.5....2.5 (zavisno od kvaliteta limova jezgra)

m_{Fe} — masa gvozdеног jezgra (kg)

η — konstanta za dati uzorak materijal i u datom opsegu fluksa poznata pod nazivom Steinmetz-ova konstanta



GUBICI USLED VRTLOŽNIH STRUJA

$$P_v = \sigma \cdot f^2 \cdot B_m^2 \cdot m_{Fe}$$

f — učestanost (Hz)

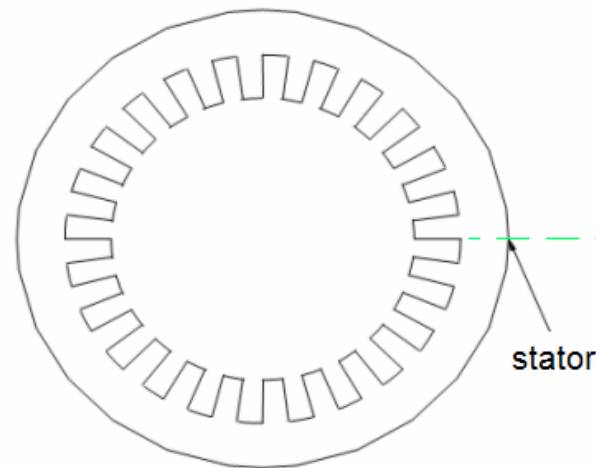
B_m — amplituda indukcije (T)

m_{Fe} — masa gvozdenog jezgra (kg)

σ — sačinilac koji zavisi od specifičnog otpora, specifične mase i kvadrata debljine lima

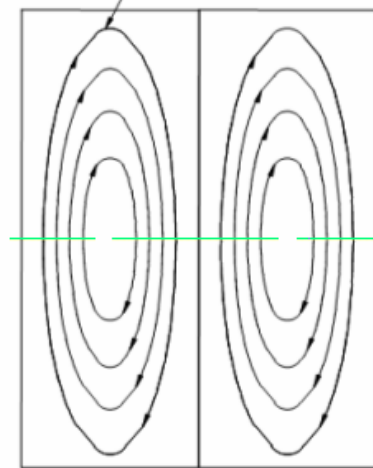
U normalnom stanju, kada su limovi statorskog jezgra i njihova međusobna izolacija, ispravni putanja vrtložnih struja je kraća, u odnosu na slučaj kada dođe doproboja inter-laminarne izolacije. Stoga su gubici u ovom drugom slučaju značajno veći

NORMALNO STANJE



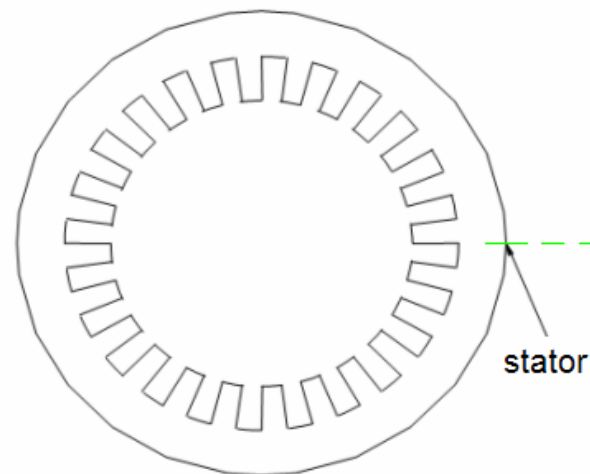
PREDNJI POGLED

vrtložne struje



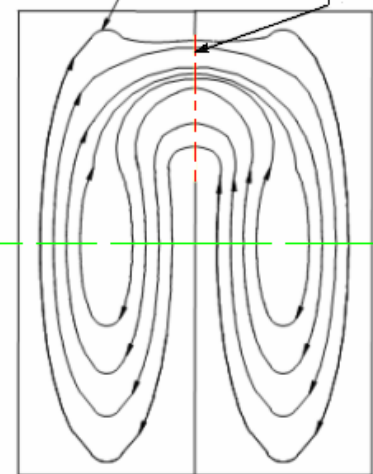
UVEĆAN BOČNI POGLED

PROBOJ IZOLACIJE IZMEĐU LIMOVA



PREDNJI POGLED

vrtložne struje
proboj laminacije



UVEĆAN BOČNI POGLED

TEST JEZGRA STATORA PRI POVIŠENOM MAGENTNOM FLUKSU

- Vrlo često se koristi i test statorskog jezgra pri sniženom fluksu u “izvlačenju” podataka i iz statorskog jezgra
- Koristi se kod provere integriteta među laminarne izolacije limova u paketu
- Pobuda namotaja mora imati odgovarajući broj navoja i izvor napajanja sposoban da indukuje oko **80-100% od nominalnog fluksa**, u zadnjem delu statorskog jezgra
- Toplota koja se proizvodi usled dejstva vrtložnih struja, se na ovaj način detektuje
- Ovaj metod se zove još i *LOOP* test
- **Potreban je izvor velike snage (do 3MVA)!!**
- **Dominantni su sigurnosni problemi koji se tiču visokih napona i velikih vrednosti struja!!**
- **Skupa je oprema za termičku detekciju!!**

TEST JEZGRA STATORA PRI SNIŽENOM MAGNETNOM FLUKSU

- Slaba karika u jezgru statora je izolacija između statorskih limova
- Ukoliko je ona loša dolazi do stvaranja tzv.”vrućih tačaka” u jezgru statora
- Ovo može dovesti do topljenja statorskog jezgra na tim mestima , ali i do oštećenja namotaja statora (oštećenje izolacije namotaja)
- Tradicionalni test je test pri punom fluksu (problem je detekcija zagrevanja jezgra pri nominalnom fluksu)
- Krajem 1970 godine **Central Electricity Generating Board (CEGB), UK** je patentirao **ELEKTROMAGNETNU DETEKCIJU NESAVRŠENOSTI MAGNETNOG JEZGRA STATORA** odnosno **ELCID** (Electromagnetic Core Imperfection Detection)!!!
- Test se bazira na pobudi magnetnog jezgra **statora sa fluksom 4%** od normalnog, koga je mnogo lakše i jednostavnije dobiti nego vrednost punog (ili nominalnog) fluksa

ELCID- merno akvizicioni uređaj

- Bilo kakve nesavršenosti u jezgru statora proizvode struje greške
- Senzorska glava kalema (Chattock) detektuje ove struje greške
- ELCID procesor meri i prikazuje rezultate
- Svaki 100mA detektovane struje kvara (pri 4% fluksa) odgovara porastu temperature jezgra od 5-10°C (koja se inače ima pri punom fluksu)



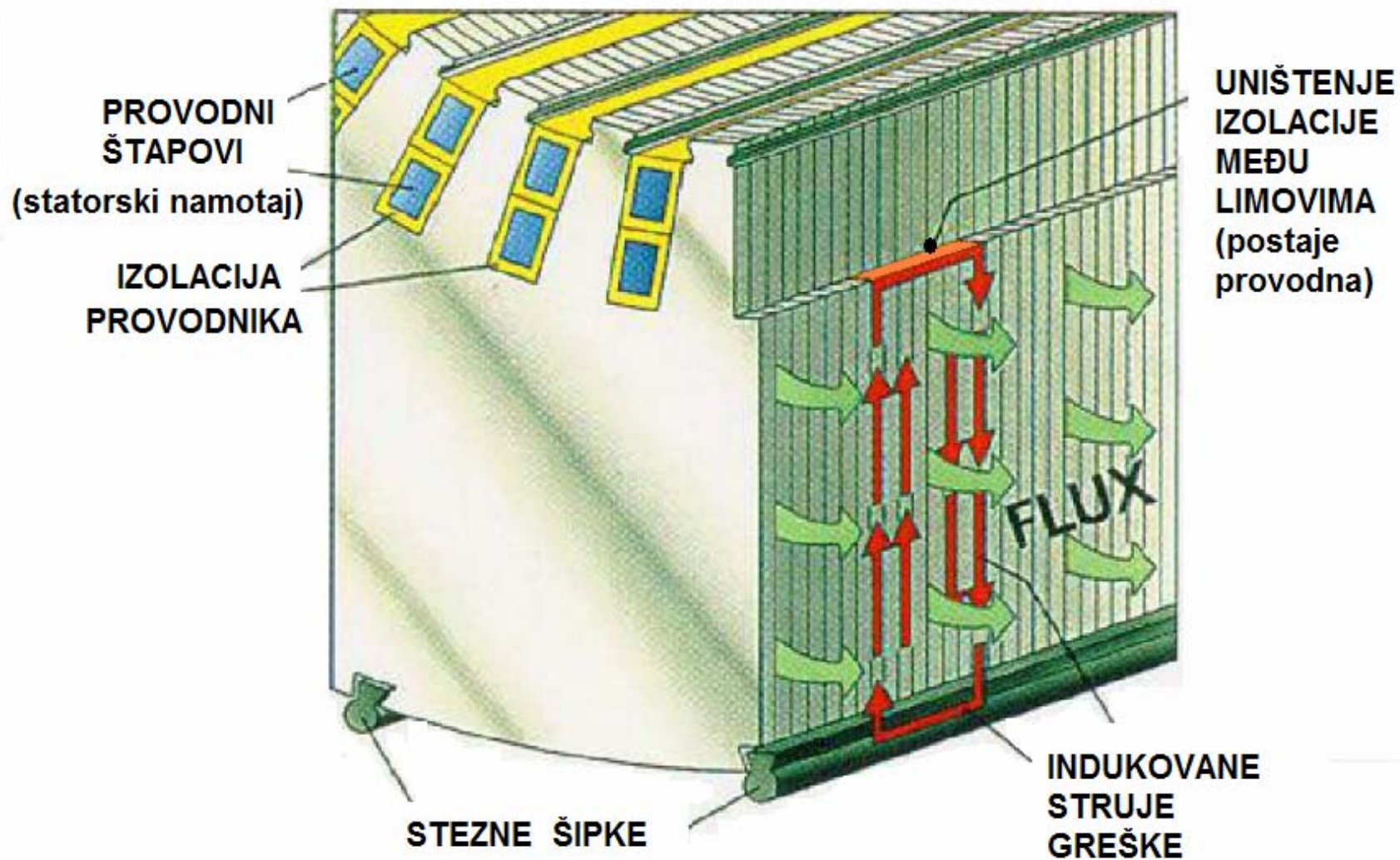
ELCID metoda ima znatno niže energetske zahteve:

-Potreban je izvor snage svega 1-3kVA

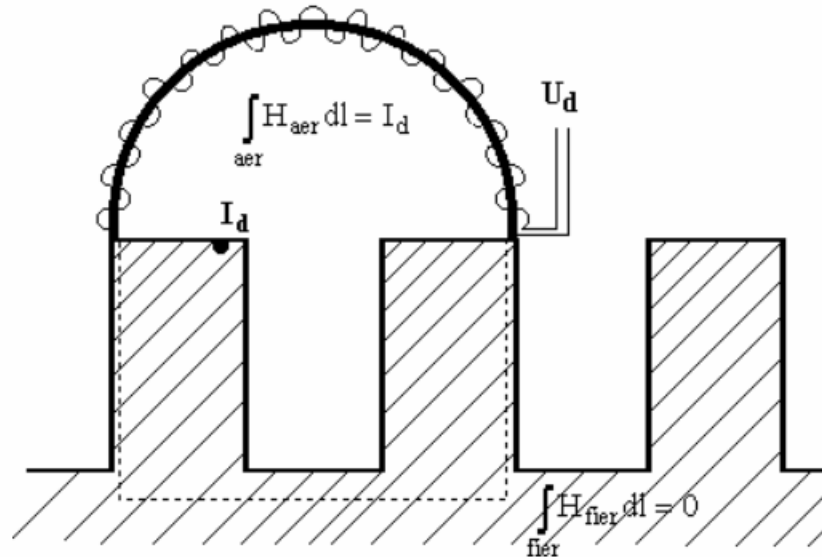
-Nema sigurnosnih problema koji se tiču napona i struje

ELCID-merni i akvizicioni uređaj

INDUKOVANE STRUJE GREŠKE



“Chattock”-kalem (potenciometar)



I_d - struja greške

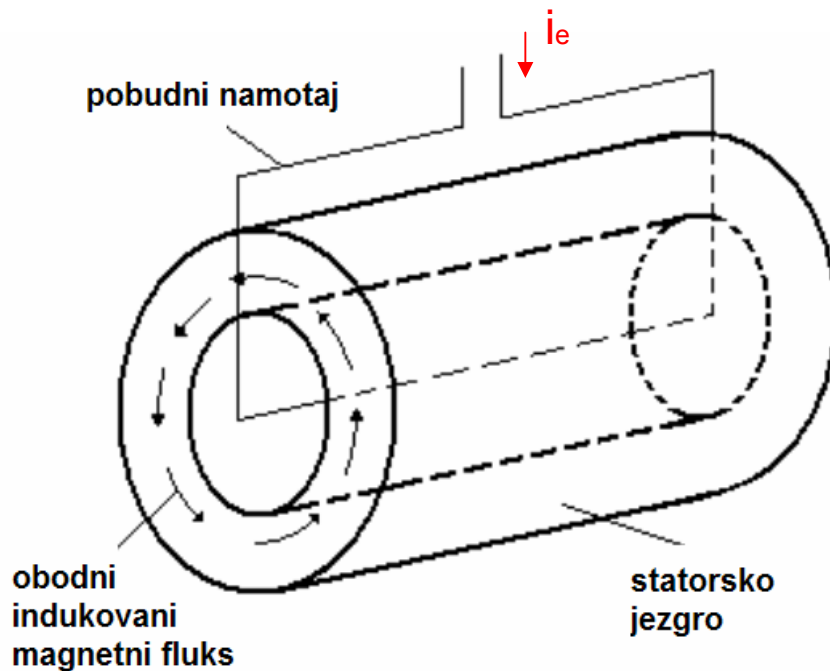
Pozicija potenciometra na statorskim zubcima

$$\int_{\Gamma} H dl = \int_{\text{air}} H_{\text{air}} dl + \int_{\text{iron}} H_{\text{iron}} dl = I_d$$

0 (*magnetna permeabilnost Fe je velika)

Chattock kalem ili kako se obično naziva *potenciometar*, se sastoji od dugog tankog nemagnetnog solenoida na kojem je namotana vrlo tanka bakarna žica. Ovaj solenoid obezbeđuje fleksibilnost mernog uređaja. Njegova uloga je da meri magnetnu potencijalnu razliku između najudaljenijih krajeva susednih magnetnih zubaca. Elektromagnetno polje proizvedeno u vazduhu je posledica struje greške

PRINCIP RADA



$$i_e = \sqrt{2} I_e \sin \omega t$$

$$\varphi_e = \sqrt{2} \Phi_e \sin \omega t$$

$$u_e = L \frac{di_e}{dt} = \sqrt{2} \cos \omega t$$

Pobudni namotaj se postavi tako da obavi je statorsko jezgro (kao na slici). Namotaj se napaja pobudnom strujom i_e . Ova struja generiše obodni fluks u statorskom jezgru. Ovaj promenljivi fluks indukuje napon u_e u statorskom gvožđu po njegovoj dužini u limovima. Induktivnost jezgra je L . Obzirom da se može smatrati da je jezgro nezasićeno, rasipna induktivnost će biti značajno mala.

Ovo stanje se ima kada nema struje greške u limovima jezgra.

Šta se dešava kada se pojavi struja greške?

Struja kvara (normalna na ravan neispravnog lima) generiše fluks reakcije, koji se drugačije naziva fluks kvara Φ_d koji je u fazi sa ovom strujom. Ovaj fluks indukuje napon u oblasti površine kvara:

$$u_d = \frac{l_{Fe}}{l_d} u_e = R_d i_d + L_d \frac{di_d}{dt}$$

Rešenje ove jednačine daje izraz za struju greške:

$$i_d = \sqrt{2} \cdot \frac{l_d}{l_{Fe}} U_e \frac{R_d \cos \omega t + \omega L_d \sin \omega t}{R_d^2 + \omega^2 L_d^2}$$

$$i_d = \sqrt{2} \frac{l_d U_e}{l_{Fe} R_d} \cos \omega t$$

l_{Fe} - dužina statorskog jezgra

l_d - dužina zone greške

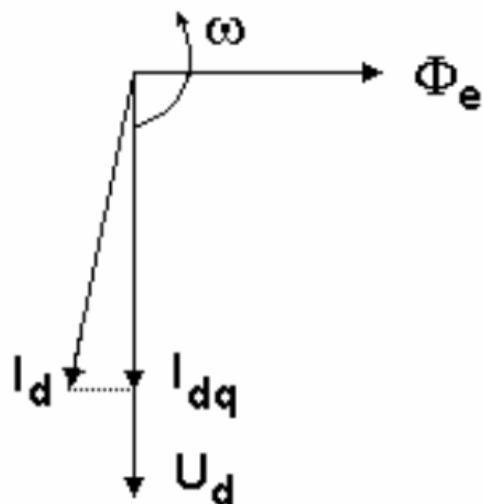
R_d - otpornost zone greške

L_d - induktivnost zone greške

i_d - struja greške

pošto je $R_d \gg \omega L_d$

FAZORSKI DIJAGRAM



Struja greške u poprečnoj osi i_{dq} je u fazi sa pobudnom strujom i_e .

Φ_e - fluks koji potiče od pobudne struje

I_d -stvarna struja greške (struja kvara u limu)

I_{dq} - poprečna struja greške (struja kvara)

U_d -napon indukovao u limu sa greškom

Ukupni fluks indukuje u "Chattock" kalemu napon:

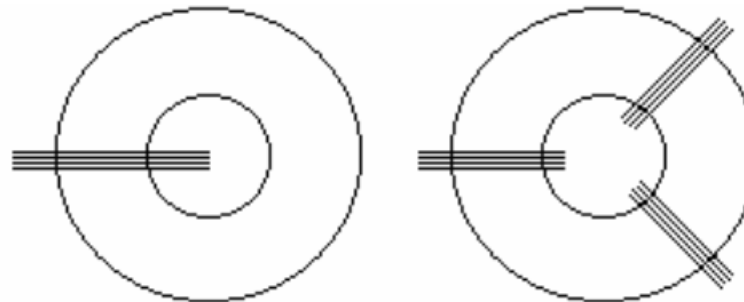
$$u_c = \sqrt{2} \omega \sqrt{\Phi_e^2 + \Phi_d^2} \sin \left(\omega t + \arctan \frac{\Phi_e}{\Phi_d} \right)$$

U bakarnom namotaju na ne-magnetnom jezgru potencijometra će poteći struja:

$$i_c = \sqrt{2} I_d \sin \omega t + \sqrt{2} I_e \sin \left(\omega t - \frac{\pi}{2} \right)$$

- Čak i ako ne postoji greška u limu merni pretvarač će dati relativno veliku vrednost napona koji je indukovao od pobudnog fluksa.
- U slučaju prisutnosti smetnje, odnosno greške, dolazi do povećanja pobudnog fluksa i moguće je detektovati struju kvara.
- Ovaj napon pri kome nema greške je moguće eliminisati pomoću faznog detektora koji meri trenutnu vrednost napona indukovano u meroj sondi kada pobudni fluks prolazi kroz nulu.
- U ovim uslovima pored signala sa davača mora da postoji i signal koji daje informaciju o fazi pobudnog fluksa.
- Ovaj signal je dat referentnim kalemom (uz magnetna jezgra limova) i fiksiran je stalnim magnetima umutar statorskog jezgra tako da pravi kratak spoj za magnetni fluks između dva susedna žleba.

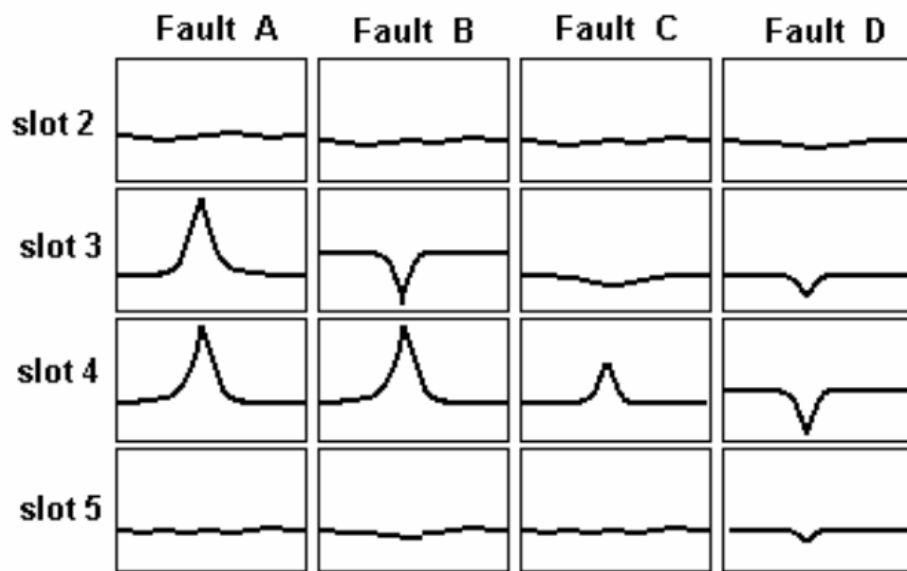
Pozicija pobudnog namotaja



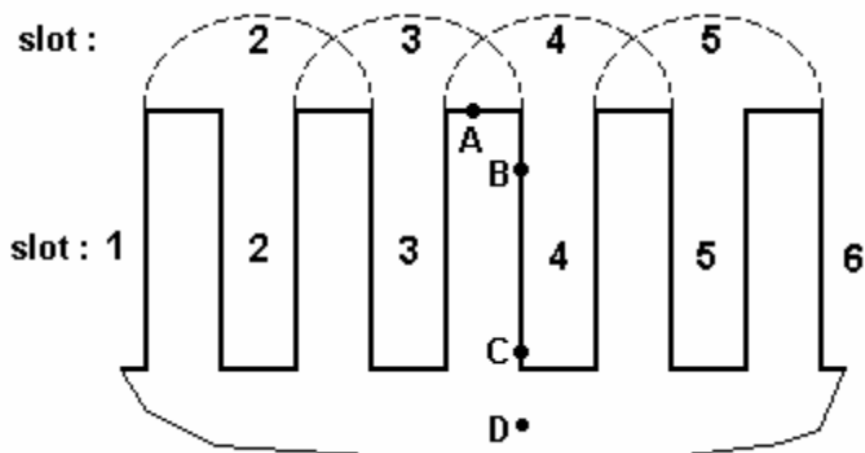
stator TG

stator HG

DETEKCIJA LOKACIJA GREŠAKA U STATORSKIM LIMOVIMA



Osnovni oblik "Chattock" signala



Lokacija grešaka

-Lokacije grešaka: žlebovi 3,4,5

-Prema obliku ili polaritetu signala može se ustanoviti da li se greška nalazi na radijalnom pravcu na površini zubca ili duboko unutra

-Pozitivni polaritet signala i njihova sličnost (žlebovi 3 i 4) ukazuju da se greška nalazi na vrhu zubaca – greška (A)

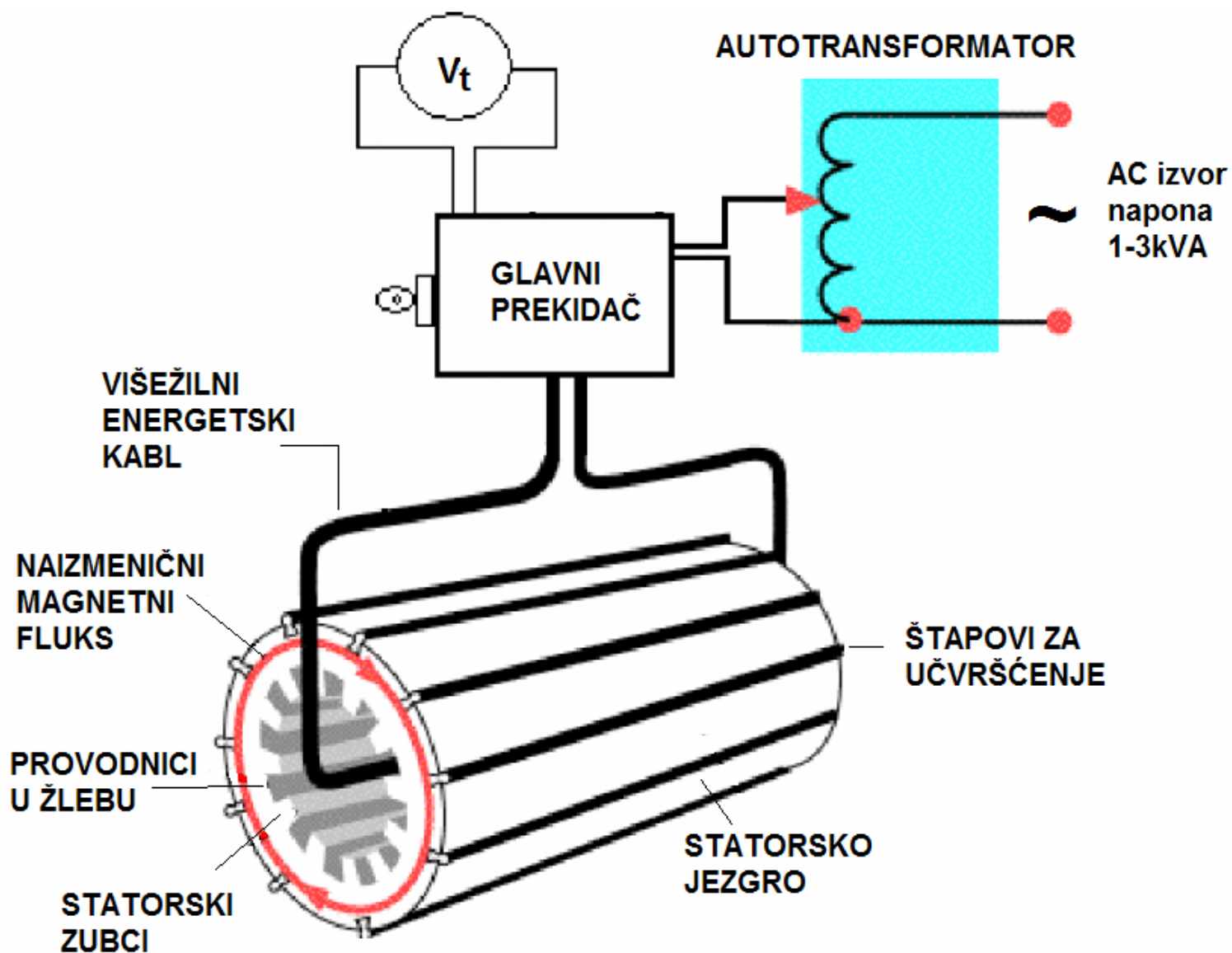
-Signali suprotnih polariteta za žlebove 3 i 4 ukazuju da se kvar nalazi na strani žleba pod uglom- greška (B)

-Pozitivan signal za žleb 4 ukazuje na postojanje greške pri dnu žleba u oblasti njegove baze – greška (C)

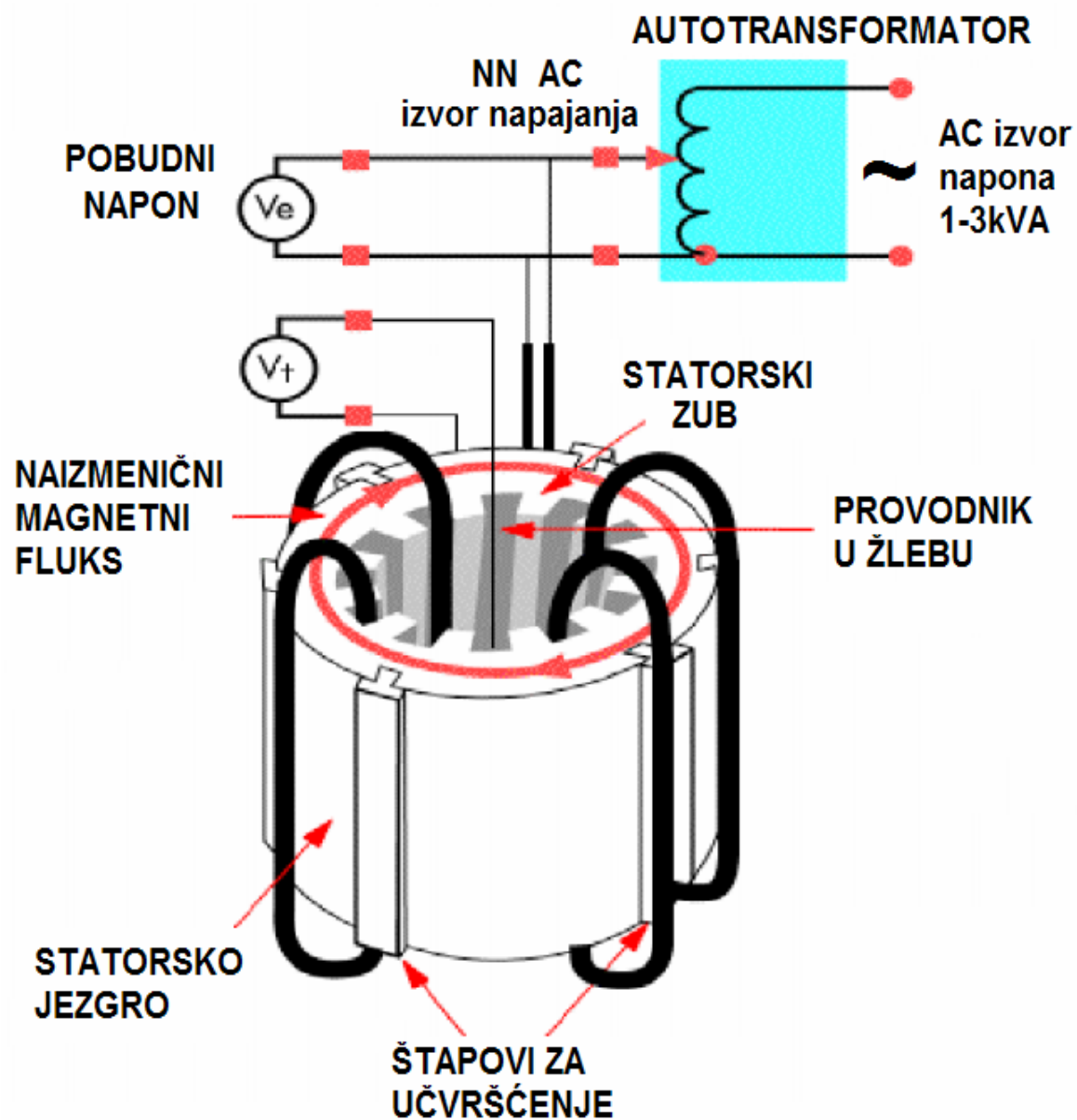
-Negativni signali za žlebove 3 i 4 ukazuju na grešku u jarmu statora, odnosno na lokaciji označenoj sa (D), odnosno ima se greška u dubini jarma statora- greška (D)

Greška=Fault (engl.)

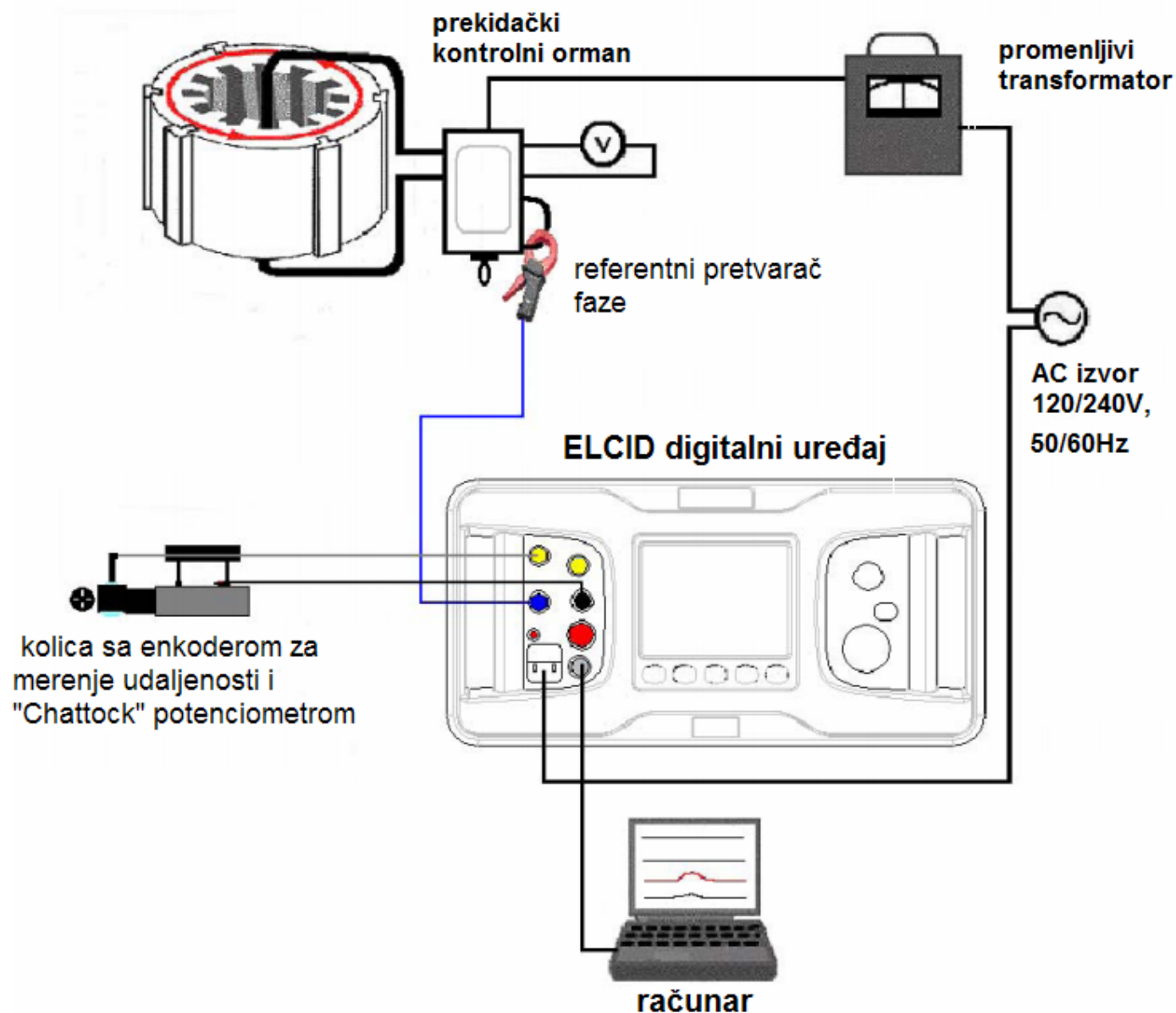
ELCID sistem za testiranje turbogenerators



ELCID sistem za testiranje hidrogenatora



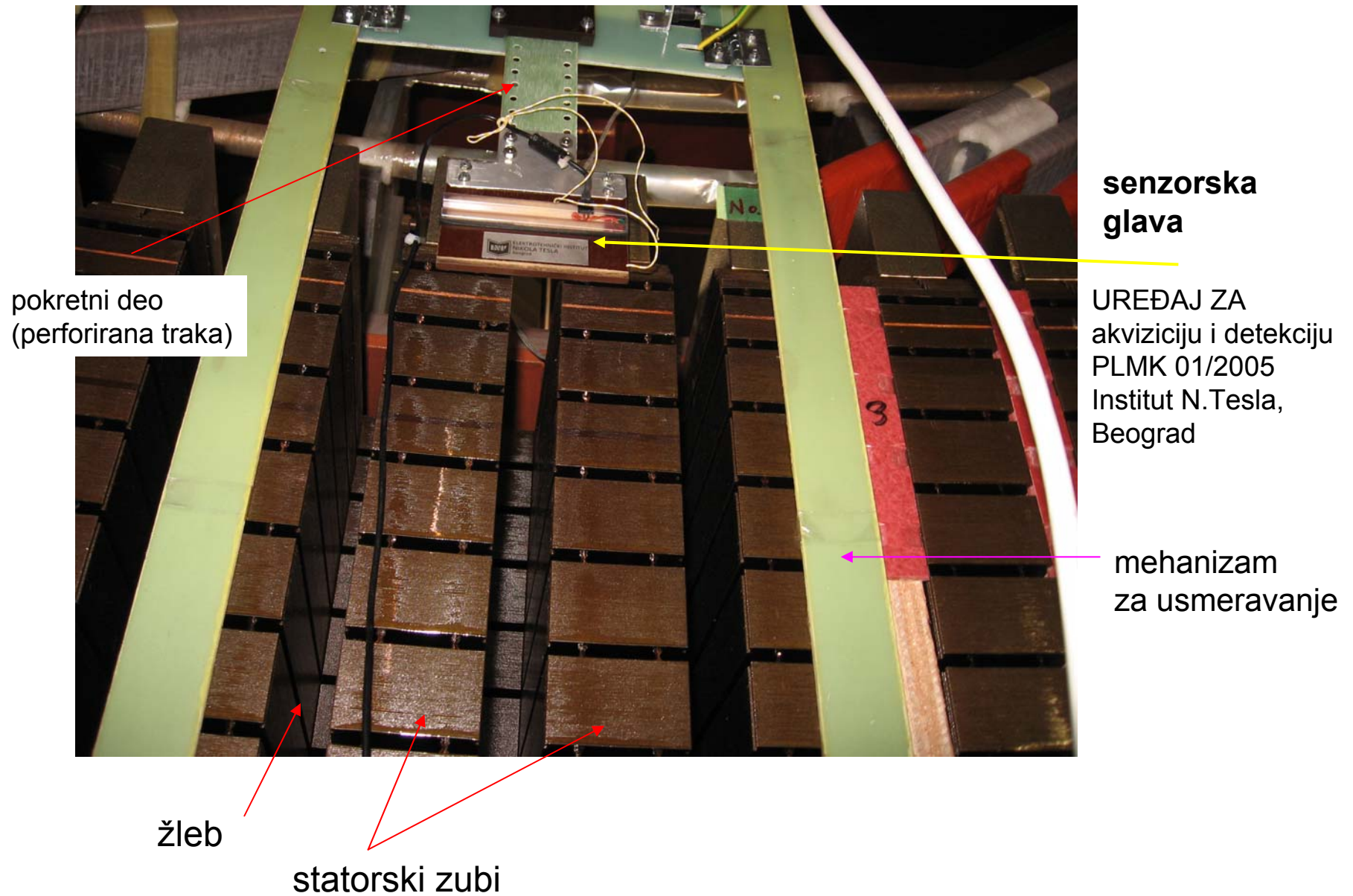
ELCID sistem baziran na digitalnom uređaju

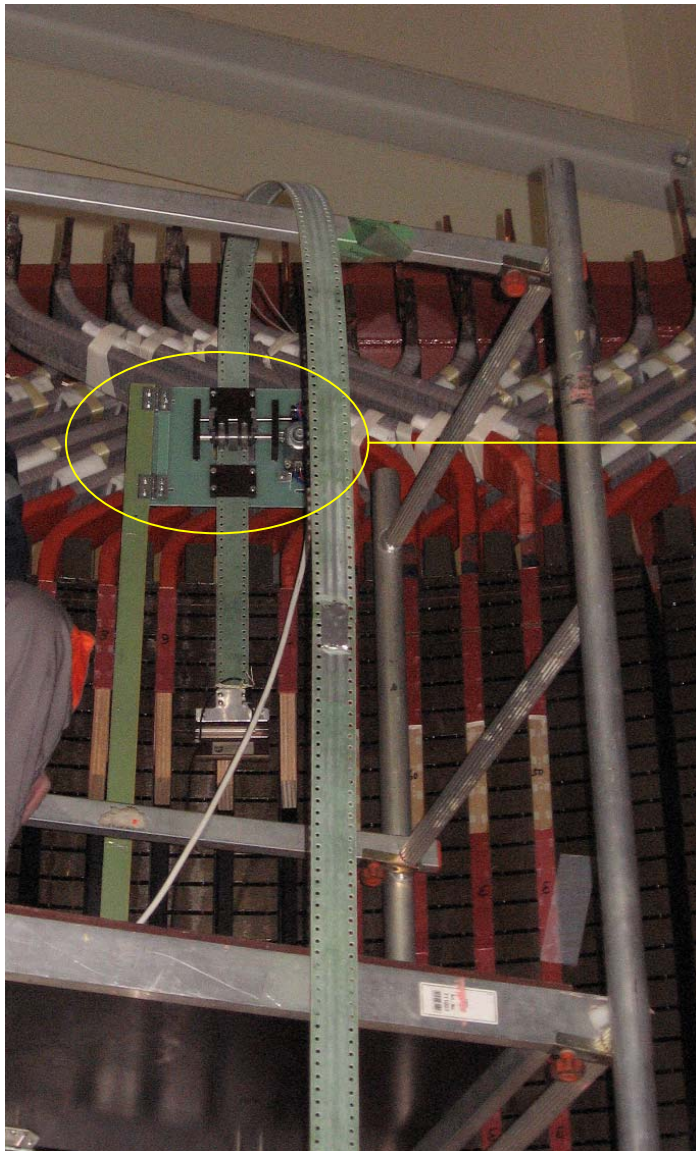


PROBLEMI KOD TESTIRANJA I NJIHOVO PREVAZILAŽENJE

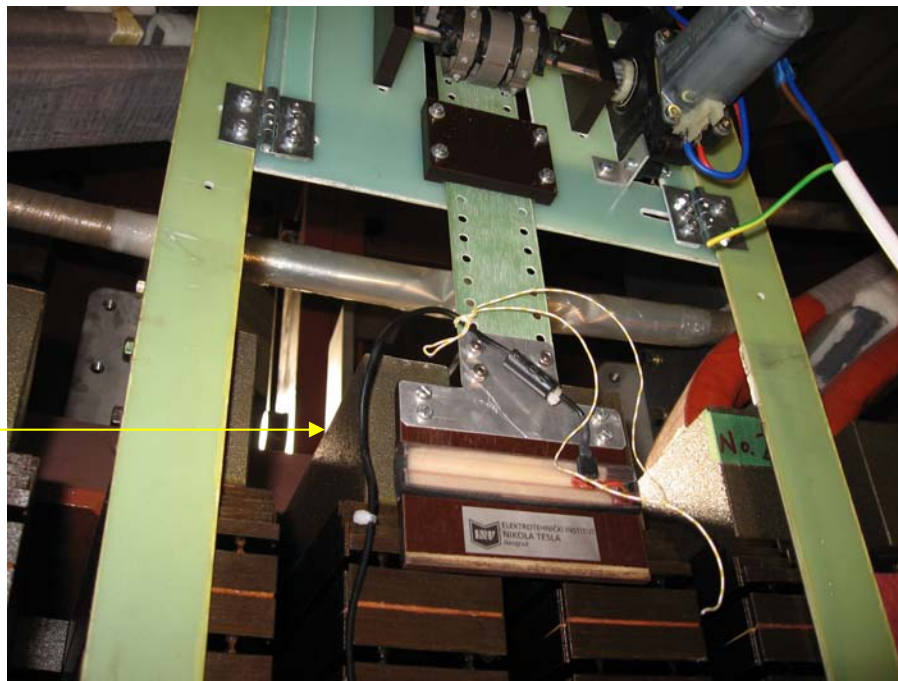
- Kod ispitivanja statorskog jezgra se javlja jedan praktični problem koji se odnosi na relativno velike dimenzije samog jezgra i relativno veliki broj žlebova koje treba ispitati
- U ovom slučaju ispitivanje bi moglo da traje veoma dugo
- Ustvari kvalitet ispitivanja je u obrnutom odnosu sa vremenom ispitivanja
- Što je duže vreme (detaljnija merenja i obrade) kvalitet je bolji i obrnuto.
- Obično se ovo ispitivanje izvodi tako što čovek usmerava naročiti pokretni mehanički deo koji nosi senzor (senzorsku glavu) sa pomenutim "Chattock" potencijometrom
- Na ovaj način se tokom pokretanja senzorske glave vrši detekcija kvarova na opisani način
- Moguće je ovaj postupak automatizovati i poboljšati sa tzv. *ROBOTIC INSPECTION VEHICLE- RIV* (robotizovanim vozilom za inspekciju i testiranje) koje nosi senzorsku glavu, kameru i ostale neophodne senzore za detekciju kvarova

KLASIČNA DETEKCIJA SA MEHANIZMOM ZA VOĐENJE SENZORSKE GLAVE





Kompletan sistem sa ručnim vođenjem senzorske glave (INT Beograd)



Uređaj za akviziciju



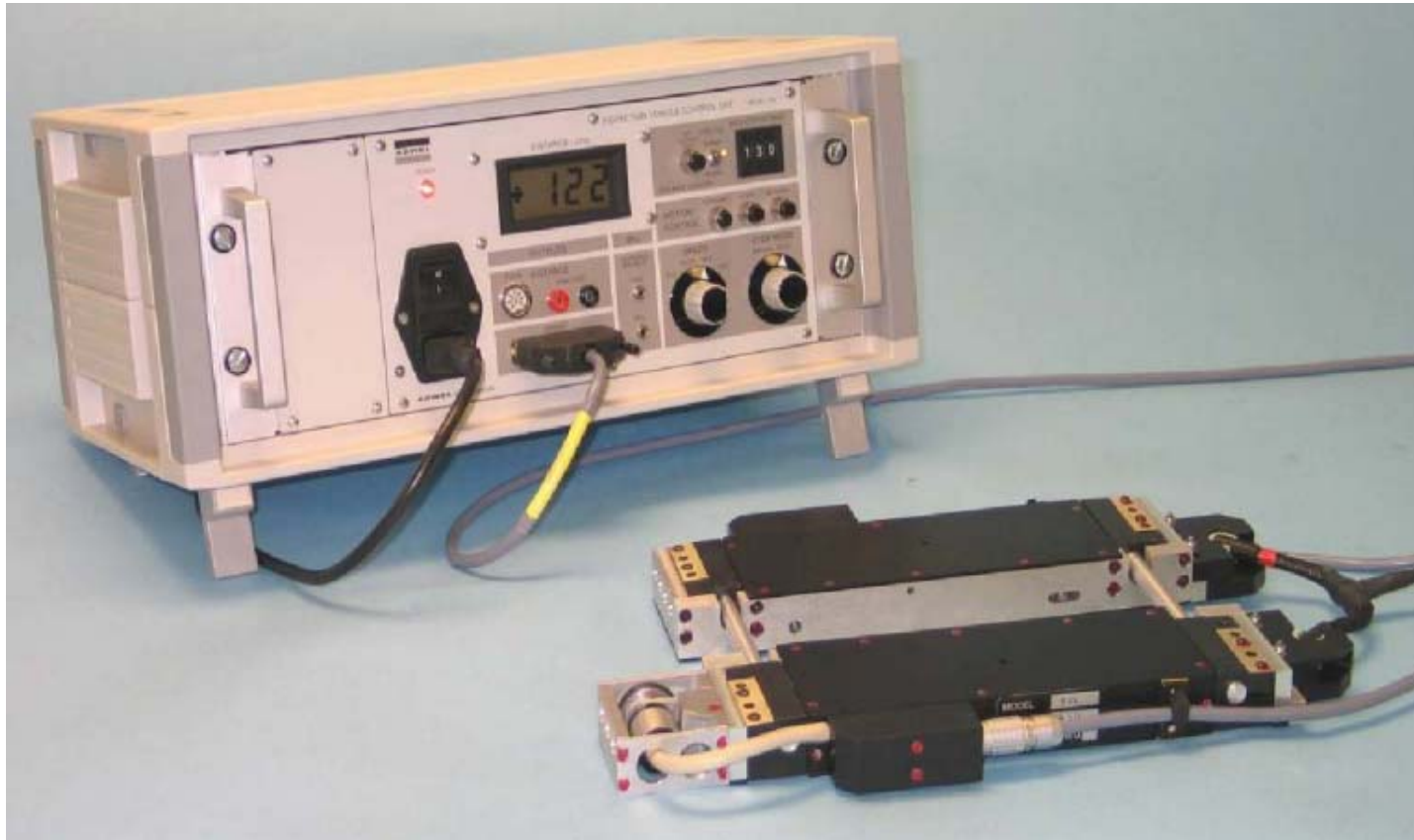
Izgled statorskog jezgra hidrogeneratora tokom montaže i dispozicija sistema za njegovo testiranje

- Pored mehaničkog vođenja i aparature za merenje zahteva se mehanička konstrukcija za osoblje koje rukuje mernom opremom
- Ova konstrukcija zahteva dodatne radove
- Ovo može da ugrozi sigurnost osoblja pri merenju
- Ovaj nedostatak predstavlja jedan od razloga za novim savremenijim rešenjem baziranim na naprednijim tehnikama

ROBOTSKO VOZILO ZA INSPEKCIJU STATORSKOG JEZGRA - ROBOTIC INSPECTION VEHICLE (RIV)

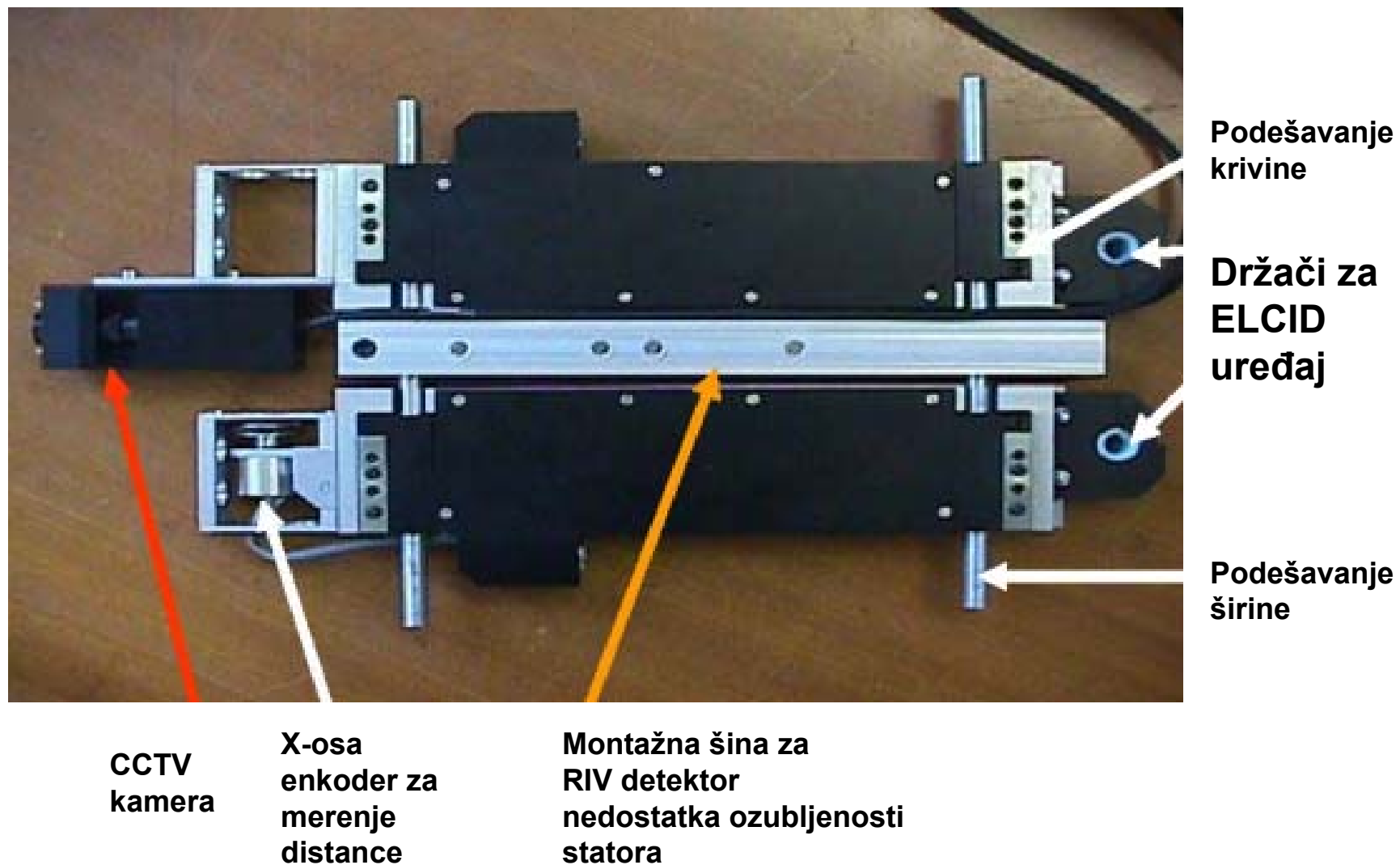


RIV- OSNOVNE PREDNOSTI I KARAKTERISTIKE



- Brzina 2,4 ili 6m/min sa mogućnošću promene smera napred/nazad
- Mogućnost korišćenja za razmak između zubaca od 65mm pa naviše (podešljivo)
- Automatski sistem za vođenje sa optičkim enkoderom za snimanje distance (rastojanja)
- Magnetno samo-oslanjanje na statorsku površinu (veoma bitno kod ispitivanja na gornjoj strani statora u odnosu na podlogu)
- Prilagodljiv za krivine mašine (statora)
- Može se koristiti i za test nekih vrsta rotora, kao i za inspekciju u zazoru između statora i rotora

Robotic Inspection Vehicle (RIV) - OSNOVNA DISPOZICIJA



PRIMENA RIV-a U INSPEKCIJI ZAZORA IZMEĐU STATORA I ROTORA



Krećući se u vazdušnom procepu između statora i rotora RIV se može koristiti za ELCID inspekciju, detekciju ivica žlebova, nedostatak ozubljenosti, oštećenje Zubaca, ali i za vizuelnu inspekciju sa CCTV kamerom

ELCID prednosti:

- mali pobudni fluks (4%), mala snaga ispitne instalacije
- Portabilnost, brzina, kompaktnost
- Niski zahtevi za snagom
- Velika sigurnost i minimalna opasnost od strujnog udara
- Trenutna interpretacija rezultata
- Minimalni rizik od oštećenja
- Visoka pouzdanost tokom testiranja





**POZICIJA ROBOTSKOG VOZILA (RIV) ZA INSPEKCIJU STATORA
NA NJEGOVOJ GORNJOJ STRANI** (postaje značajna uloga njegovog magnetnog
samo-oslanjanja)



Testiranje HIDROGENERATORA



Testiranje statora ELEKTROMOTORA



Dispozicija ELCID testera statorskog jezgra zajedno sa RIV



Iris Power LP

3110 American Drive

Mississauga, ON, Canada L4V 1T2

Phone: +1-905-677-4824

Fax: +1-905-677-8498

Sales.iris@qualitrolcorp.com



SPECIFICATIONS*

Overall Length	350mm with Chattock holders
Overall Width	Adjustable from 18 to 30cm
Instrument Weight	10.5 kg
Maximum Payload	2 kg in vertical climb mode
Slot Pitch	65mm to 210mm
Guidance	Automatic using magnetic sensors
Distance Measurement	Optical encoder wheel, 0 to 9.99m
Tractor Speeds	Nominally 2, 4 or 6 m/min
Controls	Speed, direction and auto-stop distance
Outputs	X axis pulses for EL CID
Power Requirement	85-264 V, 50/60 Hz (<50VA) CAT II
Operating Temperature	0° to +50°C (+32° to +122°F)
Case Dimensions	63.2 x 60.2 x 33.3 cm 24.9 x 23.7 x 13.1 in
Standards	EN61010-1, EN61326,  marked

**Specifications are subject to change without notice*

REFERENTNA LITERATURA

- Stator core monitoring and testing-ELTERA
http://elequipment.com/eltera.bg/images/stories/pdf/Iris/RM_core_IR_PR_EN_E_201003.pdf
- R.Zlatanovici, D.Zlatanovici, “*STATOR CORE FAULTS DETECTION WITH LOW FLUX DENSITY METHOD*”, U.P.B. Sci.Bull, Series D, Vol.75, Iss2, 2013
- Snimci uređaja detekciju grešaka u statorskom jezgru PLMK 01/2005, Institut N.Tesla, Beograd
- Low Profile Robotic System for Stator Core Testing and Inspection Model RIV-702, IRIS Power, Ver. 3, 11/13
- EL CID EVOLUTION, The next generation in EL CID technology for detecting stator core problems, Ver 2, 11/09

HVALA NA PAŽNJI



Beograd, Decembar 2015