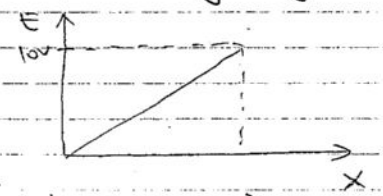
A-PDF Image To PDF Demo. Purchase from www.A-PDF.com to remove the watermark

15. 10. 2012.

# Čelijska membrana

## * Ravnotežni i akcioni potencijal *

- nosioci naelektrisanja u našem telu su joni
- kretanje jona predstavlja električnu struju
- Difuzija - kretanje jona od mesta sa višom koncentracijom ka mestu sa nižom koncentracijom
- Koncentracijski gradijent ≈ difuzija
- Električni gradijent je promena električnog polja




- Joni se kreću stohastički, usmereno kretanje se dešava usled difuzije ili električnog gradijenta
- Čelijska membrana je preduslov za kontrolisanu razmenu materija
- Čelijska membrana je sastavljena od masti (lipida)
- Ravnotežni potencijal na čelijskoj membrani ostvaruju joni kalijuma.
- Membranski ravnotežni potencijal koji ostvaruje da bude isto naelektrisanje unutar i izvan čelije
- Voltažnu kontrolu koristimo u stimulaciji
- Hemijsku kontrolu se koristi više u prirodi, koristi se za prenos informacija sa čelije na čeliju
- akcioni potencijal predstavlja nosioce u našem organizmu
- akcioni potencijal predstavlja promenu potencijala na čelijskoj membrani.
- akcioni potencijal traje vrlo kratko, lokalnog je karaktera i "putuje" duž čelije
- natrijumski kanali su otvoreni kratko

- period u kom ćelija ne može da izazove akcioni potencijal, naziva se refrakcioni period
- pomoću struje i napona definišemo količinu naelektrisanja.
- struja rebaze neće izazvati depolarizaciju

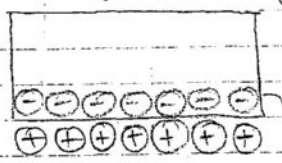
Kronaksija je vreme za koje moramo dovoditi 2*Ir da bismo izazvali depolarizaciju ćelijske membrane

Polarizaciju možemo izvršiti samo na čvorovima mijelinizirana vlakna
- A ne možemo izvršiti na mestima gde ima ovotoca

## * Elektrode *

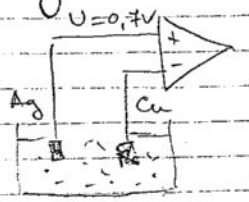
- elektrode su pretvarači struje u jonskoj sredini (organizmu) u stanju slobodnih elektrona u provodniku
- na kontaktu elektroda i organizama dolazi do složenih biohem. procesa koji značajno smanjuju preciznost merenja biolos sig.
- Postoje:
  - elektrode za višekratnu upotrebu (koje se nakon upotrebe sterišu i mogu ponovo da se koriste)
  - elektrode za jednokratnu upotrebu (jedne od takvih su iglene elektrode) više se koriste, cena je povoljna.

Elektrode možemo deliti na implatibilne, površinske ...
- Dva raz metala u elektrolitu generišu napon
- ovaj spoj se može ponašati kao kondenzator



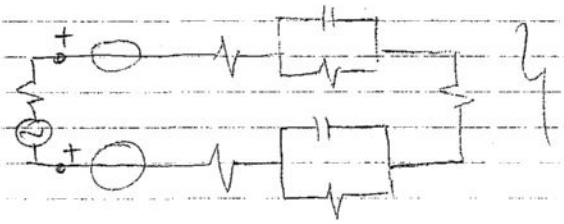
nastaje napon od 0,8V

- nastaje i na jednoj i na drugoj elektrodi
- ako su elektrode iste napon je 0V
- ako su od različitog materijala postoji neki napon



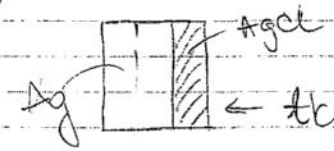

* Elektrode u kontaktu sa organizmom pokazuju REZISTIVNO-KAPACITIVNE efekte!

- elektrodni ofset je posledica same elektrode
- uvek ćemo koristiti elektrode od istog materijala da bi smo smanjili elektrodni ofset (ali uvek postoji, ali se trudimo da bude što manji)
- Polućelijski pot. zavisi od elektrolita i temperature
- elektrode u kojima nema prenosa naelektrisanja kroz graničnu pov. metal-elektrolit su potpuno polarizljive ili nereverzibilne elektrode. Koriste se pri stimulaciji i daju dobre rezultate. Dolazi samo do jedne od hem. reakcija oksidacija ili redukcija
- elektrode kod kojih dolazi do prenosa naelektrisanja su nepolarizljive ili potpuno reverzibilne, koriste se kod snimanja. Kod njih su izražene obe hem. reakcije
- elektrode se moraju praviti od materijala koji ne izazivaju neke poremećaje u organizmu
- ako su za višekratnu upotrebu moraju se praviti od materijala koji može da izdrži velike temperature zbog sterilizacije.
-




Interfejs elektroda - tkivo

- ako je manje polarizljiva napon će biti manji
- elektroda koja se najviše koristi u elektrofiziološkim snimanjima je Srebro/srebro-hlorid

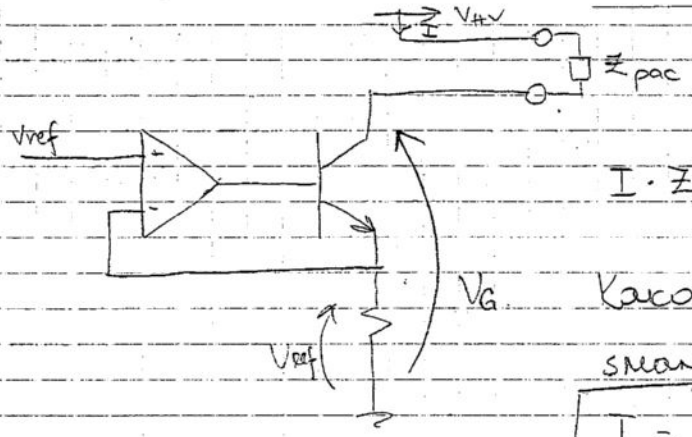



← tkivo ide sa ove strane

- Bakarna i gvozdena elektroda se nikad ne koriste
- Ag/AgCl - odziv posle pobude smanjuje se ratom 10ak min, šema skoro ni da nema

- loša osobina im je fotoosetljivost, osetljiva je na sunčevu svetlost (Ag/AgCl elektrode).
- elektrode od nerđajućeg čelika su najčešće implatibilne elektrode
- Površinske elektrode je neophodno fiksirati !!!
- Obavezno staviti gel zbog prijanjanja uz kožu.
- ! srebro nije pogodno za implatibilne elektrode
*! Za snimanje elektrofizioloških signala se koriste NEPOLARIZIVE elektrode
* Poželjno je da se elektroda zakloni od svetla da bi obezbedila stabilnost rada
* Da bi se elektrode fino "zalepile" za tkivo (kožu) neophodno je koristiti PROVODNU PASTU. Pasta mora da bude hipoalergijska, i treba da bude adhezivna.
* Elektrode koje koriste samolepljive polimere imaju odlična adhezivna svojstva, a i otpornost je prihvatljiva.

22.10.2012.




$I \cdot Z_{pac} + \cancel{V_G}^{\approx 0} = V_{HV}$ jedino se menja $V_G$

Kako imped. raste $V_g$ mora da se smanjuje kako bi struja bila ista

$$\boxed{I = \frac{V_{HV}}{Z_{pac}}}$$

ako je $Z_{pac}$ veće struja će biti manja

$Z_{pac} \approx 1k\Omega$ ⇒ to su dobre electrode

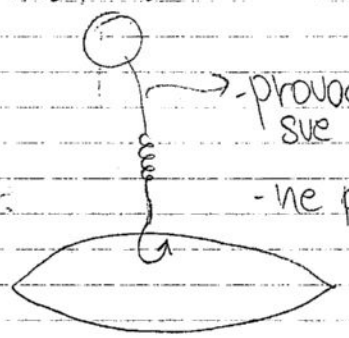
$I = 10mA$

$V_{HV} = 10V$ visokonaponski gen.

- Iglene elektrode obezbeđuju selectivnost
- Implatipilne electrode se mogu postaviti samo operativnim putem
- intramuskularne - mišći

*Electrode za stimulaciju*

- bitno je da nema korozije (pogotovo za implatibilne)
- većina mat. je bazirana na platini
- nedostatak je cena platine
- Intramuskularna elektroda ⇒ može da se radi kirurški ili kroz kožu
* problem je što se mišić pomera, zbog toga electroda mora da ima oblik udice jer kad se stavi nema pomeranja



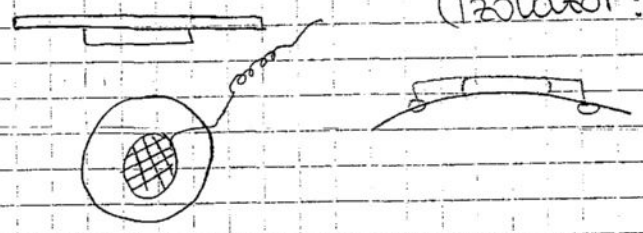
- Provodnici u obliku spirale (mora biti elastičan) sve mora biti izolovano
- ne pravi se od jedne žice, već od više vrlo tankih provodnika (što ih više ima kabel je elastičniji (svaco vlakno je posebno izolovano)

* materijali za izolaciju intramuskularnih electroda su teflon i PVC.

- implantibilne elekt se obično koriste za trajna pomagala

Epimizijalne elektrode - sastoje se od pločice prekrivene izolator

(Izolator: teflon, silikonska guma...)



- npr. postavljanje u ruku radi pokretanja šake
- Jako veliki problem je kretanje mišića
- I vrlo je bitno kako napraviti da elektroda ne ispadne iz mišića

- Elektrode za nerve je jako teško napraviti
- epineuralne elektrode se postav
- najbolje ih je napraviti u obl
na nerv
- nerv se mora odvojiti od tkiva
- Cuff (manšetna) elektroda se
- obično se postavljaju 3 elekt
- cilindar može biti spiralnog obl
mišića
- cuff electrode su jako dobre
ili isprovocirati nerv.

$Pt_xIr_{1-x}$ platina - iridijum (x - koliko delova)

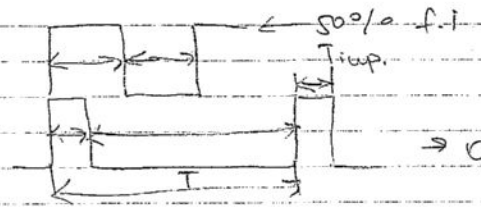
Intraneuralne elektrode ⇒ postavljaju se u nerv, imaju više polja, prave se u obliku mača i najčešće se prave od Si
- kako se ubada u nerv mora se učvrsti tim okolnim tkivom

Intrakoriklane elektrode - koriste se za mozak, ne koriste se kod ljudi, obično se koriste kod zamorčića, postavljaju se na koru velikog mozga
- vrlo su male i oštećenja mozga su vrlo mala

- Mikroelektrode ⇒ koriste se za snimanje intracelularnih potencijala (potencijali unutar ćelije)
- moraju biti jako male da bi mogle da se ubace u ćeliju
- Postoje dva tipa staklene i metalne elektrode

## * Električna stimulacija srčanog mišića * (PACEMAKER)

* Pacemaker - najbolji stimulator, vrlo uspešno funkcioniše
- može da se koristi kada je srčani mišić zdrav, ali mu ritam nije pravilan, tada se koristi pacemaker (davač ritma)
- električni stimulator za indukovanje kontrakcije srca




→ ovde je vrlo mali f.i

$\frac{T_{imp}}{T}$ = factor ispune

- fabrički se isporučuju sa baterijom, rok trajanja mu je 10 g.
- el. impulsi se mogu dovoditi : - na površinu srca
  - u srčani mišić
  - i unutar srčane šupljine
- Potencijali su oko 25mV, a trajanja 10ms
- kapacitivnost srčanog mišića oko $C = 1\mu F/cm^2$
- pobudna struja treba da bude manja od 1mA
- na katodi se isprovocira akcioni potencijal
- ako postoji problem u ritmu rada srca problem je u SA
- eksitacija započinje u SA čvoru
- postoji nerv za ubrzanje srca i nerv za usporenje srca
- srce radi autonomno
- kontrola ide directno iz mozga (kada treba da ubrza rad srca on activira nerv za ubrzanje, kada treba da uspori

on aktivira nerv za usporenje srca)

* srčani mišić treba da pulsira

- kada izazovemo kontrakciju moramo sačekati da prođe refrakcioni period da bi mogli da izazovemo sledeću kontrakciju

- kada je frekfencija oko 50Hz ne stigne da vrati jednu kontr. a već je izazvana druga i srce prestaje da radi

- srce radi u trzajima

- ima veliki refrakcioni period

- Prvi pacemaker je napravljen sredinom prošlog veka

- nije regulisao ritam i bio je ogroman uređaj i pacijent koji ga je koristio bio je vezan za krevet

- danas vrše korekciju ritama i mnogo je manji i implatibilan je i koristi pacijentu

- Postoje monopolarni i bipolarni pacemaker-i

- Pacemaker se postavlja u grudnom košu, a provodnici i electrode su na srcu

- Monopolarni : - jedna electroda (može biti više anoda, ali jedna katoda (dalje od srca)
  jedna electroda u kontaktu sa srcem
  - velika neutralna electroda se postavlja bilo gde u telu kako bi se formirala zat. strujna kontura

Bipolarni
- dve electrode u kontaktu sa srcem
- struja prolazi između te dve electrode (jedna na levu jedna na desnu komoru)

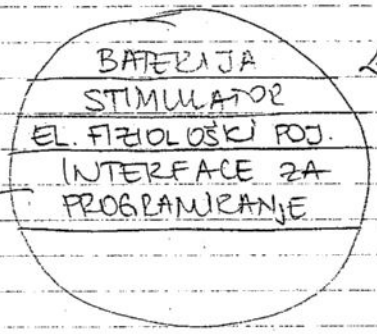
Značajne K.K. electrode su : - mehanička izdržljivost
- dobra povezanost sa provodnikom

Materijal mora biti dobro odabran jer electrode su implatibilne (platina, legura platine i zlata, ostale spec legure)

površina electrode je oko $S = 10mm^2$

MATERIJAL NE SMIE DA SE : RASTVARA U TELU, IRITIRATI TELO, BIOLOŠKI REAGOV.

- Pored stimulacionih electroda, savremeni pacemaker ima senzorske elektrode koje vrše snimanje EKG-a
EKG - može da pokaže da li se srce pravilno ubrzava
- Pacemaker počinje da radi ako srce počne nepravilno da radi, ako otkucaj nije bio kada treba pacemaker se aktivirao, ili ako je srce ubrzano on smanjuje ritam da bi ga uveo u granice normale.
- Moraju postojati electrofiziološki poj. i electrode




← četiri osnovna dela pacemakera

→ omogućuje da kontroliše rad PM i da se izvrši korekcija parametara, omogućuje pristup PM

*Savremeni PM se obeležavaju slovima kojim se predstavlja za šta je PM namenjen

OVZ - pacemaker NE postoji, jer bi značilo da nema stim.

AOZ - ne može da prati ritam rada srca, ali može da kontroliše

- Frekfencija rada srcanog mišića (puls): def. se najsporiji spontani srčani ritam koji pacemaker toleriše bez uključenja, nema svako isti otkucaj srca i lekar sam podešava taj parametar u zavisnosti od rada srca. Može biti 50, 60, 70 i 80 otkucaja u minuti
- Jedna electroda ide i za pacing i za sensing
- Jedan kraj ide na pretkomoru, jedan na komoru

- veoma složen uređaj : ima svoj mikrokontroler, filtre, memoriju u kojoj se nalazi program, kola za blanciranje, pojačavače,...
- napravljen da bude minijaturan i lako implatibilan

22.10.2012

$10^{15}$ ... $14^{00}$ 8.11. BMI ČETVRTKOM

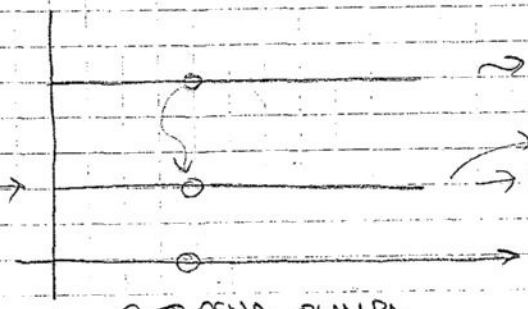
DUS VEŽBE $14^{00}$ PONEDELJKOM

TEST UTORAK $14^{00}$ NA TSA-U

# * Laser *

* Pojačanje svetlosti putem stimulisane emisije zračenja
* ako pobudimo atom može doći da pređe na neku veću orbitu
* atomu možemo dati energiju toplotom i tako što ga pogađamo fotonom $E = h\nu$
* obično su atomi u normalnom stanju
* moramo napraviti stanje materije da su većina atoma u pobuđenom stanju, i da kad poželimo vrate se u normalno stanje i da emituju fotone

*



ova lampa bljeska da pobudimo materiju

Inverzna populacija ⇒ što više pobuđenih atoma

*Ako se bilo koji atom spusti na OSNOVNI NIVO ON će emitovati foton, foton se kreće kroz materiju i pogodi neki atom taj atom će generisati njegovu energiju

Ako foton pogodi atom koji nije pobuđen desiće se apsorcija

Ako je atom pobuđen dobićemo dva atoma jedan će ići u s. pobuđeno stanje, a jedan u osnovno

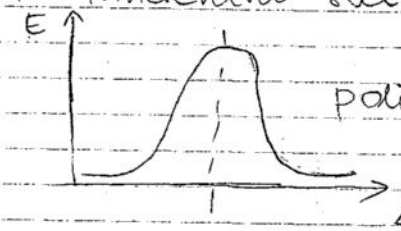
* Energija se povećava svetlosnom pumpom (*)

*! Da bi se ostvario neki korišćen laserski zrak potrebno je da imamo svetlosnu pumpu, pojačavački medijum, ogledalo koje je neprobojno i vraća sve fotone, i polupropusno ogledalo koje propušta neke fotone, neke ne...

* Laser je svetlosni pojačavač

* Izvori svetlosti se dele na NELASERSKE i LASERSKE

* Inkadescentni - izvori sa užarenom niti daju polihromatsko i inherentno svetlo




polihromatsko (nesmemo ih dodirivati rukom)

* Električno pražnjenje u gasovima: ostvaruje se tako što jednu cev napunimo argonom i među krajevima pustimo visoki napon, i fotoni će se emitovati i dobićemo svetlost.

* Ako su jedne boje: monohromatsko (jedna vrsta gasova)

* Ako su raznih boja nekonherentna (ubacimo više vrsta gasova)

* K.K. živine pare je stvaranje ultraljubičaste svetlosti.

* Cilj je da dobijemo svetlost koja odgovara čoveku.

* Neonka (u nandu) => živina sijalica niskog pritiska

* LED diode vrlo korisne

← nelaserski izvori svetlosti

* Daju monohromatsko, polihromatsko i nekonherentno svetlo

* Laseri : daju monohromatsku svetlost, daju koherentnu svetlost
* Laseri se mogu praviti da budu kontinualni ili impulsni (daju impulse)
*
* Laser vrši sečenje tkiva tako što ga spali
* Samim tim se vrši kauterizacija (sprečavanje isticanja krvi iz tkiva)
* Laserski snop je tanak pa samim tim su i rezovi mali
* Vrlo je sterilan
* Ima vrlo precizan aparat svetlo-vod koji se koristi prilikom operacija
* Izborom lasera dobijamo lasere koji bolje seku
* U medicini laseri se koriste u terapiji, dijagnostici, hirurgiji, oftamologiji, neurologiji
* Laseri koji se koriste u medicini su gasni
* Omogućuje kontrolisano, jako fokusirano zagrevanje tkiva
* nema mehaničkog dodira sa tkivom na kom se interveniše

Tipovi lasera u medicini:

* Ar argonski - neurohirurgija, oftamologija, ginekologija i dermatologija
* HeNe helijum-neonski - dijagnostika
* $CO_2$ ugljendioksidni - opšta hirurgija
* Nd : YAG neodijum itrijum aluminijum garnet laser - opšta hirurgija

* Kliničke primene:
  * Kardiovaskularna medicina:
    - uklanjanje naslaga sa zidova krvnih sudova
    - najbolji rez. se postižu u koronarnim arterijama
    - Najčešće $CO_2$ laser
  * Onkologija:
    - otklanjanje tumora u grudnom košu
    - bronhoskopija u lokalnoj anesteziji
    - optičko vlakno dovodi svetlosni zrak na željeno mesto
    - $CO_2$ i Nd:YAG laseri
  * Dermatologija:
    - uklanjanje pigmentiranog tkiva
    - otklanjanje tetovaža iako ostaju promene na koži
  * Gastroenterologija
    - Endoskopska primena Nd:YAG ili $Ar^+$ lasera pri operaciji čir
    - kritično krvarenje može biti kontrolisano u više od 70% slučajeva
  * Ginekologija
    - intervencije na uterusu
    - otklanjanje koncentrisanih promena i tumora
    - $CO_2$ i Nd:YAG laseri
  * Oftamologija
    - $Ar^+$ i kriptonski laseri
    - intervencije na mrežnjači
    - intervencija se obavlja kroz zenicu
    - regulacija dioptrije
  * Otorinolaringologija
    - uklanjanje tumora sa glasnih žica

WER DER - MAIF 2 + 1 [illegible]

ASTERAS TRIPOLIS - GIANNINA 0-3 1 NO [illegible]

PANIONIOS - PAOK 0-3

FIORENTINA - CALGARI 0-3 1.A

SAMPDORIA - ATALANTA 0-3

NACIONAL - SEPA MAR 3-2

ACADEMICA - ESTORIL 2 + 1 NO [illegible]

GRANADA - ATH BILBAO 2 + 1 NO [illegible]

Genclerbirligi - Elazigspor 2 + 1 NO [illegible]

1. Ultrazvuk – fizičke osnove: karakteristike, generacije prostiranje kroz materiju

Fizičke osnove
- longitudinalna oscilacija sredine na učestanostima većim od 20kHz
- Pravila i zakoni za talasna kretanja (zakoni prelamanja, odbijanja, absorbcije..)
- Dobro prostiranje kroz gasove, fluide i čvrsta tela
- Različita tkiva imaju različite koeficijente absorbcije
- Refleksija i refrakcija (odbijanje i prelamanje na graničnim površinama

Piezoelektrični efekat
- Promena dimenzija određenih materijala usled dejstva električnog polja i obrnuto
- Veštački materijali (Barium-titanat)
- Zagrevanjem materijala iznad Kirijeve T, a zatim hlađenjem uz prisustvo jakog el. polja nastaju fotoelektrici
- Smanjena stabilnost, ali veća emitovana energija i pri malom polju

Karakteristike ultrazvučne sonde
- Istovremeno prijemnik i predajnik
- Elektroda spoja uzemljena
- Izdanje absorbuje UZ i sprečava "zvonjenje" u samoj sondi
- Površina se namaže radi prisnog kontakta

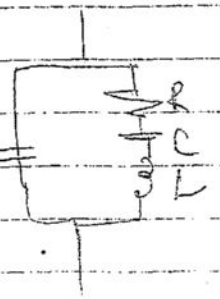
Prostiranje UZ
- Izvor izazivа longitudinalne oscilacije molekula u elastičnim sredinama
- Brzina talasa zavisi od sredine
- Na graničnim površinama UZ talas se

prelama i reflektuje
- Prelamanje i reflektuje zavise od mehanickih impedansi dve sredine.

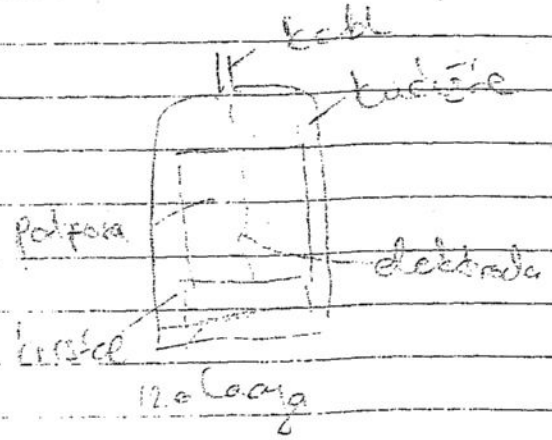
Slabljenje $I = I_0 e^{-\alpha x}$ $\alpha = f^{\beta}$
- Dubina opada sa $f$

Doplerov efekat
$\Delta f = 2vf / \lambda$ $\lambda = v/f$

- merenja organa koji se pomeraju




$C_0$ - kapacitet metalnih ploča
L - induktivna svojstva
C - elastičnost kristala
R - toplotni gubici pri oscilovanju



2. Ultrazvuk A mod, B mod, TM

A-mod - jedna nepokretna sonda

- Određuje dubinu sloja od koga se talas reflektovao

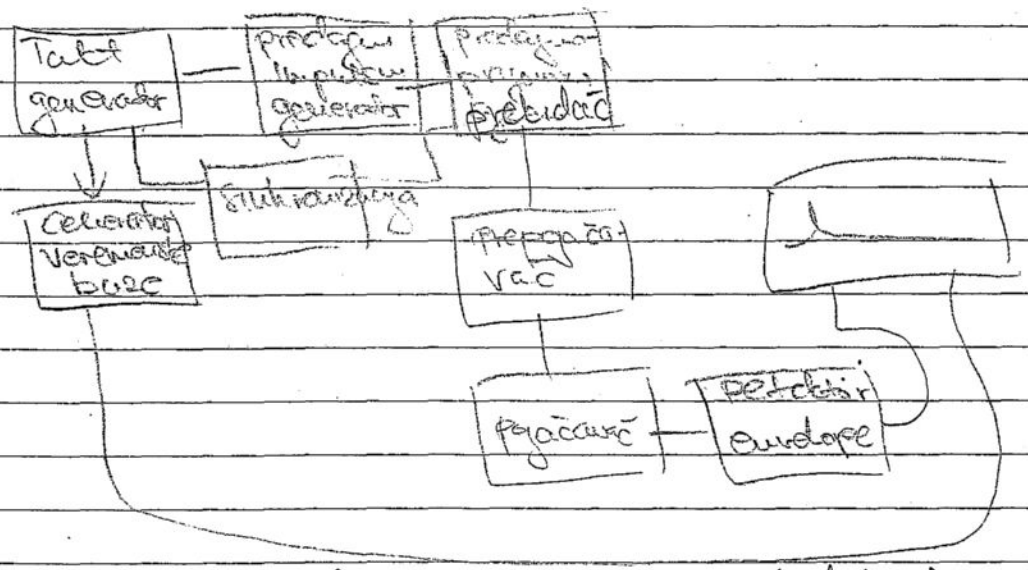
- Detekcija u unutrašnjosti tkiva u kom se nalaze raštrkane prepreke

  - Određivanje strane tkiva u telu

  - Određivanje sredine unutrašnjih dve hemisfere u mozgu

  - Otkrivanje tumora na mozgu

$$R(0,0,z) = \int e_c(t)\,\delta\left(t - \frac{2z}{c}\right) dt$$




B-mod - jedna nepokretna elektroda

- Informacija o položaju posmatranog objekta se konvertuje u električni signal u indikatoru položaja koji drži sondu

- Signal upravlja x i y ulazima, a dio amplituda upravlja z ulazom monitora

- Amplituda dio signala moduliše osvetljaj ekrana

- Današnji modeli su kompleksniji displeji sa sivom skalom

- Reflektovani (dio) signali su nekoherentno procesirani da bi se istakli signali visoke amplitude

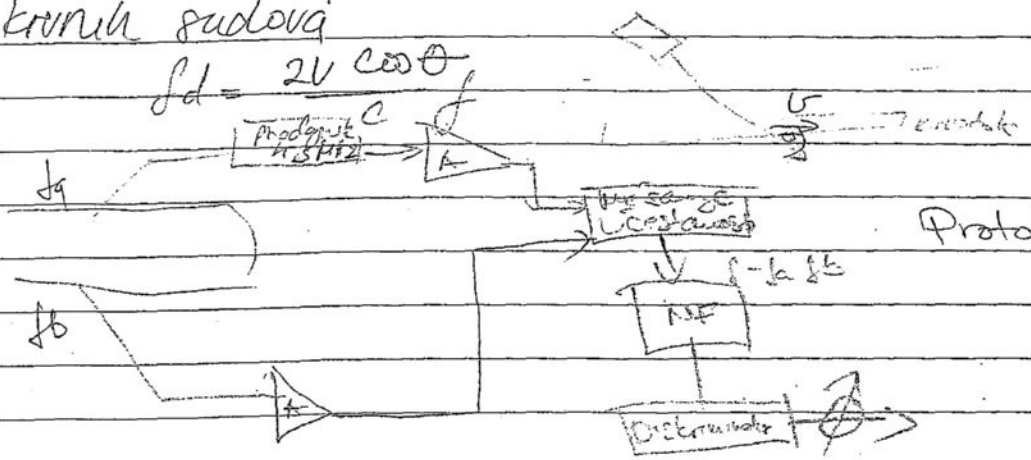
- Tokom rada u B-modu sonda (pretvarač) se pomera. Ako pretpostavimo da je ova brzina cost po y. pravcu a da je $y = y_0$, sekvenca prikaza se stara za svaki vremenski interval $T > 2z_{max}$. $2z_{max}/c$ vreme prostiranja do najveće brzine
- Potrebuje kvesno vreme za dobijanje slike (statički), ne mogu se koristiti za organe koji se brzo pomeraju, ručno poveravanje
- Realno vreme - mehanički ili elektronski upravljano, slike za par ms

TM mod
- Sličan A modu
- Y osa prikazuje rastojanje granične površi od sonde, a X vreme merenja, intenzitet mlaza je modulisan kao kod B moda
- Posmatranje dinamičkih procesa
- Stacionarni delovi imaju stalno mesto na slici
- Pomični delovi imaju promenljivo mesto
- Rezultat se obično prikazuje na ploči sa konstantnom brzinom trake
- Amplituda zapisa odgovara relativnom pomeranju
- Posmatranje srčanih zalistaka ili ploda
- Funkcija refleksivnosti je 1 f-ja vremena

3. Ultrazvuk-Dopler

- Uređaji koji rade sa kontinuiranim davačem
- Uređaji koji rade sa impulsnim davačem
- Prisustvo reflektovanih talasa od svih pokretnih ciljeva
- Teškoće u izolovanju samo pojave koje pratimo u reflektovanom zračenju
- Potrebno je koristiti fokusirano zračenje
- Odabira se put na kom se nalazi mali broj krvnih sudova

$$f_d = \frac{2v\cos\theta}{c} f$$




Duplekt skener

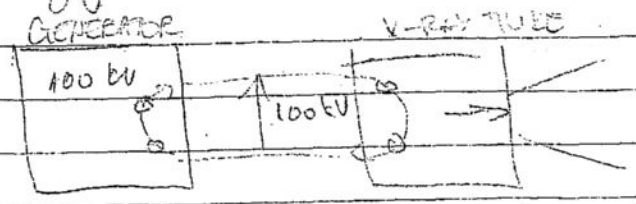
- Kombinacija B-mod u realnom vremenu i dopler za mjerenje protoka krvi
- Na B-mod sliku se prikazuje kursorska linija koja prikazuje pravac talasa za dopler
- Dopler sonda može biti integrisana u samu sondu za B-mod ili se dodaje eksterno

Kolor Dopler

- Prikaz brzine protoka u realnom vremenu
- Brzina protoka se dobija dopleroom i prikazuje se preko slike dobijene B-modom
- Crvena-protok ka sondi, plava od
- Svetlija nijansa boje - veća brzina

4. X-Ray $10^{18} - 10^{19}$

- Energija elektrona – kinetička, potencijalna, vezivna



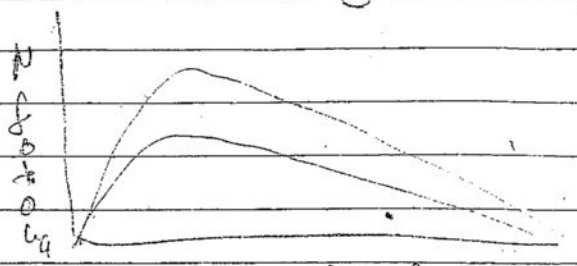

- Zagrevanje katode dovodi do emisije elektrona
- Veličina emitovanih elektrona zavisi od temperature i materijala od koga je katoda napravljena
- Razlika potencijala između katode i anode dovodi do ubrzanja u smeru anode
- Potencijalna energija prija se pretvara u kinetičku elektrona
- Elektroni udaraju u anodu, pobuđuju atome anode koji pri povratku u ravnotežu gubeći potrošu
- Dva tipa emisije:
  - Zakočno
  - Karakteristično zračenje

RO cev

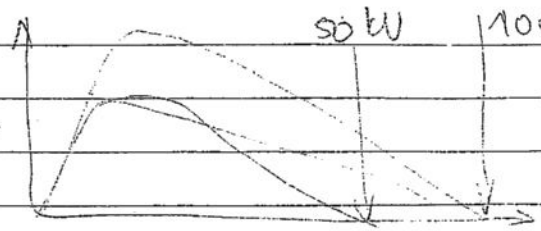
- Katodna uvodnica
- Zaštitni oklop
- Katoda
- Anoda
- Rotor
- Ventilov akumulator
- Stator
- Anodna uvodnica
- Dilatacionа komora
- Prozor

Doza zračenja

Struja grejana katode




– energija fotona




. Anodni napon

– Trajanje ekspozicije

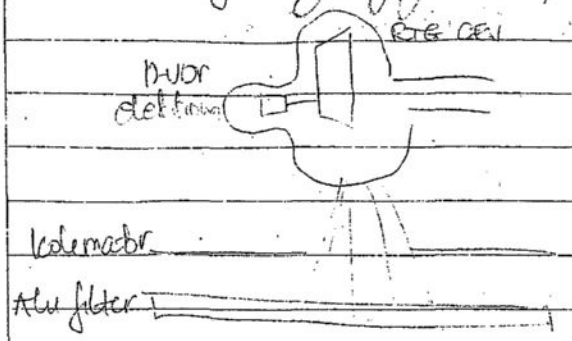
povećanjem broja fotona u kinetičkoj energiji katodnih zraka

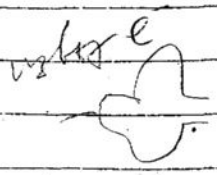
povećanjem broja fotona u brzoj katodi

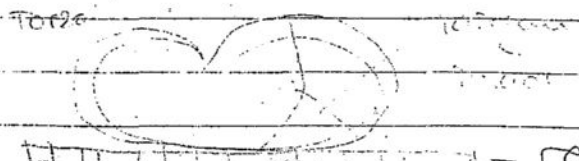
kopnja katode ugrejana struja

ako je temperatura veća

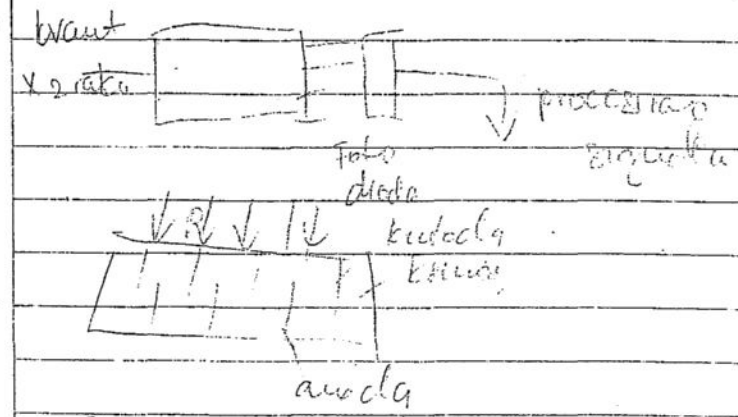
5 Rentgenografija - opis instrumentacije i dobiva



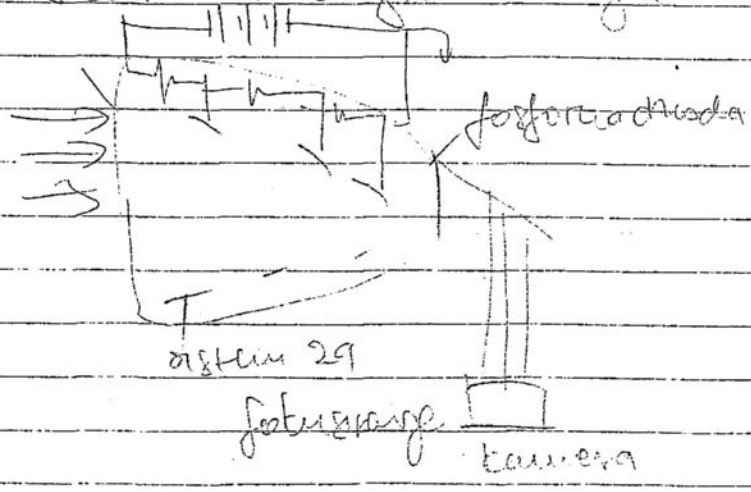




– rešetka (kreće se
– ploča sa filmom




Sistemi za digitalizaciju



6. Detekcija jonizujućeg zračenja

- Jonizacioni brojači - detektuju kolikim jonizacije prouzrokovanu naelektrisanom česticom koja prolazi kroz zapreminu gasa
- Mere se razdvojene parova nosioca nastalih u električnom polju, vodeći jonizacionu produkata na katodi i anodi

- Proporcionalni brojači - daju impuls srazmerni energiji koju čestica ostavi, može da odbrojava čestice i daje spektar energije

- Geigerovi - daju najbolju osetljivost i impuls 0,1-1V za par jona u aktivnom volumenu
- Cilindar - katoda kroz koju prolazi ~~ost~~ žica
- Napunjen gasnom mešavinom
* čestica oslobađa par jona, polje usmerava elektron ka žici, tako se približava jonizacione molekule sa kojim se sudara i dolazi do umnožavanja jona

- Struje cevi
- Detektori sa tečnošću
- Poluprovodnički brojači
  - fotoni proizvode parove elektron-šupljina u kristalima
- Scintilacioni brojači
  - Gama zračenje prodire u kristal i interaguje sa atomima pri čemu dolazi do stvaranja slobodnog elektrona i ek zračenja. Dolazi do scintilacija u kristalu koje dolaze do fotokatode i formiraju se strujni impuls

7. Fizičke osnove nuklearnog zračenja: priroda korpuskularnog i elektromagnetnog nuklearnog zračenja, tipovi raspada značajni za biomed

- Radionuklid - atom koji se raspada i emituje korpuskularno ili elektromagnetno zračenje
α - čestica - nukleus He (2p2n)
β - čestica - elektron ili pozitron
γ zračenje - el magnetno zračenje $\nu > 10^{18}$ Hz

Radioaktivni raspad

$N = N_0 \exp[-\lambda t]$ N - broj nestabilnih jezgara u t
$N_0$ — " — " $t = 0$
λ - konst raspada

$\frac{dN}{dt} = -\lambda N$

Ci - $3.7 \cdot 10^{11}$ raspada zvate s
Bq - broj raspada u s

$T_{1/2} = \frac{\ln(2)}{\lambda}$ vrijeme poluraspada

γ - zračenje prateći proces α i β raspada
$\lambda \sim 10^{-11}$ m

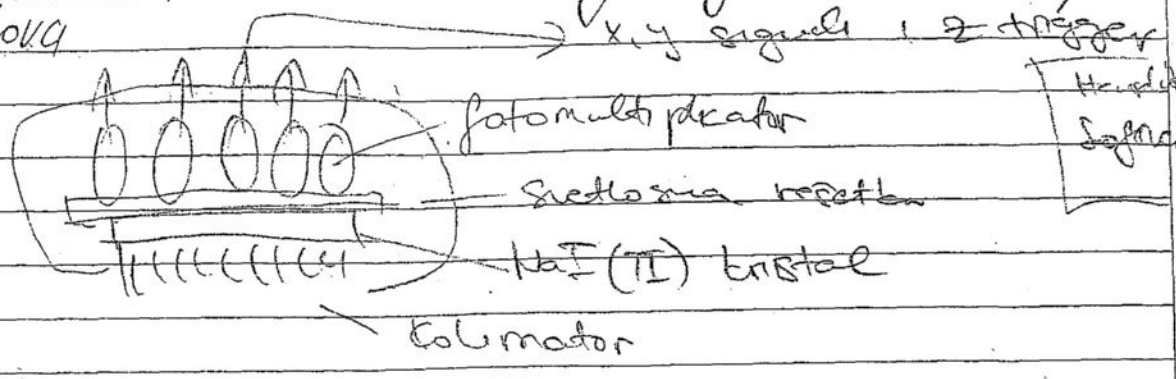
β⁻ raspad $^{99m}Tc$, $^{131}J$ $^{123}J$, $^{201}Tl$, $^{133}Xe$
$^{81}Kr$ SPECT

- Prilikom β⁻ raspada oslobađa se jedan foton

β⁺ raspad $^{15}O$ $^{13}N$ $^{11}C$ $^{18}F$

- Prilikom β⁺ raspada oslobađa se jedan pozitron koji sa el. iz okolnih atoma anihilira pri čemu se oslobađa par fotona energije 511 keV pod uglom 180° - PET

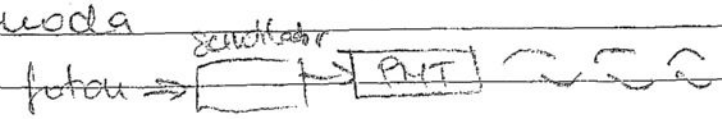
8. Gama kamera: konstrukcija i funkcionalni opis delova




Kolimator
- Olovna ploča sa otvorima
- Propušta se - fotone koji se kreću paralelno sa otvorima u kolimatoru
- Paralelni, konvergentni, pinhole, divergentni
- U zavisnosti od daljine izvora signal je jači ili slabiji (SPI / UZI)

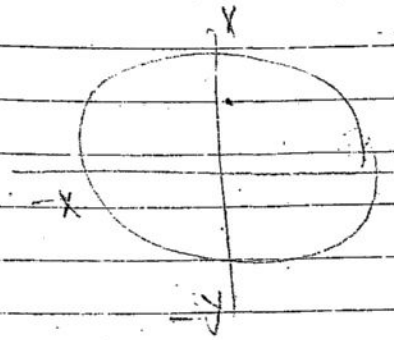
Scintilacioni detektor
- Pretvarač energije jonizujućeg zračenja u svetlosnu energiju
- Svi emitovani fotoni imaju istu talasnu dužinu
- Broj fotona je srazmeran energiji jonizujućeg zračenja
1 keV apsorbovane en - 20 do 30 fotona

Fotomultiplikatori
- El. cev na čijem se izlazu formiraju impulsi električne struje srazmerni količini svetlosti koja pada na njen ulaz
Elementi katode, fotoemisioni materijal, dinode, anoda




FOTOELEKTRONI

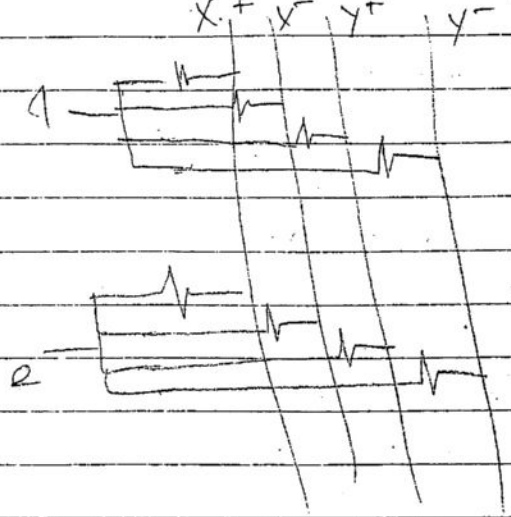
Veza fotomultiplikatora za pozicioni logičku mrežu.




$$X = \frac{X^+ - X^-}{Z}$$

$$Y = \frac{Y^+ - Y^-}{Z}$$

$$Z = X^+ + X^- + Y^+ + Y^-$$



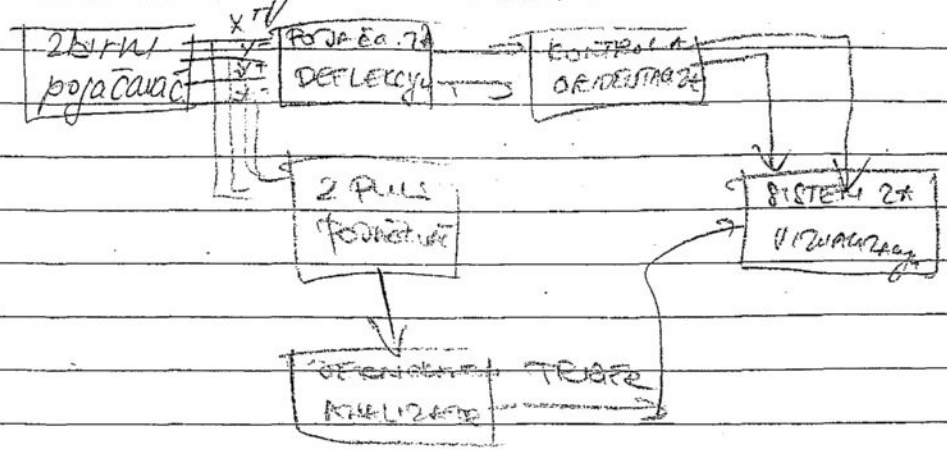

Analizator

- Raspodela zračenja iz izvora sa dubine od 7.5 cm u telu
  - A. Neapsorbovani γ fotoni sa 140 keV (30%)
  - B. Komptonovi "lutajući" γ fotoni <140 keV (64%)
  - C. Apsorbovani γ fotoni ostali u telu (2%)

- Sluče prave A, B vrše degradaciju

- Analizator odbacuje fotone sa manjom E od 140 keV
- Vrši eliminaciju fona, šuma fotomultiplikatora i komptonovih fotona
- Z se pojavljuje samo za direktne fotone

# Pozicona logička mreža




Sistem za vizualizaciju — kreiranje scintigrama
- Scintigram je matrica unapred definisanih dimenzija (32×32 . 256×256)
- Posle svakog detektovanog fotona sistem za akvizaciju digitalizuje koordinate mesta sudara se fotona i kristala
- Sistem za akvizaciju određuje broj događaja koordinate pripadaju i uvećava vrednost čelije za 1

9. Tipovi studija gama kamere

Statičke studije (jedno i dvoizotopske)
– Primenjuje se radiofarmak koji se vezuje u ispitivanom organu. Dobija se slika 2D prikaz distribucije radiofarmaka u celom organu i sumira se vrsi u vise projekcija sto omogućava jasan prikaz promena na organu

Dinamička studija
– Izvodi se u jednoj projekciji povezano sa digitalnim racunarom. Samo se istovremeno sa intravenskom aplikacijom radiofarmaka i izvodi se dok traje fiziološki proces. Ceo proces se deli na intervale i za svaki interval se dobija scintigram

Whole body studija

Triggerirano sinhronizacija
– Sinhronizacija prosircanja krvi kroz srce 16–24 slike

Positron emission ~~tomography~~

10 Opis PET stenera

- PET aparati beleže se fotoni koji je posledica anihilacije para pozitron - elektron

- Radiofarmaci brže nestaju iz organizma
- Bolja prostorna rezolucija
- Upotreba elektronskog kolimatora
- Manja doza zračenja

PET se sastoji od niza detektora koji okružuju pacijenta, mere koncentraciju metaboličke aktivnosti na posmatranom mestu u organizmu, pretvara u odgovarajuću sliku

-

11. NMR : opis metode

- Atomska jezgra elemenata sa neparnim brojem protona i/ili neutrona poseduju mehanički momenat (spin) i magnetni momenat, što su fundamentalne osobine protona i neutrona

Ugaoni momenat može imati samo diskretne vrednosti

$$L_{az} = m_I (h/2\pi)$$

$$m_I = I, I-1, I-2 \ldots -I$$

magn. kvantni broj $I = 0, \pm \frac{1}{2} n \quad n \in \mathbb{Z}$

jezgra sa parnim atomskim brojem $I=0$

$I = \frac{1}{2} \quad m_I = -1/2, 1/2$

magnetni momenat

$$\mu_m = \gamma L_{az} = \gamma m_I (h/2\pi)$$

Jezgro atoma vodonika (jedan proton) - najveći značaj - mora se koncentrisati vodonik organizmu

- Nuklearni spinovi van polja su haotično raspoređeni, tada ulazi u polje - organizam se ili ta ili suprotno polju - cepanje na dva nivoa

- Usled interakcije spoljašnjeg magnetnog polja i polja jezgra dolazi do precesije jezgra oko ose u pravcu koje deluje spoljašnje magnetno polje z-osa

Boltzmanova raspodela

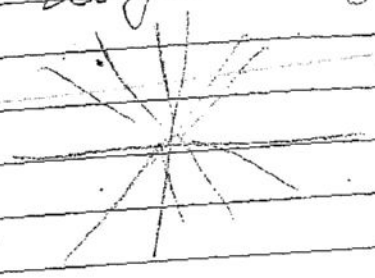
$n(2) \quad m_I = 1/2$

$n(1) \quad m_I = -1/2$

$$n_{high}/n_{low} = \exp(-\Delta E/k_B T)$$

| | |
|---|---|
| | nalo vse na NZ em |

- Pošto je populacija malo veća na nižem en. nivou rezultanta je mali vektor u smeru z ose $x, y = 0$ zbog slučajne raspodele oko z ose



- Larmorova freq: Ako se spinski sistem nađe u dejstvu RF talasa freq $f_0$ odnosno RF magn. polju doći će do prelaza između energetskih nivoa

$$\Delta E = hf_0 = \gamma(h/2\pi) B_0 \Rightarrow \omega_0 = \omega_L = \gamma B_0$$

Larmorova

- Aplikacijom spoljašnjeg RF magn. polja vektor magnetizacije se udaljava od ose Oz ka xy

- Izborom impulsa tačno određenog trajanja na RF učestanosti vektor se dovodi u xy ravan → vektor rotira oko Oz Larmorovom brzinom

- kada se ukine RF polje, magnetizacija se vraća ka Oz i emituje se FID signal
- Mer se vrši na trajektorijama talasa normalnih na vektor magnetizacije

- Amplituda FID signala proporcionalna je broju jezgara po jedinici zapremine
- Snaga NMR signala je određena koncentracijom protona u uzorku

$M_z = M_0$ za $T_1$ $\quad M_z = M_0(1 - e^{-t/T_1})$

$M_{xy} = 0$ za $T_2$ $\quad M_{xy} = M_0 e^{-t/T_2}$

(promene u relaksacionom vremenu – vremenu vraćanja u ravnotežu) su ključ kontrasta na slici

Lokalizacija signala

– Lokalizacija male zapremine (voksel) u kojoj je primerena koncentracija pojedine materije (FID signal)

– Odredivanje položaja pojedinih tačaka je zasnovano na određivanju položaja interakcije nukleusa i magnetnog polja

– U cilju lokalizacije primenjuju se gradijenti magnetnog polja – promena dliz pravca (MRI)

Nr2 fokusira sloj slike, debljina sloja je određena debljinom voksela

– Površina jedne strane voksela je piksel

K-space – matrica u kojoj se skladište podaci, primenom FT dobija se slika

Vreme akvizicije $T_R \times n_p \times N_{ex}$

$T_R$ – vreme između dva uzastopna kodiranja

$n_p$ – broj koraka kodiranja

$N_{ex}$ – broj akvizicija

12 NMR: konstrukcija i opis dijelova

Glavno magnetsko polje.

- Ključni element svakog NMR uređaja - glavni magnet koji ima zadatak da stvori uniformno statično magnetsko polje na koje se superponiraju gradijenti magnetnog polja i impulsi radio frekvencija radi formiranja slike
- Vrlo često se NMR sistemi, karakterišu prema vrsti magneta, njegovoj jačini kao karakteristike zavise i od drugih podsistema
- Kvalitet slike zavisi od
  - jačine magneta
  - homogenosti polja
- Vrste magneta
  - permanentni
  - elektromagneti
  - superprovodni

- Superprovodljivost - osobina metala da na vrlo nizim T postaju superprovodnici
- Jedan od materijala je NbTi koji pokazuje superprovodne osobine na -264 °C pa mora da se hlade tečnim helijumom
- može da generiše 2.5T

Generatori gradijenta magnetnog polja

- Zadatak - stvoriti gradijentna magnetna polja koja u kombinaciji sa glavnim magnetom i RF poljem omogućuju enkodiranje slike
- Primjenjuju se u sva tri pravca:
  - selekcija sloja
  - frekvencijsko kodiranje
  - fazno kodiranje

- Važne karakteristike zavojnica kojim se proizvode ovi gradijenti su:
  - linearnost (0.5T – 10-50 mT/m)
  - brz odziv na kompjutersku komandu (kro postizanje max snage i brz povratak na 0)

RF predajnik
- Ovaj deo sistema se realizuje zavojnicama koje proizvode RF signale rezonantne učestanosti koje se usmeravaju na pacijenta
- Kako to se postiže sistem preko R rezistore koje treba da bude
  - velike snage → kompjuterski se kontroliše
  - kratkotrajno
- RF polje treba da je uniformno
- kratko minimalno

RF prijemnik
- Prijemne zavojnice
- Kada je signal detektovan prijemnim zavojnicom, posle pojačavanja, on se oduzima od ref. signala na Larmorovoj učestanosti pa se procesira signal kHz ili MHz
- Dobijeni signal se filtrira da bi se otklonili šumovi

Akvizicija
- Propušta kroz antialiasing
- Odabiranje fs reda 50 kHz
- AD konverzor
- Digitalizovani FID signal

13. Elementarni dvodimenzionalni signali i sistemi

1. Jedinični impuls $\delta[m,n] = \begin{cases} 1, & m=n=0 \\ 0, & \text{inače} \end{cases}$

2. Jedinična f-ja $u[m,n] = \begin{cases} 1, & m,n \geq 0 \\ 0, & \text{inače} \end{cases}$

Varijante jedinične f-je

$$u_L[m,n] = \begin{cases} 1 & m=0 \text{ ili } n=0 \\ 0 & \text{drugde} \end{cases}$$

$$u_T[m,n] = \begin{cases} 1 & m \geq 0 \\ 0 & \text{drugde} \end{cases}$$

3. Eksponencijalna sekvenca

$$e[m,n] = \begin{cases} A\alpha^m \beta^n, & m,n \geq 0 \\ 0, & \text{inače} \end{cases}$$

Osobine:

- Separabilne sekvence

$$x[m,n] = f[m]\,g[n]$$

- Periodične sekvence $M \times N$ $M,N \in \mathbb{Z}$

$$x[m,n] = x[m+M, n] = x[m, n+N] \quad \forall m,n$$

14. LVI 2D sistemi

$$y[m,n] = R\{x[m,n]\}$$

– ograničenjima uprošćavanje opšte sistema

1. Linearnost (princip superpozicije)

$$R\{\sum_{i=1}^{k} a_i x_i[m,n]\} = \sum_{i=1}^{k} a_i y_i[m,n]$$

2. Prostorna nepromenljivost

$$R\{x[m-m_1, n-n_1]\} = y[m-m_1, n-n_1]$$

$$\Rightarrow y[m,n] = R\{x[m,n]\} = R\{\sum_{k=-\infty}^{+\infty}\sum_{l=-\infty}^{+\infty} x[k,l]\delta[m-k, n-l]\} =$$

$$= \sum_{k=-\infty}^{+\infty}\sum_{l=-\infty}^{+\infty} x[k,l] R\{\delta[m-k, n-l]\} = \sum_{k=-\infty}^{+\infty}\sum_{l=-\infty}^{+\infty} x[k,l] h[m,n;k,l]$$

Impulsni odziv

$$h[m,n;k,l] = R\{\delta[m-k, n-l]\} = h[m-k, n-l]$$

Konvolucijona suma

$$y[m,n] = R\{x[m,n]\} = \sum_{k=-\infty}^{+\infty}\sum_{l=-\infty}^{+\infty} x[k,l] h[m-k, n-l] =$$

$$= x[m,n] * h[m,n]$$

Separabilni sistemi su oni kod kojih je impulsni odziv separabilna sekvenca

15. FT 2D signala

$$X(\Omega_m, \Omega_n) = \sum_{m=-\infty}^{+\infty} \sum_{n=-\infty}^{+\infty} x[m,n] e^{-j(m\Omega_m + n\Omega_n)}$$

$$x[m,n] = \frac{1}{4\pi^2} \int_{-\pi}^{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} X(\Omega_m, \Omega_n) e^{j(m\Omega_m + n\Omega_n)}$$

Osobine

1. Periodičnost

$$X(\Omega_m, \Omega_n) = X(\Omega_m + 2\pi, \Omega_n) = X(\Omega_m, \Omega_n + 2\pi) =$$
$$= X(\Omega_m + 2\pi, \Omega_n + 2\pi)$$

2. Linearnost

$$\mathcal{F}\left\{\sum_{i=1}^{K} x_i[m,n]\right\} = \sum_{i=1}^{K} \mathcal{F}\{x_i[m,n]\} = \sum_{i=1}^{K} X_i(\Omega_m, \Omega_n)$$

3. Konvolucija

$$x_1[m,n] * x_2[m,n] = X_1(\Omega_m, \Omega_n) X_2(\Omega_m, \Omega_n)$$

4. $x_1[m,n] \cdot x_2[m,n] = X_1(\Omega_m, \Omega_n) * X_2(\Omega_m, \Omega_n)$

5. Separabilnost

$$x[m,n] = x_1[m] x_2[n] \Rightarrow X(\Omega_m, \Omega_n) = X_1(\Omega_m) X_2(\Omega_n)$$

6. Pomeraj u prostornom / frekv. domenu

$$x[m-m_1, n-n_1] = X(\Omega_m, \Omega_n) e^{-jm_1\Omega_m} e^{-jn_1\Omega_n}$$

$$X(\Omega_m - j\omega_m, \Omega_n - \mu_n) = e^{j\mu_m m} e^{j\mu_n n} x[m,n]$$

7. Simetrija

$$x[-m,n] \Leftrightarrow X_1(-\Omega_m, -\Omega_n)$$

$$x[m,n] \Leftrightarrow X(\Omega_m, -\Omega_n)$$

$$x[-m,-n] \Leftrightarrow X(-\Omega_m, -\Omega_n)$$

$$x^*[m,n] \Leftrightarrow X^*(-\Omega_m, -\Omega_n)$$

16. Fizičke karakteristike svetlosti

- EM zračenje čija je talasna dužina $350\,nm \le \lambda \le 780\,nm$
- Radiometrijske karakteristike

* gustina fluksa zračenja

$$f(x,y,\lambda) = \rho(x,y,\lambda)\, I(\lambda)$$

spektralna gustina en. primljenog zračenja

spektralna gustina energije sa nekog osvetljenog obj.

refleksivnost

* Iradijansa

$$\int_{\lambda} f\, d\lambda = e_r(x,y)$$

fluks zračenja

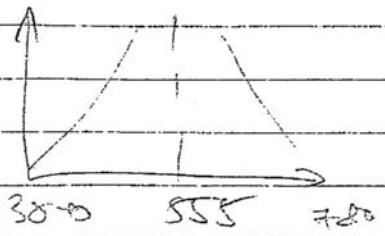
$$\iint_{x\,y} e_r(x,y)\, dx\, dy$$

- Fotometrijske karakteristike
  - osvetljenost

$$e_r(x,y) = \int_{\lambda} f(x,y,\lambda)\, d\lambda$$

$$L(x,y) = k \int_{\lambda}^{\infty} f(x,y,\lambda)\, V(\lambda)\, d\lambda$$

lux; 685; spektralna osetljivost posmatrača




$$\Phi = \iint_{x\,y} l(x,y)\, dx\, dy$$

lumen

[illegible] fluks (luminiranja)

17. Osobine vizuelnog sistema (sjajnost, kontrast, Mahov ef.)

- Oko se sastoji iz
  - zaštitnih i pomoćnih delova (kapci, suzne žlezde)
  - optičkog dela - zapremnice ispunjene providnim tečnostima
  - fotoreceptora
- 3 vrste čepića (osetljivi na boje)
  - štapići - raspoznavanje oblika
  - čepići — — // — boja

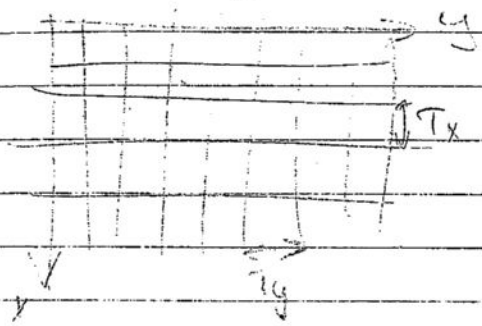
Luminansa - sjajnost jednog objekta nezavisna od sjajnosti drugog.
Osvetljenost - osvetljenost objekta zavisi od objekata u okolini

Mahov efekat
- Prostorna interakcija osvetljenosti susednih objekata

## 18. Odabiranje 2D signala

$f(x,y)$ želimo da pretvorimo u diskretan signal $f[m,n]$

### 1. Pravougaono odabiranje




odabira se po x sa $T_x$ i po y sa $T_y$, dobijamo polje diracovih impulsa

$$comb(x,y,T_x,T_y)=\sum_{m=-\infty}^{\infty}\sum_{n=-\infty}^{\infty}\delta(x-mT_x,\ y-nT_y)$$

Idealno diskretizovani 2D signal

$$f_s(x,y)=f(x,y)\,comb(x,y,T_x,T_y)=$$

$$=\sum_{m=-\infty}^{\infty}f(mT_x,nT_y)\,\delta(x-mT_x,\ y-nT_y)$$

FT gust. [illegible]

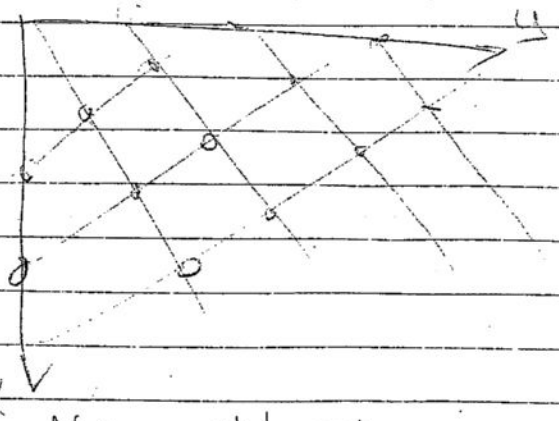
$$F_s(\Omega_m,\Omega_n)=\frac{1}{T_x}\cdot\frac{1}{T_y}\sum_{k=-\infty}^{\infty}\sum_{l=-\infty}^{\infty}F(j(\omega_x-k\omega_{sx},\ \omega_y-l\omega_{sy}))$$

[illegible] $0-2\pi$

$$\omega_{sx}=\frac{2\pi}{T_x}\qquad \omega_{sy}=\frac{2\pi}{T_y}$$

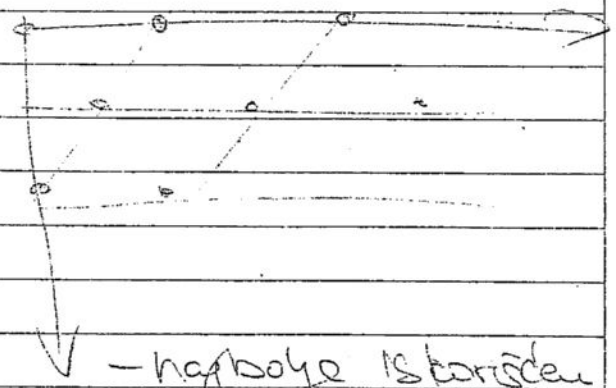
- Mora se poštovati teorema odabiranja

### 2. ~~Kvinkuks~~ KVINKUNKS odabiranje




- Neseparabilnost u freq. domenu

### 3. Heksagonalno odabiranje



- najbolje iskorišćen
- spektar
- problem neseparabilnost

19. Digitalizacija slike
- Digitalizacija po amplitudi
- Povećanje broja bita za kodiranje piksela
ima smisla, dok oko vidi razlike 8-bita najčešće
- U med. slici 2 bajta
- Za sliku u boji kodiramo za R, G, B (3-6 po boji)
- Digitalizacija po prostoru - piksel

20. Osnovne osobine digitalne slike (sr. vr, varijansa, standardna devijacija, min, max, histogram)

1. Srednja vrednost

$$L_{sr} = \sum_{m=1}^{M} \sum_{n=1}^{N} \frac{L(m,n)}{M \times N}$$

2. Varijansa

$$var = \frac{\sum_{m=1}^{M} \sum_{n=1}^{N} (L(m,n) - L_{sr})^2}{M \times N}$$

3. Standardna devijacija

$$\sigma = \sqrt{var}$$

4. Max vr.

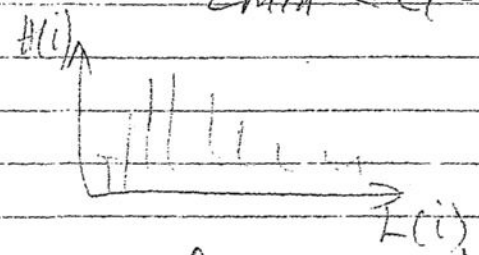
$$L_{max} = \max L(m,n)$$

5. Min vr

$$L_{min} = \min L(m,n)$$

6. Histogram

$$L_{min} \leq L(i) \leq L_{max}$$




normalizovani histogram

$$h(i) = \frac{H(i)}{MN}$$

$$\sum h(i) = 1$$

21. DFT 2D signala

$$X[k,l] = \sum_{n=0}^{N-1} \sum_{m=0}^{M-1} x[n,m] e^{-j2\pi[kn/N,\ lm/M]}$$

$$x[n,m] = \frac{1}{NM} \sum_{k=0}^{N-1} \sum_{l=0}^{M-1} X[k,l] e^{j2\pi(kn/N,\ lm/M)}$$

Amplituda, faza i spektar snage

$$|F(u,v)| = \sqrt{R^2(u,v) + I^2(u,v)}$$

$$\arg(u,v) = \arctan\left(\frac{F(u,v)}{R(u,v)}\right)$$

$$P(u,v) = |F(u,v)|^2 = R^2(u,v) - I^2(u,v)$$

Translacija spektra

$$\mathcal{F}[f(x,y)(-1)^{x+y}] = F(u - M/2,\ v - N/2)$$

Veza između prostorne i vremenske rezolucije

$$\Delta u = \frac{1}{M\Delta x} \qquad \Delta v = \frac{1}{N\Delta y}$$

22 Dyskretna kosinusowa transf., dyskretna sinusowa, dyskretna Hartleyowa

$$C(k,l) = \alpha(k)\beta(l) \sum_{m=0}^{M-1} \sum_{n=0}^{N-1} x(m,n) \cos\frac{\pi k(2m+1)}{2M} \cos\frac{\pi l(2n+1)}{2N}$$

Cos.

$$S(k,l) = \sqrt{\frac{2}{M+1}}\sqrt{\frac{2}{N+1}} \sum_{n=0}^{N-1} \sum_{m=0}^{M-1} x(m,n) \sin\frac{\pi(k+1)(m+1)}{M+1} \sin\frac{\pi(l+1)(n+1)}{N+1}$$

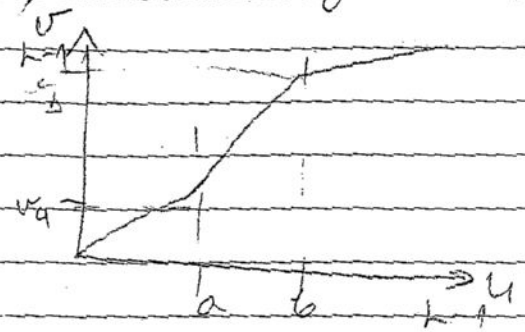
Sin

$$X(k) = \frac{1}{\sqrt{N}}\frac{1}{\sqrt{M}} \sum_{n=0}^{N-1} \sum_{m=0}^{M-1} x(m,n)\left(\cos\frac{2\pi kn}{N} + \sin\frac{2\pi kn}{N}\right) \cdot$$

$$\cdot\left(\cos\frac{2\pi lm}{M} + \sin\frac{2\pi lm}{M}\right)$$

23. Jednostawne transformacje kontrastu

1) rozciąganie kontrastu




$$v = \begin{cases} \alpha u, & 0 \le u < a \\ \beta(u-a)+v_a & a \le u < b \\ \gamma(u-b)+v_b & b \le u < L-1 \end{cases}$$

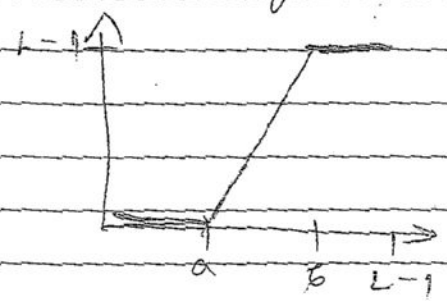
$\beta > \alpha, \gamma$

$\alpha < 1$

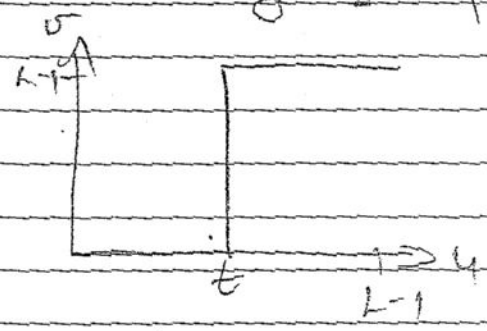
$\beta > 1$ dla bi rozciąg.

$\gamma < 1$

2. Odsecanie

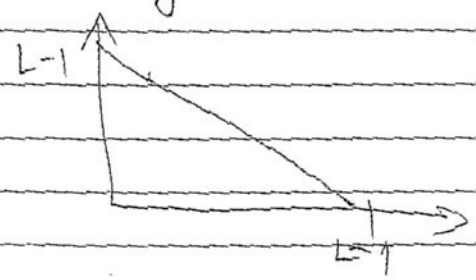



3. Porożenie sa progom

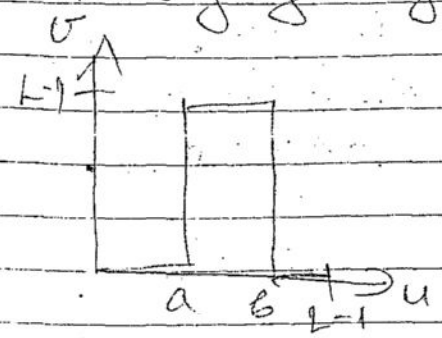



4. Negativ

$v = L-1-u$

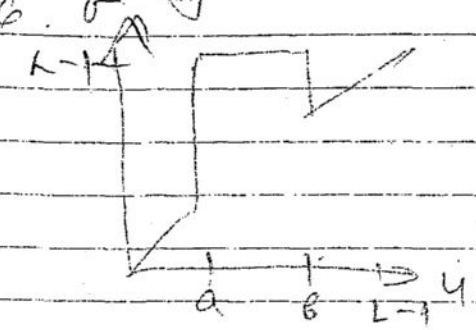


5. Izdvajanje regiona zadate gustine




$$\sigma = \begin{cases} L-1 & a \le u \le b \\ 0 & \text{, inače} \end{cases}$$

6.




$$\sigma = \begin{cases} L-1, & a \le u \le b \\ u, & u < a \vee u > b \end{cases}$$

25. Determinisanje piksela u test. delu, upotrebom pravila piksela sedmorca na osnovu upoređivanja svih suseda i odgovarajućih semnih faktora

NE RADI

Treba pronaći odgovarajuću okolinu sa kojom uzimamo susede

Nataša

24. Poboljšanje kvaliteta korišćenjem histograma

- Ekvalizacija histograma - radi se transformacija originalne slike (od nje zavisi rez)
- Histogram treba da postane gotovo uniforman

$$p_v(v) = const \quad - dy$$

$$v = f(u) = \int_0^u p_u(z)\,dz$$

kumulativna f-ja gustine verovatnoće

$$v_k = f(u_k) = \sum_{i=0}^{k} \frac{n_i}{N}$$

tiling pristup - ekvalizacija po prozorima
TILING

25. Prostorno usrednjavanje

- Uglađivanje slike - redukcija šuma, uklanjanje Gausovog šuma

maska

$$y[m,n] = \sum_k \sum_l w[k,l]\, x[m-k, n-l]$$

Uklanjanje Gausa - maska $N_s$ jedinica

$$y[m,n] = \frac{1}{N_s} \sum_k \sum_l w[k,l]\, x[m-k, n-l]$$

$\Rightarrow$ opada varijansa, opada šum

Modifikacija

- Popešta se intenzitet u novoj (starojslici, ako je promena veća od praga tu je bio šum

[illegible] NF filtrom

NF filtriranje

Histogram efekat - ubrzanje

Izrcanje uzoraka f – NF pa se org odzema od NF

27. Uvećanje (zumiranje) i smanjivanje

Linearna interpolacija

1 2 3 — 1 1.5 2 2.5 3

4 5 6 — 2.5 3 3.5 4 4.5

4 4.5 5 5.5 6

Interpolacija po vrstama

$z[m,2n] = x[m,n]$

$z[m,2n+1] = \frac{1}{2}[x[m,n], x[m,n+1]]$

$y[2m,n] = z[m,n]$

$y[2m+1,n] = \frac{1}{2}[z[m,n] + z[m+1,n]]$

Smanjivanje

- Uzimanje odbiraka sa manjom frekv.
- Često se mora propustiti kroz anti-NF filtrirnu da ne bi došlo do aliasinga

28. Veza između filtriranja u prostornom i frekvencijskom domenu

$$f(x,y) * h(x,y) = F(u,v) \cdot H(u,v)$$

$$f(x,y)h(x,y) = F(u,v) * H(u,v)$$

$$f(x,y) * h(x,y) = \frac{1}{MN} \sum_{m=0}^{M-1} \sum_{n=0}^{N-1} f(m,n)h(x-m, y-n)$$

Veza prostorne i vremenske rezolucije

$$\Delta u = \frac{1}{M\Delta x} \quad \Delta v = \frac{1}{N\Delta y}$$

- Suma impulsa po dodaj koordinati slike je obrnuto proporcionalna širini spektra na toj koordinati

Izlazna visokih f – NF pa se org odzema od NF

27. Uvećanje (zumiranje) i smanjivanje

Linearna interpolacija

1 2 3 — 1 1.5 2 2.5 3

4 5 6 — 2.5 3 3.5 4 4.5

4 4.5 5 5.5 6

Interpolacija po vrstama

$z[m, 2n] = x[m, n]$

$z[m, 2n+1] = \frac{1}{2}[x[m,n], x[m,n+1]]$

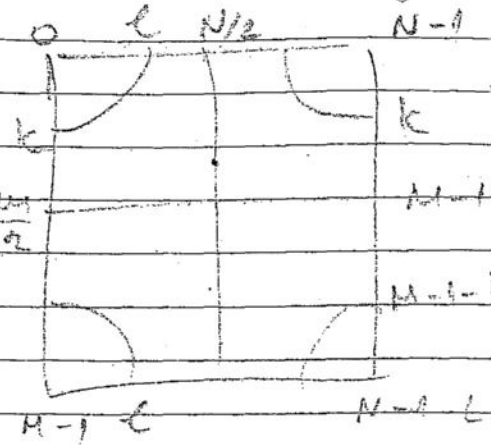
$y[2m, n] = z[m, n]$

$y[2m+1, n] = \frac{1}{2}[z[m,n] + z[m+1, n]]$

Smanjivanje

- Uzimanje odbiraka sa manjom frekv.
- Često se mora propustiti kroz anti-NF aliasing da ne bi došlo do aliasinga

29. Idealni 2D filtri (NF, VF, filter propusnog op.)




$$H[k,l] = \begin{cases} 1 & k^2+l^2 < r^2 \\ 0 & k^2+l^2 > r^2 \end{cases}$$

idealni

$$H[k,l] = \begin{cases} H[M-1-k,l] & \frac{M}{2} < k \leq M-1 \\ H[k,N-1,l] & 0 \leq k \leq \frac{M}{2} \end{cases}$$

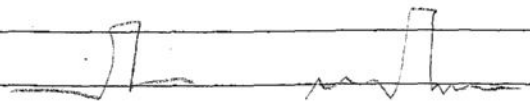
Mane - granice jako oštre, pojavljuju se lažne mjanse sivog

- zvonjenje u prostornom domenu

VF

$$H[k,l] = \begin{cases} 0, & k^2+l^2 < r^2 \\ 1, & k^2+l^2 \geq r^2 \end{cases}$$

gr. kvadratna, negdje izgubiti prijelaznost.



30. Butterworthov 2D NF i VF

$$H[k,l] = \frac{1}{1+\frac{(k^2+l^2)^n}{r^{2n}}}$$

uvek ista granična f, kako red raste strmina sve veća

- Jačina se ~~zvanjava~~ pri velikim redu

VF

$$H[k,l] = \frac{1}{1+\frac{r^{2n}}{(k^2+l^2)^n}}$$

- Bolji nego idealni VF

~~[illegible]~~

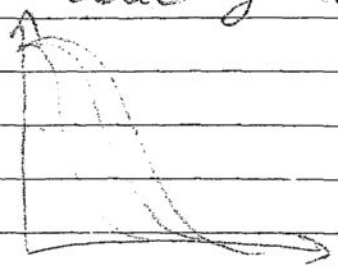
~~[illegible]~~

~~[illegible]~~

31. Gausov VF i NF filter

$$H[k,l] = e^{-\frac{(k^2+l^2)^{n/2}}{r^n}}$$

Nema oscilatorni karakter, nema zvonjenja, ima oblik gausove krive



VF: $$H[k,l] = 1 - e^{-\frac{(k^2+l^2)^{n/2}}{r^n}}$$

gušenje visokih frekvencija.

* A[illegible]

= mjerenje električne struje. Najosnovniji instrument za mjerenje veličina — (A) — Električni potrošač

Ima svoju unutrašnju otpornost ($R_g$)

$R_k$ - kompenzacioni (fiksni) otpornik = kompenzuje promjenu struje ampera uslijed promjene temperature. $R_k$ treba da ima takvu karakterstiku da poništava temperaturu $R_g$.

- Prave se da mjere vrlo male struje (reda uA). Da bi smo izmjerili neku veću struju treba da se napravi strujni razdjelnik. Dodaje se šant otpornik (SR); mjeričemo 10uA, ali ćemo kazaljku pomjeriti na 100A.

⇒ Ako želimo da napravimo ampermetar koji će mjeriti opseg, onda preračunamo $I_s$ i $R_s$ i =

Da bi smo to uradili moramo znati:

- otpornost instrumenta ($R_G$)
- $I_{max}$ (struja koja protiče kroz ampermetar da bi skretanje kazaljke bilo maksimalno) = struja koja odgovara krajnjem desnom položaju kazaljke.

Ampermetar se veže redno u mjerno kolo (presijecamo provodnik i stavljamo ampermetar)

Ampermetar je osjetljiv na smjer struje (poštovati polaritet)

Ampermetar postavljamo na max opseg pa ga smanjujemo dok ne dobijemo čitljivu vr. U posljednjoj trećini skale mjerenje (pokazivanje) je najtačnije.

Ampermetri zavise od njihove konstrukcije.

0,1 μA - 20 A

(instrumenti bez šant otpornika)

zbog zagrij.

šant otpornik se obično stavlja van instrumenta (ampermetra). Koristi se za mjerenje velikih struja. Postoje različite ~~veze~~ veze šant otpornika (da bi mogli da mjerimo različite opsege).

a) tri različita otpornika vezana na red (čyrtnov sa preklopnik na poziciji: 1 ⇒ otpornik $R_1$

2 ⇒ $R_1+R_2$ → $R_3$ se dodaje na red. sa $R_G$

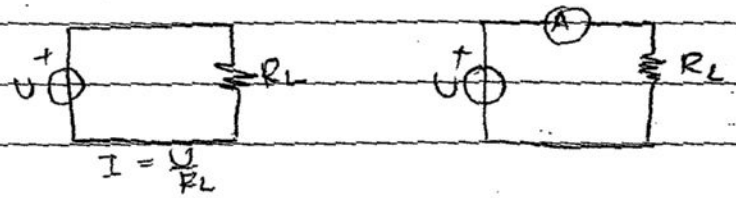
3 → $R_1+R_2+R_3$

položaj 3 = otpornost šanta najveća ⇒ minimalni opseg mjerenja (veliki dio struje ide kroz instrument)

položaj 1 = max položaj za mjerenje najvećih struja.

Otpornosti šant otpornika moraju biti relativno precizne.

Ampermetar treba da ima što je moguće manju unutrašnju otpornost = kad ga stavimo u kolo, da što manje promijeni to kolo



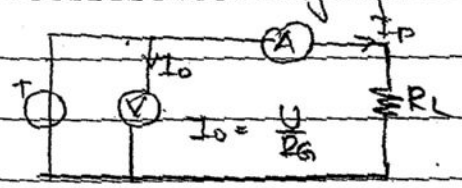

$I' = \frac{U}{R_L + R_u}$ → $R_u \ll R_L$

ako je onda $R_u$ možemo zanemariti

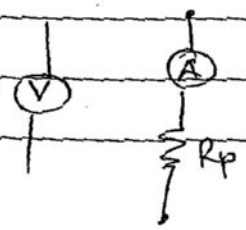
Otpornost šant otpornika kreće se u mΩ

* Voltmetar

= u kolo se vezuje paralelno

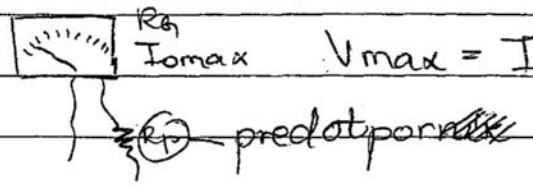



Svi instrumenti koji se danas koriste za mjerenje napona su ampermetri koji su kalibrisani tako da pokazuju napon




$R_p$ - predotpor = treba da ima veliku strujnu otpornost da bi struja bila mala.

$I_0$ treba da bude zanemarljiva u odnosu na $I_p$ (struju potrošača. Voltmetri treba da imaju velike otpornosti

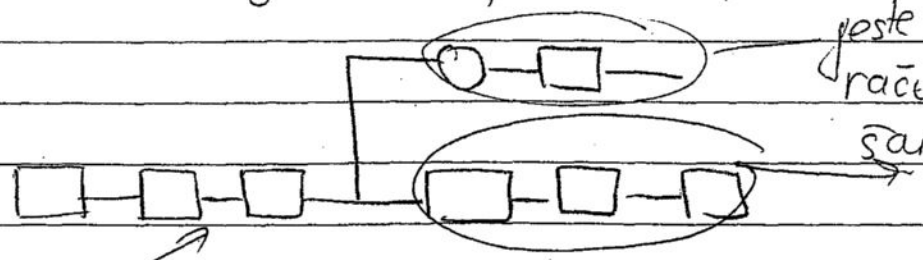



$V_{max} = I_{0max}(R_G + R_p)$

Naponski opseg: $R_G \cdot I_{0max}$ = pad napona na instrumentu
za voltmetar se definiše kao odnos unutrašnje otpornosti i max napona, izražava se u $[\frac{\Omega}{V}]$. Dobar voltmetar ima više stotina, pa i hiljada $\Omega$ po V.
Velike vr. = otpornost veća
5 mA – 5 μA = instrument bez ikakvog otpornika i šanta (struja otklona)
Mogu da se prave na više načina
= velika otpornost = da se ne bi mijenjalo ništa u strujnom kolu
= položaj 1 = min
Predotpor minimalne otpornosti = mjerni opseg minimalan (suprotno u odnosu na šant)
$U_{max}$ (položaj 1) $= (R_1 + R_G) I_{0max}$

* Multimetri (univerzalni mjerni)

mogu da mjere različite fizičke veličine (otpornost, napon i struju)
= savremeni mogu da mjere i temperaturu i frekvenciju (to su digitalni instrumenti)
⇒ kombinacija šant otpornika i predotpora



jeste mA, ali vodi računa da imamo šant otpornik

predotpor = mora se sada preračunavati

obično su to otpornici tolerancije 0,1 %

* Ommetar

= mjerenje el. otpornosti

= najjednostavniji način pravljenja: ako imamo poznat napon U, i izmjerimo struju $R = \frac{U}{I} - R_G$

U – idealni naponski generator (ne možemo ga kupiti; kupuje se baterija = drži napon na određenoj vrijednosti bez obzira na struju)

$I = 0 \Rightarrow$ otpornik jako velik (R) – min skretanje instrumenta

$R = 0 \Rightarrow$ max skretanje instrumenta

= skala ovog instrumenta je obrnuta.

$\Rightarrow$ I = pokazivanje instrumenta

$\Rightarrow$ otpornost u recipročnoj vezi sa instrumentom

$\Rightarrow$ skala nije linearna.

U principu danas se za pravljenje koriste baterije za izvor napona (1,5–9V) i stavi se potenciometar Rp

$\Rightarrow$ baterija, potenciometar i $R_G$ se kratko spoje (*) = povezivanje max za nultu otpornost (preklopnik u 1). Nakon toga preklopnik prespojimo na R i tada dobijamo tačnu vr. nepoznata vr.

Prije mjerenja vrši se kalibracija (*)

Ommetri se takođe prave u različitim mjernim opsezima.

Prave se sa skalama (multiplikatorima)

= stavljaju se šant otpornici za ampermetar

# Konstrukcija električnih instrumenata

Analogni el. instrument neku mjerenu veličinu pretvara u mehaničko pomjeranje (kazaljka)

I način: magnetno polje

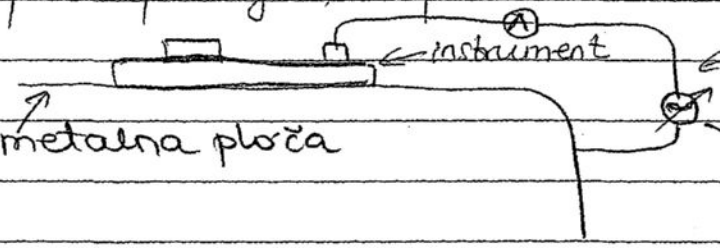
II način: elektrostatičko polje

III način: bimetalne trake (ako oko nje stavimo otpornu žicu i zagrijemo je, traka će skrenuti i imamo mjerenje)

Svaki instrument treba da na skali (ili blizu nje) ima prikazane 4 karakteristike (=vidi na slajdu)

⊥ - instrument mora da stoji horizontalno

Ispitni (probojni) napon = ono što ne znamo




ovdje ne treba da teče struja

podižemo napon dok ne proteče struja = probojni napon izolacije

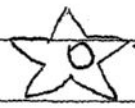
ne odnosi se na koliko instrument može da mjeri, nego koliko je njegova izolacija (nema veze sa mjernim opsegom)

Obično su kućišta od plastike ili drveta

isključivo se koristi za mjerenje sigurnosti

Magnetno polje je proporcionalno struji

← 5kV




← instrument nema ispitan probojni napon

Klasa tačnosti se na svim pokazuje kao jedna cifra: 0, 1, 1.5, 2, 3 ...

najčešće

relativna greška = $\frac{\text{max. greška koju će instrument napraviti}}{\text{mjerni opseg instrumenta}}$

⊓ ← horizontalni položaj
∠ ← pod nekim uglom

U praksi se najčešće koriste instrumenti sa pokretnim kalemom, pokretnim ili mekim gvožđem.

↯ ← ispitni napon ne odgovara mjernom opsegu (mora se dodati poseban priključak npr. ako hočemo da mjerimo 1000V na određenom uređaju)

Instrument sa pokretnim kalemom

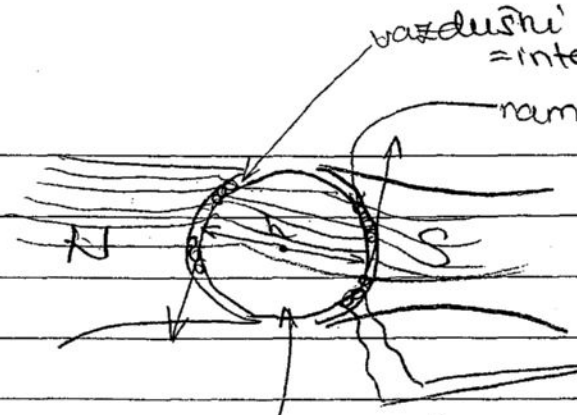
sastoji se od 2 osnovna elementa:

1) stacionaran permanentni magnet koji stvara manje/više homogeno magnetno polje. Oblik polova tako napravljen da magnetno polje ima kružni otvor (prsten). Tu se stavlja kalem (određeni br. namotaja)(6) i 2 žice su izvučene. Kalem se nalazi na osovini koja može da rotira. Ako pustimo struju stvara se još jedno magnetno polje koje je određeno pravilom desne ruke. Kalem će se zarotirati i stače kada se poklope sjever i jug.

Treći važan element je spiralna opruga. Opruga želi da vrati osovinu u prvobitni položaj. Kada se momenti izjednače = dobijamo mjerenje.

Potrebno je da magnetno polje pravimo u feromagnetu (jače magnetno polje). Zbog toga se kalem mota oko valjka od mekog gvožđa. Meko gvožđe ne zadržava magnetne osobine (namagnetisanost)

⇒ sa mnogo manjim strujama možemo izazvati pomjeraj




vazdušni procijep koji je jako mali
=intenzitet magnetnog polja jako veliki

namotaji

žice pomoću kojih se kalem izvodi van (*)

valjak od mekog (da bi smanjili vazdušni procjep) gvožđa

(*) kao žice kod dioda = tanke i mogu da trpe veliku rotaciju

$F = N I B l$

struja koja se mjeri

dužina namotaja koji presijeca liniju magnetskog polja

sila koja će se javiti

br. namotaja

magnetsko polje

$h$ – krak

$2F = \frac{h}{2}$

$lh$ = površina kalema (jednog namotaja)

$\Phi_0 = NlhB$ => fluks kroz namotaj uslijed permanentnog magneta

Struja koja protiče ——— momenat

$M_1 = \Phi_0 I$

Struja koja protiče kroz kalem i sprečava rotaciju:

$M_2 = -D\alpha$

suprotstavlja se kretanju

$\sum M_1 M_2 = 0$

linearna karakteristika

$\Phi_0 I - D\alpha = 0$

konstanta

$\alpha = \frac{\Phi_0}{D} I = S I$

pokazivanje instrumenta (skretanje)

Ovo su vrlo linearni instrumenti za jednosm. struju.

Nemaju u sebi kompl. uređaje

Ugao skretanja proporcionalan intenzitetu struje...

Kompenzacioni otpornik se dodaje na red sa kalemom

Sa ovim se može napraviti ampermetar. On po svojoj prirodi i jeste ampermetar, zbog $S_i I$

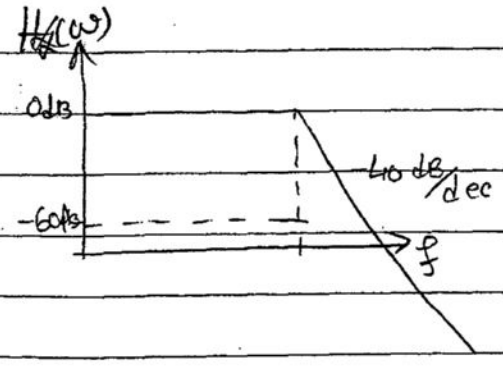
Žica sa kojom se pravi ovaj kalem je debljine vlasi kose. Broj namotaja = 100. Žica je lakirana (lakiranje predstavlja izolaciju ⇒ namotaji moraju biti izolovani)

Unutrašnja otpornost = otpornost kalema

Instrumenti za mjerenje naizmjeničnih struja

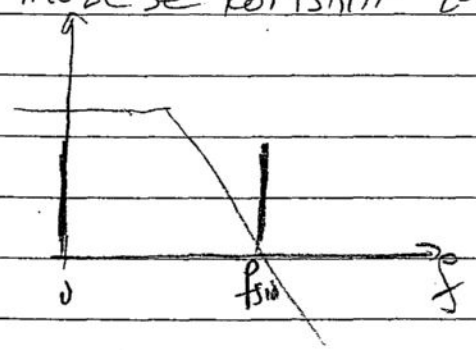
= skretanje će ići u jednu ili drugu stranu
= prati kretanje sinusoide naizm. struje. Ako sinusoidu ubrzamo (povećamo frekvenciju) onda bi instrument pokazivao 0 (jer je to sr. vr. sinusoide)
= današnji instrumenti treba da mjere struju 50-60 Hz
= karakteristike se tako biraju da će na 50 Hz instrument da miruje (stajaće na nuli)

Dinamičke karakteristike instrument sa pokretnim kalemom
minimalno može sistem da ima 1 pol (zbog opruge)
Imamo bar 2 pola (zbog kazaljke)
Imamo 4 komponente koje akumuliraju energiju ⇒ 4 pola
Polovi su vrlo visoko




frekvencija mala = Hz prati signal
frekvencija veća = manja amplituda
(fja prenosa ima sve manju i
manju vr. - ugao skretanja mali

Srednja vr. signala = ono što se nalazi na 0Hz
Sinusoida ima još jednu vr.: $f_{sin}$
Ovaj instrument se ponaša kao niskopropusni filter
(ne može se koristiti za mjerenje naizm. signala
zato što se pokazivati sr. vr.)




Namjerno se pravi da je trom.
Ako pustimo sinus kroz instrument = pokazivače 0
Ako koristimo ispravljanje (prebacimo negativnu sinusoidu gore, instrument će opet pokazivati sr. vr.,
ali sada sr. vr. nije nula, nego
jedna poluperioda sinusnog signala)
dvostrano ispravljanje

$$U_{sr} = \frac{2U_m}{\pi}$$

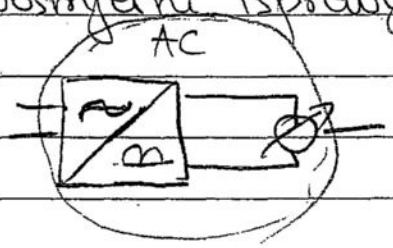
$$U_{ef} = \frac{\sqrt{2}U_m}{2}$$

U praksi se sr. vr. signala rijetko koristi. Promatra se efektivna vr. = sr. vr. kvadrata jedne poluperiode sinusnog signala.

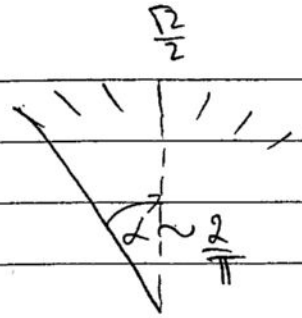
$U_{ef} = 220V$ = efektivni napon

$U_{max} = \sqrt{2} \cdot 220V$

Voltmetar za naizm. str. pravimo tako što uzmemo dvosmjerni ispravljač i dovedemo ga na kalem




$\alpha \sim I_{sr}$




Ugao je proporcionalan sr. vr. struje kroz kalem, ali se pokazivanje prikazuje preko efektivne vr. Ali se to pokazivanje odnosi samo na sinusoidalni pravilni oblik.
Bilo koji drugi signal nije dobar jer efektivna vrijednost tih signala.

! Isključivo za mjerenje sinusoidalnih talasnih oblika. Jedino tada imaju tačno mjerenje. !

Faktor oblika
= odnos srednje i efektivne vr. signala

$$\frac{1}{K} = \frac{I_{sr}}{I_{ef}} = \frac{I_M \frac{2}{\pi}}{I_M \frac{\pi}{2}} = \frac{2}{\pi} = \frac{4}{\pi\sqrt{2}}$$

maximalno

$K = \frac{\pi}{2\sqrt{2}}$ ⇒ za prostoperiodične signale

= razlikuje se za različite signale

$K = 1{,}5$ ⇒ za testerasti signal (ovakvi instrumenti se ne pravi)

Instrument sa kalemom skreće u skladu sa sr. vr. a kalibrisan je u odnosu na efektivnu vrijednost. (skala je kalibrisana)
Frekv. opseg ograničen na 20 kHz (poslije toga instrument gniješi = vrtložne struje se stvaraju u gvožđu)
Klasa tačnosti: 1–5

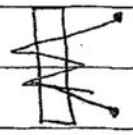
Grecov spoj = dvostrani ispravljač: nedostatak: diode nisu idealni elementi. $U_{mereno} = ?$ ⇐ ne možemo mjeriti sa 1mV → zbog pada napona na diodama

(pomoću operacionih pojačavača) Idealna dioda nema napona praga

Ovi instrumenti imaju pragove ispod kojih neće da funkcionišu.
Za male napone = elektronski ispravljači

Instrument s pokretnim gvoždem

Konstrukcija: sastoji se od jednog kalema koji je namotan na cilindar. Kalem je fiksan. Kad propustimo struju, formira se magnetsko polje.
Jača struja = jači magnet.
Unutar se nalazi osovina na koju je stavljen komad od mekog gvožđa koji je pokretan. I tu se stvara magnetsko polje. Fiksni kalem se može samo zarotirati, a drugi se može približavati ili odaljavati.
Zato se stavlja i opruga da obezbjedi uravnoteženje

 simbol za instrument sa mekim gvožđem.

Mehanički moment (promjena energije u sistemu) = posljedica magnetnog polja

$\alpha$ - ugao skretanja
Promjena kalema usljed rotacije je const.
$\Rightarrow \alpha$ zavisi isključivo od kvadrata struje
Ugao skretanja proporcionalan kvadratu jednosm. struje.
Nema linearnu, nego kvadratnu karakteristiku.

Ako pustimo naizmjeničnu struju imamo istu stvar

↯ = smjer struje nije bitan.

Ako instrument ima nisku graničnu učestanost ponašaće se kao niskopropusni filter (prikazivače sr. vr. kvadratnog signala)

$$m_1 = \frac{1}{2} i^2 \frac{dL}{d\alpha}$$

$$M_1 = \frac{1}{T}\int_0^T \frac{1}{2} i^2 \frac{dL}{d\alpha} dt = \frac{1}{2T}\frac{dL}{d\alpha}\int_0^T i^2 dt = \frac{1}{2}\frac{dL}{d\alpha} I_{ef}^2$$

! momenat zakretanja (skretanje) proporcionalan kvadratu efektivne struje.

Ugao skretanja: $\alpha = k I_{ef}^2$

Skreće i na skali se prikazuje efektivna vr.

Ovaj instrument fizički mjeri i prikazuje efektivnu vr. (true RMS)

Možemo mjeriti bilo koju ef. vr. (bez obzira koji je talas u pitanju). Mjeri i jednosm. i naizm. str.

Ako imamo komad gvožđa = u njemu se stvaraju vrtložne struje.

Tačniji su za naizmjenične struje. Potrošnja oko 1000 puta veća od instr. sa kretnim kalemom (moramo 1000 puta veću struju da propustimo)

Klasa tačnosti je od 1 do 4

Za jednosm. struje tačniji oni sa kretnim kal

Galvanometri

=instrument sa pokretnim kalemom. Prave se za mjerenje jako malih struja. Danas se ne koriste toliko.
Imaju jako veliki br. ekstremno tankih namotaja u kalemu. Ležaji se prave od rubina. Bitno da imaju jako dugu kazaljku (pravi se kao optička kazaljka) – da bi sa malom promjenom ostvarili veliki pomjeraj.
Potrošnja: $10^{-11}$ W

Elektrodinamički instrumenti

realizuju se sa 2 kalema (jedan pokretni i jedan stacionarni)
Magnetska indukcija permanentnog magneta nije const. Imamo 2 struje (koje su nezavisne) kroz kaleme. Pokretni kalem je uvijek u istom magnetnom fluksu
U magnetnom polju se nalazi pokretni kalem kroz koji protiče struja.
Interakcija 2 magnetna polja dovodi do rotacije unutrašnjeg kalema.
Jednosmjerna struja = jedan smjer
Naizmjenična = skretanje proporcionalno proizvodu struja kroz kalem.
Sr. vr integrala odgovara $kI_{ef1}I_{ef2}\cos\varphi$

ugao izm. ta prostoperiodičnog signala

Rotaciji se suprotstavlja opruga

$\alpha = \frac{k}{D} I_{ef1} I_{ef2}$ ⟸ $I_1$ i $I_2$ jednosm. struje

— efektivne vr. struja

$P = U \cdot I$

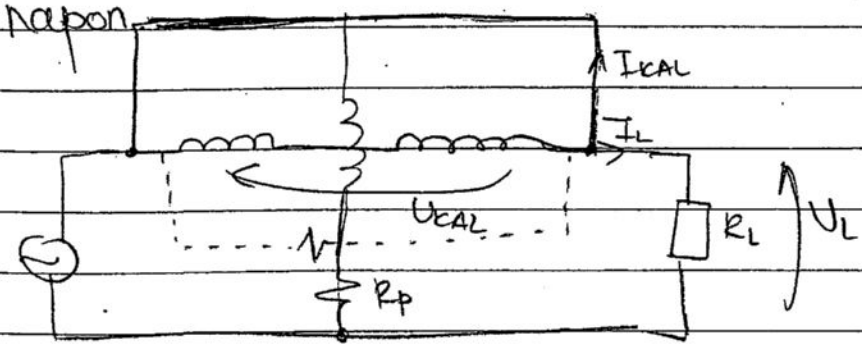
Za naizmj. potrošače:

$P = U_{ef} I_{ef} \cos\varphi$ $\varphi$ - fazni pomjeraj izm. napona i struje

Kroz 1 kalem propustiti struju potrošača, a kroz drugi signal proporcionalan naponu

* Ampermetar = spajamo ova 2 kalema na red
  Skala je kvadratna
* Voltmetar =
  Skretanje proporcionalno kvadratu napona

Najčešće se koristi za mjerenje snage = kalemi se koriste odvojeno, kroz 1 ide struja, a kroz drugi napon




mjerni opseg može se podesiti pomoću šant otpornika

Drugi kalem moramo vezati paralelno sa potrošačem
— ← ako se koristi ova veza: $U_{mer} = U_L$

$I_{mer} = I_L + I_{KAL}$

Struja potrošača mora biti 2x veća od struje kroz kalem

— ako ga vežemo ovako:

$I_{mer} = I_L$

$U_{mer} = U_L + U_{KAL}$

Snaga koju ćemo izračunati uvijek ima neku grešku

Velik napon, mala struja = bolje koristiti — vezu obrnuto plavu vezu.

Ako kroz oba kalema ne protiče struja on će pokazivati 0. Ne može se detektovati struja ako nema struje kroz drugi kalem. (za Watmetar)

Koriste se kao jako precizni ampermetri.
Instrumenti vrhunskih karakteristika.
Ovdje nema permanentnih magneta = veoma dobre tačnosti

## Elektrostatički instrumenti

= da bi instrument direktno mjerio napon on mora da elektrostatičko polje pretvara u rad (pomjeraj)
= Zasnivaju se na primjeni kondenzatora koji pri pomjeraju mijenjaju kapacitivnost.

Imamo 2 ploče koje su postavljeni kao segmenti kruga. Prva ploča je nepokretna, druga pokretna. Površine im se malo preklapaju. Kada dovedemo napon izm. njih, elektrostatičko polje će težiti da

Ploče su na različitim potencijalima.

Idealan voltmetar

ih poklopi ⇒ kapacitivnost će da raste
Pokazivanje instrumenta proporcionalno naponu koji dovodimo. Struja = 0.
Sila koju možemo ostvariti na ovaj način je mala (zato se koristi baterija ploča, a ne samo 2)

Kada se mjeri napon = elektrostatičko polje

Magnetno polje = struja ga stvara

⇒ Ulazna impedansa beskonačno velika